



**Programme des
Nations Unies pour
l'environnement**

Distr.
GÉNÉRALE

UNEP/OzL.Pro/ExCom/96/32
6 mai 2025

FRANÇAIS
ORIGINAL : ANGLAIS



COMITÉ EXÉCUTIF
DU FONDS MULTILATÉRAL AUX FINS
D'APPLICATION DU PROTOCOLE DE MONTRÉAL
Quatre-vingt-seizième réunion
Montréal, 26-30 mai 2025
Points 9 c) et d) de l'ordre du jour provisoire¹

PROPOSITIONS DE PROJETS : ÉGYPTE

Le présent document contient les observations et recommandations du secrétariat sur les propositions de projets suivante :

Élimination progressive

- | | | |
|---|---|----------------------|
| <ul style="list-style-type: none">• Plan de gestion de l'élimination progressive des HCFC (phase II, cinquième tranche) | ONUDI, PNUD,
PNUE et
Gouvernement
allemand | Approbation générale |
|---|---|----------------------|

Réduction progressive

- | | | |
|---|---------------|----------------------|
| <ul style="list-style-type: none">• Plan de mise en œuvre de l'Amendement de Kigali relatif aux HFC (phase I, première tranche) | ONUDI et PNUD | Examen
individuel |
|---|---------------|----------------------|

¹ UNEP/OzL.Pro/ExCom/96/1

FICHE D'ÉVALUATION DE PROJET - PROJETS PLURIANNUELS

Égypte

I) TITRE DU PROJET	AGENCE	RÉUNION D'APPROBATION	MESURE DE CONTRÔLE
Plan de gestion de l'élimination progressive des HCFC (phase II)	ONUDI (principale), PNUD, PNUE, Gouvernement allemand	79 ^e (révisé à la 84 ^e)	Élimination progressive de 67,5 % d'ici 2025

II) DONNÉES VISÉES À L'ARTICLE 7 LES PLUS RÉCENTES (Annexe C, Groupe I)	Année : 2023	236,65 tonnes PAO
---	--------------	-------------------

III) DONNÉES SECTORIELLES DU PROGRAMME DE PAYS LE PLUS RÉCENT (tonnes PAO)								Année : 2024	
Produit chimique	Aérosols	Mousses	Lutte contre les incendies	Réfrigération		Solvants	Agent de traitement	Utilisation de laboratoires	Consommation totale du secteur
				Fabrication	Entretien				
HCFC-22					215,09				215,09
HCFC-123									0,00
HCFC-141b									0,00

IV) DONNÉES DE CONSOMMATION (tonnes PAO)			
Valeur de référence 2009-2010 :	386,30	Point de départ des réductions globales durables :	484,61
CONSOMMATION ADMISSIBLE AU FINANCEMENT			
Déjà approuvé :	386,41	Restant :	98,20

V) PLAN D'ACTIVITÉS APPROUVÉ		2025	2026	2027	Total
ONUDI	Élimination des SAO (tonnes PAO)	18,8	0,00	0,00	18,8
	Financement (\$US)	2 070 000	0	0	2 070 000
PNUE	Élimination des SAO (tonnes PAO)	1,0	0,00	0,00	1,0
	Financement (\$US)	1 611	0	0	1 611

VI) DONNÉES DU PROJET			2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Total
Limites de consommation du Protocole de Montréal (tonnes PAO)			347,64	347,64	347,64	251,08	251,08	251,08	251,08	251,08	125,54	s.o.
Consommation maximale autorisée (tonnes PAO)			347,64	289,70	289,70	251,08	251,08	251,08	241,08*	241,08*	115,54*	s.o.
Financement approuvé en principe (\$US)	ONUDI	Coûts du projet	3 356 641	0	4 668 214	0	4 664 196	0	4 039 413	0	195 000	16 923 464
		Coûts d'appui	234 965	0	326 775	0	326 494	0	282 759	0	13 650	1 184 643
	PNUD	Coûts du projet	1 042 352	0	1 836 750	0	816 620	0	0	0	0	3 695 722
		Coûts d'appui	72 965	0	128 573	0	57 163	0	0	0	0	258 701
	PNUE	Coûts du projet	230 000	0	279 500	0	260 000	0	180 000	0	105 500	1 055 000
		Coûts d'appui	27 480	0	33 394	0	31 064	0	21 506	0	12 605	126 049
	Allemagne	Coûts du projet	0	0	207 300	0	0	0	0	0	0	207 300
		Coûts d'appui	0	0	26 949	0	0	0	0	0	0	26 949
Fonds approuvés par le Comité exécutif (\$US)		Coûts du projet	4 628 993	0	6 991 764	0	5 740 816	0	2 480 298**	0	19 841 871	
		Coûts d'appui	335 410	0	515 691	0	414 721	0	0	182 527**	0	1 448 349
Total des fonds recommandés pour approbation à la présente réunion (\$US)		Coûts du projet									2 039 615***	2 039 615
		Coûts d'appui									147 993***	147 993

* La consommation totale maximale autorisée des substances du groupe I de l'annexe C a été réduite de 10 tonnes PAO après approbation, à la 84e réunion, d'un plan sectoriel pour la climatisation domestique dans le cadre de la phase II.

**Approuvé, en notant que l'ONUDI, au nom du Gouvernement, soumettra la demande pour le solde de 1 739 115 \$US, plus les coûts d'appui à l'agence de 121 738 \$US, à la même réunion où le pays soumettra la phase I de son plan de mise en œuvre de l'Amendement de Kigali relatif aux HFC ou à la 96e réunion, selon la date la plus proche.

*** Recommandé lors de la présente réunion, y compris le montant restant pour la cinquième et dernière tranche et le montant reporté de la quatrième tranche.

Recommandation du secrétariat :	Approbation générale
---------------------------------	----------------------

DESCRIPTION DU PROJET

1. Au nom du Gouvernement égyptien, l'ONUDI, en tant qu'agence d'exécution principale, a soumis une demande de financement pour la cinquième et dernière tranche de la phase II du plan de gestion de l'élimination des HCFC (PGEH) pour un coût total de 2 187 608 \$US, dont 1 934 115 \$US, plus les coûts d'appui à l'agence de 135 388 \$US, pour l'ONUDI, et 105 500 \$US, plus les coûts d'appui à l'agence de 12 605 \$US pour le PNUE². La demande comprend un rapport périodique sur la mise en œuvre de la quatrième tranche, le rapport de vérification de la consommation de HCFC pour 2024 et le plan de mise en œuvre de la tranche pour 2025-2026.

Rapport sur la consommation de HCFC

2. Dans le rapport sur la mise en œuvre du programme de pays, le Gouvernement égyptien a déclaré une consommation de 215,09 tonnes PAO de HCFC en 2024, soit 44 % de moins que la valeur de référence pour la conformité du pays. Les données visées à l'article 7 pour 2024 n'ont pas encore été communiquées. La consommation de HCFC pour la période 2020-2024 est indiquée dans le tableau 1.

Tableau 1. Consommation de HCFC en Égypte (données visées à l'article 7 pour 2020-2024)

HCFC	2020	2021	2022	2023	2024*	Valeur de ref.
Tonnes métriques (tm)						
HCFC-22	4 481,91	3 759,59	3 244,76	4 302,55	3 910,80	4 367,16
HCFC-123	0,00	7,75	2,50	0,00	0,00	5,25
HCFC-124	0,00	0,34	0,00	0,54	0,00	0,00
HCFC-141b	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1 178,26
HCFC-142b	52,93	34,13	18,37	0,00	0,00	251,69
Total (tm)	4 534,84	3 801,81	3 265,63	4 303,09	3 910,80	5 802,36
HCFC-141b dans les polyols prémélangés importés*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	894,00**
Tonnes PAO						
HCFC-22	246,51	206,78	178,46	236,64	215,09	240,19
HCFC-123	0,00	0,16	0,05	0,00	0,00	0,11
HCFC-124	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
HCFC-141b	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	129,61
HCFC-142b	3,44	2,22	1,19	0,00	0,00	16,36
Total (tonnes PAO)	249,95	209,16	179,71	236,65	215,09	386,27
HCFC-141b dans les polyols prémélangés importés*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	98,34**

* Données du programme de pays

** Consommation moyenne entre 2007 et 2009

3. Comme indiqué à la 94^e réunion, le HCFC-22, qui est utilisé exclusivement pour l'entretien des équipements de réfrigération et de climatisation, a augmenté en 2023 en raison de la constitution de stocks par les fournisseurs de réfrigérants, compte tenu de la hausse prévue du prix du HCFC-22 et de la réduction anticipée des quotas en 2025³. La réduction globale du HCFC-22 depuis 2020 est attribuée au projet de conversion de cinq entreprises de fabrication de climatiseurs résidentiels au HFC-32 et au projet d'élimination du HCFC-142b dans la fabrication de mousse de polystyrène extrudé (XPS), qui était utilisé comme agent de co-expansion avec le HCFC-22. Ce dernier a été éliminé conformément à l'interdiction d'utiliser les HCFC dans la fabrication de mousse XPS à compter du 1^{er} janvier 2023. De petites quantités

² Conformément à la lettre du 1^{er} février 2025 adressée à l'ONUDI par le ministère égyptien de l'environnement.

³ UNEP/OzL.Pro/ExCom/94/33

de HCFC-123 et de HCFC-124 sont utilisées de manière intermittente pour l'entretien des équipements de réfrigération et de climatisation.

Rapport sur la mise en œuvre du programme de pays

4. Le Gouvernement égyptien a communiqué des données sur la consommation dans le secteur des HCFC dans le rapport sur la mise en œuvre du programme de pays pour 2023, qui sont conformes aux données communiquées au titre de l'article 7 du Protocole de Montréal.

Rapport de vérification

5. Le rapport de vérification a permis de confirmer que le Gouvernement mettait en œuvre un système de licences et de quotas pour les importations et les exportations de HCFC et que la consommation totale de HCFC déclarée dans le rapport sur le PC pour 2024 était correcte (comme indiqué dans le tableau 1 ci-dessus). La vérification a conclu que l'Égypte respectait la consommation maximale admissible pour 2024 spécifiée dans l'accord conclu entre le pays et le Comité exécutif. Le rapport suggérait également que les changements climatiques et les températures supérieures à la moyenne enregistrées en Égypte en 2024 avaient contribué à accroître les besoins d'entretien des climatiseurs anciens, que cette situation devrait être corrigée en 2025 grâce au remplacement des équipements anciens par des équipements neufs fonctionnant au HFC-32, et que le lancement et le fonctionnement du premier centre de régénération des réfrigérants en Égypte avait permis d'augmenter les quantités de réfrigérants régénérés.

Rapport périodique sur la mise en œuvre de la quatrième tranche de la phase II du plan de gestion de l'élimination des HCFC

Cadre juridique

6. Le système de licences et de quotas pour les HCFC (à l'exception du HCFC 141b contenu dans les polyols prémélangés importés) est entré en vigueur en 2013. L'importation de HCFC-141b contenu dans des polyols prémélangés a été interdite le 1er janvier 2018 ; l'importation de HCFC-141b le 1er janvier 2020 ; et l'importation de R-406A ainsi que l'importation et la fabrication d'équipements fonctionnant aux HCFC-22 le 1er janvier 2023. L'interdiction d'importation du HCFC 141b dans les polyols prémélangés est mise en œuvre grâce à la coopération entre l'Agence égyptienne des affaires environnementales (EEAA) et les autorités douanières, qui contrôlent toutes les importations relevant du code général du Système harmonisé (SH) pour les polyols, avec l'aide de l'Unité nationale de l'ozone (UNO). Une décision du Comité de l'ozone du 16 avril 2024 interdit la délivrance d'agréments ou de licences industrielles pour de nouvelles chaînes de fabrication de climatiseurs résidentiels fonctionnant au R-410A. Cette décision a été prise conjointement par l'Autorité générale pour le développement industriel, le Ministère du commerce et de l'industrie et le Département central d'évaluation de l'impact sur l'environnement relevant du Ministère de l'environnement.

7. En janvier 2024, l'Égypte a publié le décret ministériel 502/2023 adoptant la norme ES3795/2023 relative à la réglementation de l'efficacité énergétique saisonnière des climatiseurs individuels et à conduits et unifiant les exigences applicables aux climatiseurs à vitesse fixe et à inverseur. L'Organisation égyptienne de normalisation et de qualité (EOS) a publié une norme pour la certification des techniciens en matière de bonnes pratiques, y compris la manipulation des réfrigérants inflammables, dans les secteurs de l'installation et du service après-vente des équipements de réfrigération et de climatisation fonctionnant avec des réfrigérants sans SAO et à faible potentiel de réchauffement planétaire (PRP) (norme n°8938/2024).

8. Un programme national de certification est en cours d'élaboration en collaboration avec les principales parties prenantes, notamment les établissements de formation professionnelle, les organismes d'enseignement technique, l'EOS et les experts nationaux. L'UNO et un comité national appuieront le

Ministère du travail dans la mise à jour du cadre de certification existant pour les techniciens en réfrigération et climatisation.

Secteur de la fabrication

Secteurs de fabrication de mousse de polystyrène extrudé (XPS) et de polyuréthane (PU)

9. Les conversions dans ce secteur ont été achevées⁴ conformément à l'interdiction mise en œuvre par le pays au 1er janvier 2023. Les protocoles d'accord ont été finalisés et deux entreprises ont reçu leurs coûts opérationnels supplémentaires (COS), tandis que Modern Plastics et Chem-foam n'ont reçu qu'une partie de ces coûts, le solde devant être versé d'ici à l'automne 2025.

10. Le passage au cyclopentane est achevé dans le secteur de la fabrication de mousse de polyuréthane⁵. Aucun accord n'a été conclu avec deux entreprises : Siltal, qui utilise déjà le cyclopentane dans sa production, et Bahgat, qui a cessé ses activités.

Fabrication de climatiseurs résidentiels

11. La phase II prévoyait le passage au HFC-32 de cinq entreprises de fabrication de climatiseurs résidentiels (El Araby, Fresh, Miraco, Power et Unionaire) (consommation totale de 1 189,78 tm de HCFC-22) et, si les entreprises en décidaient ainsi une fois la technologie disponible, au R-454B (décision 84/72(b)). À la 94e réunion, les membres se sont dits préoccupés par le fait qu'aucun climatiseur domestique fonctionnant au HFC-32 n'avait été fabriqué dans les entreprises ayant effectué la conversion et ont noté l'absence de mesures réglementaires susceptibles de favoriser l'adoption durable de cette technologie sur le marché. Ils ont demandé des informations supplémentaires sur les mesures réglementaires qui seraient prises. Également à la 94e réunion, sur la base des observations du secrétariat, l'ONUDI avait accepté de reporter la demande de financement restant alloué au secteur de la fabrication de climatiseurs résidentiels au titre de la quatrième tranche pour les COS convenus pour les deux entreprises qui n'avaient pas encore signé de contrat de COS (à savoir Miraco et Power) jusqu'à la soumission de la phase I du plan de mise en œuvre de l'Amendement de Kigali relatif aux HFC (KIP).

12. Les spécifications techniques, qui s'appliqueront également au R-454B lorsque cela sera possible, ont été finalisées, un fournisseur a été sélectionné, le matériel a été reçu et l'installation, la mise en service et la formation ont été achevées pour El Araby, Fresh, Power et Unionaire. En réponse aux exigences et spécifications énoncées dans la décision 84/72, Unionaire s'est engagée à ne fabriquer que des climatiseurs résidentiels fonctionnant au HFC-32 pour le marché local d'ici au 1er janvier 2025, Power d'ici au 31 décembre 2025, et El Araby et Fresh d'ici au 31 décembre 2026.

13. L'ONUDI et Miraco ont finalisé et signé le contrat pour les activités de conversion de l'entreprise. Miraco a décidé de faire passer ses chaînes de fabrication au HFC-32 uniquement pour les climatiseurs résidentiels et a renoncé au R-454B. L'entreprise a soumis une lettre d'intention concernant la décision 84/72, le matériel a été reçu et installé, et la mise en service et la formation ont été achevées. Un expert indépendant a été recruté pour l'audit de sécurité, qui sera achevé d'ici mai 2025. Le contrat pour les COS a été préparé, qui exige que l'entreprise ne fabrique que des climatiseurs résidentiels fonctionnant au HFC-32 pour le marché local d'ici au 31 décembre 2026 ; au moment de la finalisation du présent document, le contrat était en cours de signature.

⁴ Dans les entreprises CMB, Isutech, Chema-Foam et Modern Plastics, pour éliminer progressivement 24,3 tm de HCFC-141b (2,67 tonnes PAO) et 599,0 tm de HCFC-22 (65,89 tonnes PAO).

⁵ Concernant les entreprises Bahgat, Electrostar, Fresh, Kiriazi, Ocean, Siltal, Star, TopMaker, Tredco, ainsi qu'Everest et 28 autres petites et moyennes entreprises, pour éliminer progressivement 586,72 tm de HCFC-141b (64,539 tonnes PAO).

Fabrication d'appareils de climatisation commerciale

14. La phase II comprenait une assistance technique à trois entreprises (EGAT, Volta et Delta Construction and Manufacturing (DCM)) qui fabriquent des climatiseurs centraux destinés à un usage commercial léger et résidentiel (moins de 144 000 BTU/h (12 tonnes de réfrigérant (TR)) à des alternatives à faible PRP et, pour les systèmes de plus grande capacité, à une combinaison d'alternatives à faible PRP et de refroidissement par évaporation indirecte (IEC), aboutissant à une unité hybride IEC-expansion directe (IEC-H). À la 88e réunion, il a été convenu que trois entreprises supplémentaires seraient ajoutées au projet sans coût supplémentaire pour le Fonds multilatéral (Tiba Engineering Industries, Misr Engineering and Industries et Miraco-Carrier)⁶.

15. À la 94e réunion, l'ONUDI a présenté un rapport sur les résultats de l'assistance technique qui démontrait, entre autres, que les performances du système IEC-H étaient supérieures à celles des systèmes à expansion directe. Des essais sur des prototypes ont été réalisés dans deux zones climatiques représentatives du Caire, du delta du Nil et de la région côtière orientale en été. En outre, l'ONUDI a indiqué que quatre entreprises (DCM, Volta, Tiba Engineering Industries et Misr Engineering and Industries) proposaient des unités IEC-H dans le cadre de leur production régulière.

16. Depuis la 94e réunion, des essais supplémentaires ont été menés dans une zone climatique caractérisée par les températures ambiantes sèches les plus élevées et l'humidité la plus faible, afin de comparer les unités à expansion directe (DX) utilisant le réfrigérant HFC-32 et les systèmes IEC-H de quatre fabricants. Comme indiqué dans l'addendum au rapport soumis à la 94e réunion, qui est joint au présent document⁷, ces essais ont montré des économies d'énergie de 40 à 50 % pour les systèmes IEC-H, démontrant ainsi les avantages de cette technologie. Les entreprises proposent des unités IEC-H utilisant du HFC 32. Trois entreprises ont soumis leurs rapports finaux (DCM, Misr Engineering Industries et Tiba) et les paiements ont été versés aux six entreprises. Les résultats du projet ont été communiqués lors de la 14e Conférence internationale sur la construction durable et les nanotechnologies et présentés lors d'une manifestation spéciale consacrée aux questions environnementales et au chauffage, à la ventilation et à la climatisation. Des manifestations parallèles ont également été organisées en marge de la 35e réunion des Parties et de la 28e Conférence des Nations Unies sur les changements climatiques.

Secteur de l'entretien des équipements de réfrigération

17. Au cours de la mise en œuvre de la quatrième tranche, le matériel nécessaire à la modernisation de quatre centres de formation en réfrigération et climatisation relevant du Ministère de l'éducation et de l'enseignement technique, de deux centres de formation en réfrigération et climatisation relevant du Ministère des ressources humaines et d'un centre de formation en réfrigération et climatisation et d'un centre d'excellence relevant du Ministère du commerce et de l'industrie a été livré. La distribution des 167 trousseaux de récupération précédemment achetées se poursuit et 25 ensembles seront livrés d'ici à la fin avril.

18. Le guide des bonnes pratiques d'entretien destiné aux programmes de formation a été finalisé. Au total, 355 techniciens travaillant dans l'industrie et dans de petits ateliers employant un ou deux techniciens et consommant deux à trois bonbonnes de réfrigérants par mois ont été formés et ont reçu des certificats de participation. Deux sessions de formation destinées à 31 évaluateurs (dont 3 femmes) ont été organisées dans le centre d'excellence. Les évaluateurs seront chargés de tester les techniciens qui souhaitent obtenir une certification en matière d'entretien des équipements de réfrigération et de climatisation utilisant des réfrigérants inflammables. Le programme pilote de certification des techniciens a été lancé dans le cadre

⁶ La participation de ces entreprises supplémentaires n'entraînerait aucun coût supplémentaire pour le Fonds multilatéral, et aucun financement ne serait fourni directement aux entreprises dans le cadre de cette activité d'assistance technique ; leur participation faciliterait l'adoption de la technologie à faible PRP sur le marché, contribuant ainsi à la durabilité de l'activité.

⁷ Comme indiqué au paragraphe 170 du document UNEP/OzL.Pro/ExCom/94/67, Rapport de la 94e réunion.

d'un contrat visant à certifier les techniciens du service après-vente et 61 techniciens au total ont été certifiés (dont 6 femmes).

19. Le premier des deux centres de régénération a été créé et est devenu opérationnel. En mars 2025, 80 tm de réfrigérants avaient été récupérés et réutilisés, et 7 tm de réfrigérants avaient été régénérés. La distribution de deux cents ensembles d'équipements (par exemple, machines de récupération, pompe à vide et manomètre, manomètres de haute précision, cylindres, thermomètres) qui avaient été achetés précédemment pour appuyer le centre de régénération était en cours. Le deuxième centre de régénération a été sélectionné et le contrat signé ; l'équipement du centre devrait être acheté et livré, et le permis du centre devrait être finalisé d'ici décembre 2025.

Mise en œuvre et suivi du projet

20. L'unité de gestion du projet (UGP) coordonne et supervise la mise en œuvre du PGEH, notamment en rendant visite aux bénéficiaires et aux parties prenantes, en organisant des ateliers et des réunions et en préparant les rapports pertinents. Les décaissements au titre de l'UGP pour la quatrième tranche s'élèvent à 49 000 \$US (sur les 180 000 \$US alloués), y compris les frais de personnel et de fonctionnement (20 454 \$US), les consultants (8 963 \$US), l'appui à la conversion de la fabrication de climatiseurs résidentiels (4 583 \$US) et les imprévus (15 000 \$US).

Niveau de décaissement des fonds

21. En mars 2025, sur les 19 841 871 \$US approuvés à ce jour, 15 350 374 \$US avaient été décaissés (11 890 003 \$US pour l'ONUDI, 769 300 \$US pour le PNUE, 2 483 771 \$US pour le PNUD et 207 300 \$US pour le Gouvernement allemand), comme indiqué dans le tableau 2. Le solde de 4 491 497 \$US sera décaissé en 2025 et 2026.

Tableau 2. Rapport financier de la phase II du PGEH pour l'Égypte (\$US)

Tranche		ONUDI	PNUE	PNUD	GIZ	Total	Taux de décaissement (%)
Première	Approuvé	3 356 641	230 000	1 042 352	0	4 628 993	95
	Décaissé	3 117 186	229 800	1 035 119	0	4 382 104	
Deuxième	Approuvé	4 668 214	279 500	1 836 750	207 300	6 991 764	87
	Décaissé	4 152 912	279 500	1 448 333	207 300	6 088 045	
Troisième	Approuvé	4 664 196	260 000	816 620	0	5 740 816	61
	Décaissé	3 234 799	260 000	320	0	3 495 119	
Quatrième	Approuvé	2 300 298	180 000	0	0	2 480 298	56
	Décaissé	1 385 107	0	0	0	1 385 107	
Total	Approuvé	14 989 349	949 500	3 695 722	207 300	19 841 871	77
	Décaissé	11 890 003	769 300	2 483 771	207 300	15 350 374	
	Solde	3 099 346	180 200	1 211 951	0	4 491 497	

Plan de mise en œuvre de la cinquième et dernière tranche de la phase II du plan de gestion de l'élimination progressive des HCFC

22. Les activités suivantes seront mises en œuvre entre juin 2025 et décembre 2026 :

- a) Fabrication de climatiseurs résidentiels : achèvement de la conversion des cinq entreprises de fabrication de climatiseurs résidentiels (fourniture des COS à Miraco et Power) (ONUDI) (1 739 115 \$US) ;
- b) Stratégie et sensibilisation : Poursuivre la mise en œuvre du réseau réglementaire et actualiser les codes nationaux ; sensibiliser le secteur de l'entretien au réseau de

récupération et de recyclage grâce à des établissements d'enseignement professionnel et technique et à la publication de supports d'information ; organiser quatre ateliers de sensibilisation à l'intention de 200 participants sur les codes et normes actualisés relatifs au confinement des réfrigérants et à la prévention des fuites (PNUE) (35 500 \$US et fonds provenant de la tranche précédente) ;

- c) Contrôle et application : cinq ateliers destinés à former 250 agents des organismes de protection des consommateurs, d'enquête sur l'approvisionnement et de contrôle industriel, ainsi que les parties prenantes concernées, au code QR prévu pour le système de suivi des bonbonnes de réfrigérant ; cinq ateliers destinés à 100 agents des autorités douanières et d'autres organisations impliquées dans l'exportation et l'importation de substances réglementées (PNUE) (30 000 \$US et fonds provenant de la tranche précédente) ; achat de 15 identifiants de réfrigérants pour la formation des douanes et les programmes de surveillance des réfrigérants (ONUDI) (fonds provenant de la tranche précédente)
- d) Réfrigération et entretien: formation et certification de 345 techniciens de grands ateliers et d'ateliers intermédiaires aux bonnes pratiques d'entretien des équipements de réfrigération et de climatisation (PNUE) (20 000 \$US et fonds provenant de la tranche précédente) organisation de dix ateliers de formation sur site pour un total de 150 à 200 techniciens sur les bonnes pratiques d'entretien pour les petits ateliers employant un ou deux techniciens et consommant deux à trois bonbonnes ; achèvement de la fourniture de trousseaux d'outils portables pour les équipes de terrain et d'outils pour les centres après-vente de cinq fabricants de climatiseurs résidentiels (ONUDI) (20 000 \$US et fonds provenant de la tranche précédente) ;
- e) Récupération et régénération : Création du deuxième centre de régénération et poursuite de l'appui au premier, créé au titre de la tranche précédente, et achèvement de la fourniture de 200 trousseaux supplémentaires d'outils de récupération aux ateliers de maintenance employant des techniciens certifiés (ONUDI) (50 000 \$US et fonds provenant de la tranche précédente) ;
- f) Suivi du projet : pour un coût total de 145 000 \$US pour la gestion des activités de certification et de formation, y compris les consultants nationaux et internationaux, des réunions régionales et un programme d'échange (PNUE) (20 000 \$US et fonds provenant de la tranche précédente) et le suivi et l'appui à toutes les activités du PGEH et l'appui à la mise en œuvre des projets d'investissement dans le secteur de la fabrication, y compris les services de consultants, le suivi et l'évaluation de la mise en œuvre, les voyages, l'élaboration et la soumission des rapports de vérification et des rapports sur les tranches (ONUDI, 125 000 \$US et fonds provenant de la tranche précédente).

OBSERVATIONS ET RECOMMANDATION DU SECRÉTARIAT

OBSERVATIONS

Rapport sur la consommation de HCFC

23. Tout en notant avec satisfaction que la consommation du pays en 2024 était inférieure à celle indiquée dans l'accord conclu entre le pays et le Comité exécutif, le secrétariat a fait remarquer qu'en 2025, le pays devra réduire d'environ 100 tonnes PAO la consommation de HCFC-22 afin de respecter l'accord conclu avec le Comité exécutif. L'ONUDI s'est déclarée convaincue que le pays serait en mesure de le faire et a noté que le quota du pays pour 2025 avait été établi conformément à la cible pour 2025, qui est de 53,5 % de la consommation du pays en 2024.

Rapport périodique sur la mise en œuvre de la quatrième tranche de la phase II du plan de gestion de l'élimination des HCFC

Cadre juridique

24. Le Gouvernement égyptien a déjà fixé les quotas d'importation de HCFC pour 2025 à 115,00 tonnes PAO, ce qui est inférieur aux cibles de contrôle du Protocole de Montréal et conforme à la cible fixée pour cette année dans l'accord PGEH.

Secteur de la fabrication

25. L'ONUDI a fourni des informations supplémentaires sur l'état d'avancement du passage au HFC-32 dans les entreprises de fabrication de climatiseurs résidentiels. Les données relatives à la fabrication de R 410A pour la période 2020-2024 dans les cinq entreprises sont présentées dans le tableau 3 ci-dessous. Comme indiqué à la 94e réunion, en 2023, les entreprises avaient fabriqué 110 climatiseurs résidentiels fonctionnant au HFC-32 ; en 2024, ce chiffre avait considérablement augmenté pour atteindre 244 166 unités fonctionnant au HFC-32 (consommant 169,70 tm de HFC-32). En mars 2025, environ 10 % de la production de Power et El Araby, 30 % de celle de Fresh et 100 % de celle d'Unionaire étaient basées sur le HFC-32. Au moment de la finalisation du présent document, l'ONUDI discutait avec Unionaire de la mise hors service des stations de recharge au R-410A. L'ONUDI a versé des paiements partiels des coûts d'investissement supplémentaires (CIS) et des COS sur la base d'une année d'utilisation du nouveau réfrigérant, en tenant compte de la consommation admissible des entreprises.

Tableau 3. Consommation des climatiseurs résidentiels fonctionnant au R-410A et au R-410A fabriqués par El Araby, Fresh, Miraco, Power et Unionaire

Année	Consommation de R-410A (tm)	Climatiseurs résidentiels R-410
2020	716,92	828 632
2021	1 229,29	1 175 896
2022	1 407,25	1 269 675
2023	1 105,53	986 823
2024	1 212,28	1 063 735

26. Bien que la fabrication à l'aide de la solution de remplacement convenue dans les cinq entreprises ait pris plus de temps que prévu, elle s'est rapidement accélérée depuis 2023. Toutes les entreprises cesseront de fabriquer des unités fonctionnant au R-410A pour le marché local d'ici au 31 décembre 2026. Comme indiqué aux paragraphes 40 à 155 du présent document, le pays a soumis la phase I du plan de mise en œuvre de l'Amendement de Kigali relatif aux HFC (KIP) à la présente réunion. Le projet soumis comprend la conversion des entreprises restantes de fabrication de climatiseurs résidentiels utilisant le R-410A dans le pays et la mise en œuvre d'une interdiction de l'importation et de la fabrication d'unités de climatisation résidentielles fonctionnant au R-410A afin de garantir la durabilité de la conversion.

Secteur de l'entretien des systèmes de réfrigération

27. Le secrétariat a noté avec satisfaction que l'ONUDI s'était efforcée de remédier au retard dans l'achat et la livraison de 15 identifiants de réfrigérants destinés aux agents des douanes et des importations, retard dû aux problèmes actuels de la chaîne d'approvisionnement mondiale pour ce matériel, en trouvant un fournisseur qui fournira dans un premier temps cinq identifiants, les autres devant être achetés ultérieurement.

28. Un certain nombre d'activités prévues dans le secteur de l'entretien n'ont pas encore été lancées ou sont toujours en cours d'exécution, notamment :

- a) Cinq ateliers destinés à former 75 agents des douanes et parties prenantes concernées au contrôle de l'importation et de l'exportation de substances réglementées n'ont pas encore été organisés ;
- b) Bien que le programme pilote de certification des techniciens ait été lancé et que 61 techniciens aient été certifiés, 500 techniciens au total doivent être certifiés dans le cadre du projet ;
- c) La formation de 375 techniciens supplémentaires aux bonnes pratiques d'entretien des équipements de réfrigération et de climatisation n'a pas encore été dispensée ;
- d) Les outils réglementaires et institutionnels nécessaires à la mise en œuvre du programme de certification des techniciens en réfrigération et climatisation sont encore en cours d'élaboration ;
- e) Une évaluation des besoins en équipements pour le réseau de service après-vente des climatiseurs a été réalisée, et des trousseaux d'outils portables ont été achetées pour les équipes de terrain, mais les outils d'appui destinés aux centres de service après-vente n'ont pas encore été fournis ;
- f) Le programme de confinement des réfrigérants et de prévention des fuites a été mis en œuvre, en mettant l'accent sur les équipements de réfrigération et de climatisation de grande taille ; toutefois, l'inspection pilote et la certification d'un ou deux bâtiments, initialement prévues pour décembre 2024, sont désormais attendues pour décembre 2026 ;
- g) L'élaboration du système de suivi des réfrigérants basé sur des codes QR pour les bouteilles de réfrigérant a été lancée mais n'est pas encore achevée, et les codes QR pour les bouteilles de réfrigérant devraient être obligatoires d'ici au 31 décembre 2026 ;
- h) Cinq ateliers de sensibilisation destinés à 60 acteurs des douanes sur le système de suivi des réfrigérants à l'aide de codes QR n'ont pas encore été organisés ;
- i) La mise à jour des codes et normes locaux à l'appui du programme de confinement et de prévention des fuites de réfrigérants et les quatre ateliers de sensibilisation visant à faire respecter les codes mis à jour n'ont pas encore été organisés ; et
- j) L'élaboration de politiques et de mesures visant à garantir la durabilité de la conversion dans le secteur de la fabrication de climatiseurs commerciaux est toujours en cours.

29. L'ONUDI a confirmé que les activités prévues seraient achevées à la date d'achèvement du projet. Compte tenu des activités qui restaient à lancer ou à achever, le secrétariat a demandé que la phase III du PGEH, qui devrait être soumise à la 97^e réunion, comprenne un rapport détaillé sur l'état d'avancement de la mise en œuvre des activités restantes de la phase II.

Niveau de décaissement des fonds

30. Le PNUE a précisé que, bien que son décaissement au titre de la quatrième tranche ait été nul, il prévoyait de déboursier environ 36 000 \$US d'ici juillet 2025, sur la base des activités déjà entreprises, une fois que l'accord de financement à petite échelle avec le Gouvernement aura été finalisé. Le secrétariat a prié instamment le PNUE de finaliser cet accord, ainsi que celui relatif à la cinquième et dernière tranche, une fois approuvé, dès que possible afin que le pays puisse bénéficier de l'assistance du PNUE.

Mise en œuvre de la politique en matière d'égalité des sexes

31. Au cours de la mise en œuvre de la quatrième tranche, la participation des femmes aux réunions et aux activités de formation a été suivie. Dans le cadre du projet de climatiseurs résidentiels, deux des ingénieurs des bénéficiaires (El Araby et Fresh) étaient des femmes. Grâce aux activités de promotion de l'intégration d'une perspective de genre, trois femmes ont participé à la formation des formateurs. Trois femmes ont reçu des certificats d'appréciation du Ministre de l'environnement, du Ministre des ressources humaines et du Ministre de la solidarité sociale lors d'une cérémonie célébrant leurs efforts pour faciliter la coopération entre ces autorités et l'UNO. Au cours de la mise en œuvre de la cinquième tranche, un projet de politique sur l'intégration de l'égalité des sexes sera élaboré et des cours spécialisés seront organisés à l'intention des femmes techniciennes dans le secteur de la réfrigération et de la climatisation.

Achèvement de la phase II du plan de gestion de l'élimination des HCFC

32. L'ONUDI a confirmé que la phase II pour l'Égypte sera achevée le 31 décembre 2026, comme prévu au paragraphe 14 de l'accord.

Durabilité de l'élimination des HCFC et évaluation des risques

33. L'ONUDI a estimé que le risque pour la durabilité du remplacement du HCFC-22 dans les climatiseurs résidentiels était faible, comme le montre le fait que la technologie HFC-32 est acceptée à la fois sur le marché local et sur le marché mondial. L'ONUDI a également noté que la disponibilité de compresseurs fonctionnant au HFC-32 renforcera encore la durabilité de la conversion. Le secrétariat approuve l'évaluation de l'ONUDI et note en outre que la durabilité de la conversion et l'adoption du HFC-32 seront renforcées par les activités prévues dans le cadre du KIP, qui garantiront l'élimination progressive de la fabrication de climatiseurs résidentiels à base de R-410A, grâce à l'interdiction de l'importation et de la fabrication de climatiseurs résidentiels fonctionnant au R-410A. Ces activités contribueront à garantir que les cinq entreprises qui ont effectué la conversion de façon anticipée, avant même que le pays ne ratifie l'Amendement de Kigali, soient sur un pied d'égalité avec leurs concurrents. Le secrétariat a en outre noté avec satisfaction que le Gouvernement prévoit de soumettre à la 97^e réunion un projet au titre de la décision 94/60 visant à améliorer l'efficacité énergétique, notamment, des climatiseurs résidentiels fabriqués par les cinq entreprises au titre du PGEH et par les entreprises participant au KIP. Le secrétariat a encouragé le Gouvernement à soumettre un tel projet, notant qu'il renforcerait la durabilité du passage à la solution de remplacement convenue, et aiderait davantage les entreprises concernées par le PGEH. À cet égard, l'ONUDI a confirmé que les cinq entreprises aidées dans le cadre du PGEH savaient qu'elles seraient soumises à l'interdiction de fabriquer des climatiseurs résidentiels fonctionnant au R-410A qui sera mise en œuvre dans le cadre du KIP le 1^{er} janvier 2029, date à laquelle elles ne seraient plus en mesure de fabriquer des climatiseurs résidentiels fonctionnant au R-410A à des fins d'exportation.

34. À la 79^e réunion, il a été noté que la durabilité des conversions dans le secteur des climatiseurs commerciaux était un sujet de préoccupation en raison de l'utilisation de HFC à PRP élevé sur le marché dans les unités monoblocs, les unités centrales et les refroidisseurs, y compris le HFC-134a et le R-410A. Il avait donc été convenu que le Gouvernement, par l'intermédiaire de l'ONUDI, rendrait compte de la mise en œuvre des politiques et mesures visant à assurer la durabilité de la conversion dans le rapport périodique sur la mise en œuvre de la phase II du PGEH, jusqu'à ce que les solutions de remplacement soient adoptées par le marché⁸. L'assistance technique fournie au secteur a démontré l'amélioration substantielle du rendement énergétique pouvant être obtenue grâce à la technologie IEC-H, ce qui devrait contribuer à l'adoption de cette technologie par le marché. Quatre entreprises (DCM, Volta, Tiba Engineering Industries et Misr Engineering and Industries) proposent des unités IEC-H dans le cadre de leur production régulière, et deux entreprises étudient encore les possibilités offertes. L'élaboration et la mise en œuvre de politiques

⁸ Paragraphe 50(b) du document UNEP/OzL.Pro/ExCom/79/32.

et de mesures visant à faciliter l'adoption par le marché d'unités IEC-H à faible PRP et à haut rendement énergétique soutiendraient davantage la conversion et l'adoption de la technologie sur le marché.

35. Les centres de régénération établis dans le pays devraient être en mesure d'offrir du HCFC-22 régénéré sur le marché étant donné que son prix augmente avec l'élimination progressive. Les marques, les prix et les canaux de distribution des réfrigérants régénérés par les centres de régénération existants et nouveaux doivent continuer à bénéficier de l'appui de l'UNO. La poursuite de la formation et de la mise en œuvre du programme de certification des équipements de réfrigération et de climatisation contribuera à réduire la demande d'entretien des équipements au HCFC-22.

Conclusion

36. Le pays respecte l'accord qu'il a conclu avec le Comité exécutif. Les conversions dans les secteurs de la fabrication des mousses XPS et PU sont achevées et le Gouvernement a mis en œuvre un certain nombre d'interdictions pour maintenir l'élimination des HCFC. Le niveau de décaissement de la quatrième tranche est de 56 %, et de 77 % des fonds approuvés à ce jour. À la 94^e réunion, le Comité exécutif a décidé de ne pas approuver la totalité du financement au titre de la quatrième tranche, car il n'était alors pas clair dans quelle mesure la durabilité de la conversion des entreprises de fabrication de climatiseurs résidentiels au HFC-32 serait assurée compte tenu du fait que d'autres entreprises fabriquaient des climatiseurs résidentiels fonctionnant au R-410A. Comme indiqué au paragraphe 25 ci-dessus, l'Égypte a proposé, dans le cadre de la phase I de son KIP, un plan global visant à faire passer les entreprises de fabrication de climatiseurs résidentiels restantes dans le pays au HFC-32 et à interdire, d'ici au 1^{er} janvier 2029, l'importation et la fabrication d'équipements de climatisation résidentiels utilisant le R-410A.

RECOMMANDATION

37. Le secrétariat du Fonds recommande au Comité exécutif de :

- a) Prendre note du rapport périodique sur la mise en œuvre de la quatrième tranche de la phase II du plan de gestion de l'élimination des HCFC (PGEH) pour l'Égypte ; et
- b) Prier le Gouvernement égyptien, par l'intermédiaire de l'ONUDI en tant qu'agence d'exécution principale, de joindre à sa demande d'approbation de la phase III du PGEH un rapport détaillé sur les progrès accomplis dans la mise en œuvre des activités restantes de la phase II ;
- c) Demander au Gouvernement égyptien, à l'ONUDI, au PNUE, au PNUE et au Gouvernement allemand de soumettre le rapport d'achèvement du projet à la première réunion du Comité exécutif en 2027 ;

38. Le secrétariat du Fonds recommande en outre l'approbation générale de la cinquième et dernière tranche de la phase II du PGEH pour l'Égypte et du plan de mise en œuvre correspondant pour 2025-2026, aux niveaux de financement indiqués dans le tableau ci-dessous.

	Titre du projet	Financement du projet (\$US)	Coûts d'appui (\$US)	Agence d'exécution
a)	Plan de gestion de l'élimination progressive des HCFC (phase II, cinquième tranche)	1 934 115	135 388	ONUDI
b)	Plan de gestion de l'élimination progressive des HCFC (phase II, cinquième tranche)	105 500	12 605	PNUE

FICHE D'ÉVALUATION DE PROJET - PROJETS PLURIANNUELS

Égypte

TITRE DU PROJET	AGENCE
Plan de mise en œuvre de l'Amendement de Kigali relatif aux HFC (phase I)	ONUDI (principale), PNUD
DONNÉES VISÉES À L'ARTICLE 7 LES PLUS RÉCENTES (Annexe F)	Année : 2023
	7 686,28 tm
	14 890 881 tonnes éq CO ₂

DONNÉES SUR LA CONSOMMATION SECTORIELLE DE HFC (tonnes éq CO2) ET ACTIVITÉS									
	Aérosols	Mousses	Lutte contre les incendies	Climatisation et réfrigération				Solvant	Autre
				Fabrication			Entretien		
				Réfrigération	Clim.	Autres			
Dernier rapport programme de pays (2024)	260 632	197 184	1 595 494	1 080 564	3 345 441	0	10 754 212	0	0
Activités phase I KIP comme convenu (O/N)	N	O	N	O	O	N	O	N	N

CONSOMMATION MOYENNE DE HFC DANS LE SECTEUR DE L'ENTRETIEN ENTRE 2020 ET 2022*	4 390,29 tm	9 345 372 tonnes éq CO ₂
---	-------------	-------------------------------------

* Y compris la consommation pour l'entretien des équipements de lutte contre l'incendie.

DONNÉES DE CONSOMMATION DE RÉFÉRENCE (tonnes éq CO ₂)	2020	2021	2022	Moyenne 2020-2022
Consommation annuelle de HFC	12 498 835	12 840 128	14 317 946	13 218 970
Valeur de référence pour les HCFC (65%)				6 071 380
Valeur de référence HFC				19 290 350

CONSOMMATION DE HFC ADMISSIBLE AU FINANCEMENT	
Point de départ des réductions globales durables	À déterminer
Projets d'investissement visant à réduire progressivement les HFC déjà approuvés	No
Réductions globales résultant de projets déjà approuvés (tonnes éq CO ₂)	s.o.

PROJECT DATA AS AGREED			2025*	2026	2027	2028	2029	2030	Total
Consommation (tonnes éq CO2)	Limites fixées par le Protocole de Montréal		19 290 350	19 290 350	19 290 350	19 290 350	17 361 315	17 361 315	s.o.
	Quantité maximale autorisée		19 290 350	19 290 350	18 500 000	18 000 000	16 387 179	15 046 473	s.o.
	Réduction par rapport à la valeur de référence (%)		0	0	4,1	6,7	15,0	22,0	s.o.
Montants recommen dés en principe (\$US)	UNIDO	Coûts du projet	9 081 787	0	3 545 129	0	1 648 115	0	14 275 031
		Dépenses d'appui	635 725	0	248 159	0	115 368	0	999 252
	UNDP	Coûts du projet	1 704 688	0	1 047 100	0	170 779	0	2 922 567
		Dépenses d'appui	119 328	0	73 297	0	11 955	0	204 580
	Coûts totaux du projet		10 786 475	0	4 592 229	0	1 818 894	0	17 197 598
	Coûts totaux d'appui		755 053	0	321 456	0	127 323	0	1 203 832
	Total des fonds		11 541 528	0	4 913 685	0	1 946 217	0	18 401 430

* Recommandé pour approbation à la présente réunion.

Réduction de la consommation restante admissible au financement au cours de la phase I (tonnes éq CO ₂)	5 795 458*
---	------------

* Y compris 35 850 tonnes éq CO₂ de HFC contenus dans les polyols prémélangés importés.

Recommandation du secrétariat :	Examen individuel
--	-------------------

PROJECT DESCRIPTION

39. Le présent document contient les sections suivantes :

- I. Résumé de la proposition telle que soumise
- II. Contexte : État de la mise en œuvre du plan de gestion de l'élimination progressive des HCFC
- III. Aperçu de la consommation de HFC : Niveaux et tendances de la consommation de HFC et consommation par secteur
- IV. Phase I du plan de mise en œuvre de l'Amendement de Kigali relatif aux HFC, tel que soumis : cadre réglementaire, stratégie d'élimination progressive, coût total de la phase et plan de mise en œuvre de la première tranche.
- V. Observations du secrétariat, y compris le coût convenu des activités
- VI. Recommandation

I. Résumé de la proposition telle que soumise

40. Au nom du Gouvernement égyptien, l'ONUDI, en tant qu'agence d'exécution principale, a soumis une demande pour la phase I du plan de mise en œuvre de l'Amendement de Kigali relatif aux HFC (KIP), pour un coût total de 29 817 042 \$US, comprenant 22 197 232 \$US, plus les coûts d'appui d'agence de 1 553 806 \$US pour l'ONUDI et 5 669 162 \$US, plus les coûts d'appui d'agence de 396 841 \$US pour le PNUD, telle que soumise à l'origine⁹.

41. La mise en œuvre de la phase I du KIP aidera le Gouvernement égyptien à réduire sa consommation de HFC de 21,40 % par rapport à son niveau de référence d'ici au 1er janvier 2029, en avance sur le calendrier de contrôle du Protocole de Montréal.

42. La première tranche de la phase I du KIP demandée à la présente réunion représente 17 392 844 \$US, soit 12 707 775 \$US, plus des coûts d'appui d'agence de 889 544 \$US pour l'ONUDI et 3 547 220 \$US, plus des coûts d'appui d'agence de 248 305 \$US pour le PNUD, comme soumise initialement, pour la période allant de juin 2025 à décembre 2027.

II. Contexte

État d'avancement de la mise en œuvre du plan de gestion de l'élimination progressive des HCFC

43. Le tableau 1 présente des informations sur le plan de gestion de l'élimination progressive des HCFC (PGEH) en Égypte en date de février 2025.

Tableau 1. État de la mise en œuvre du PGEH pour l'Égypte

	Phase I	Phase II
Réunion à laquelle le PGEH a été approuvé/mis à jour	65 ^e	79 ^e /84 ^e
Réduction par rapport à la valeur de référence	25% d'ici 2018	67,5% d'ici 2025
Coût total du projet (\$US)	8 502 815	21 881 486
Date d'achèvement (réelle/prévue)	1 décembre 2019	31 décembre 2026

⁹ Conformément à la lettre du 22 janvier 2025 adressée à l'ONUDI par le Ministère égyptien de l'environnement.

État de mise en œuvre des activités précédentes liées aux HFC

44. Le tableau 2 présente une vue d'ensemble des activités mises en œuvre en Égypte dans le cadre de l'Amendement de Kigali qui ont été financées par le Fonds multilatéral.

Tableau 2. Activités liées aux HFC précédemment approuvées en Égypte

Réunion d'approbation	Titre du projet	Agence d'exécution	Coût (\$US)	Date d'achèvement
81 ^e	Activités habilitantes pour la réduction progressive des HFC	ONUDI /PNUE	250 000	Juin 2022
93 ^e	Projet pilote d'efficacité énergétique dans le secteur de la réfrigération et de la climatisation en Égypte pour maintenir et/ou améliorer l'efficacité énergétique des technologies et des équipements de remplacement dans le cadre de la réduction progressive des HFC.	ONUDI	285 000	En cours

III. Aperçu de la consommation de HFC

Niveaux de consommation de HFC

45. L'Égypte n'importe que des HFC destinés à être utilisés dans les secteurs de l'industrie de la fabrication et de l'entretien. Les substances les plus consommées en 2024 sont le HFC-134a (37,8 % de la consommation totale de HFC en tonnes éq CO₂), le R-410A (34,3 %), le R-404A (15,4 %) et le HFC-227ea (9,4 %), tandis que les autres HFC représentent 3,1 % de la consommation globale. Le tableau 1 présente la consommation de HFC du pays, telle qu'elle a été communiquée au secrétariat de l'ozone en application de l'article 7 du protocole de Montréal, ainsi que la valeur de référence des HFC du pays.

Tableau 3 : Consommation de HFC (données visées à l'article 7 pour 2020-2024) et valeur de référence en Égypte

HFC	PRP	2020	2021	2022	2023	2024*
Tonnes métriques (tm)						
HFC-134a	1 430	3 109,95	2 836,53	2 797,31	3 673,87	4 556,45
HFC-152a	124	275,45	454,66	429,90	227,00	281,22
HFC-227ea	3 220	539,55	429,94	460,20	502,41	500,50
HFC-245fa	1 030	22,53	67,62	115,61	64,00	116,50
HFC-365mfc	794	30,45	33,06	34,80	0,00	33,00
R-404A	3 922	720,60	621,96	607,22	669,47	677,88
R-410A	2 088	1 501,90	2 114,50	2 844,18	2 415,15	2 832,64
Autres	s.o.	132,48	226,29	226,51	134,38	222,16
Total (tm)		6 332,90	6 784,57	7 515,73	7 686,28	9 220,34
HFC-245fa dans polyols prémélangés *	1 030	21,42	23,78	31,86	27,37	29,00
HFC-365mfc dans polyols prémélangés *	794	0,00	0,00	0,00	0,00	21,00
Tonnes éq CO₂						
HFC-134a	1 430	4 447 229	4 056 238	4 000 162	5 253 638	6 515 716
HFC-152a	124	34 156	56 378	53 308	28 148	34 871
HFC-227ea	3 220	1 737 351	1 384 407	1 481 844	1 617 773	1 611 610
HFC-245fa	1 030	23 204	69 653	119 075	65 920	119 995
HFC-365mfc	794	24 177	26 250	27 631	0	26 202
R-404A	3 922	2 825 905	2 439 086	2 381 262	2 625 377	2 658 374
R-410A	2 088	3 135 216	4 414 019	5 937 217	5 041 627	5 913 136
Autres**	s.o.	271 598	394 098	317 447	258 398	353 623
Total (tonnes éq CO₂)		12 498 835	12 840 128	14 317 946	14 890 881	17 233 528
HFC-245fa dans polyols prémélangés *	1 030	22 062	24 493	32 816	28 191	29 870
HFC-365mfc dans polyols prémélangés *	794	0	0	0	0	16 674

HFC	PRP	2020	2021	2022	2023	2024*
Calcul de la valeur de référence HFC (tonnes éq CO₂)						
Consommation moyenne de HFC en 2020-2022					13 218 970	
Valeur de référence pour les HCFC (65 %)					6 071 380	
Valeur de référence HFC					19 290 350	

* Données du programme de pays

** Y compris HFC-32, HFC-125, HFC-143a, HFC-236fa, HFC-23, R-406A, R-407C, R-407F, R-408A, R-417A, R-507A et R-508B

Rapport sur la mise en œuvre du programme de pays

46. Les données sectorielles sur la consommation de HFC fournies par le Gouvernement égyptien dans son rapport de mise en œuvre du programme de pays pour 2023 sont conformes aux données visées à l'article 7 du Protocole de Montréal.

Tendances de la consommation de HFC

47. La consommation de HFC en Égypte a augmenté chaque année depuis 2020, avec des augmentations substantielles en 2022 et en 2024. En 2022, la consommation a augmenté d'environ 11,5 % en tonnes éq CO₂, principalement en raison de l'utilisation accrue du R-410A dans les climatiseurs. En 2023, la consommation a augmenté modestement en raison de l'augmentation de la consommation de trois des HFC/mélanges les plus utilisés (HFC-134a, HFC-227ea et R-404A) et de la diminution de certains HFC. En 2024, la consommation a augmenté de 16 % en tonnes éq CO₂, notamment en raison d'une reprise après la dévaluation monétaire de 2023. Si les augmentations de la consommation de HFC-134a et de R-410A ont représenté une part importante de l'augmentation de 2024, il y a également eu des augmentations des sept autres HFC les plus couramment importés dans le pays¹⁰, ainsi qu'une augmentation substantielle de la consommation de HFC-32 en lien avec le passage de cinq entreprises de fabrication de climatiseurs résidentiels à cette technologie dans le cadre du PGEH. La consommation moyenne de chaque réfrigérant au cours des trois années de référence indique que le HFC-134a et le R-410A représentent 73 % en tm et 66 % en tonnes éq CO₂ de la consommation de HFC en Égypte. Avant 2024, les importateurs informaient au préalable l'Unité nationale de l'ozone (UNO) des importations liées à toutes les substances, y compris les HFC, en prévision de la nouvelle mesure, ce qui a permis à l'UNO de calculer la consommation de HFC pour les années de référence.

Consommation de HFC par secteur

48. Les HFC sont utilisés dans le secteur de l'entretien (59 % de la consommation en tonnes éq CO₂), dans divers sous-secteurs manufacturiers (29 %) et dans la lutte contre les incendies (12 %). Dans le secteur de la fabrication, c'est la fabrication d'équipements de climatisation résidentiels et commerciaux qui représente le plus grand pourcentage de HFC, soit 20 % de la consommation totale au cours des années de référence en tonnes éq CO₂¹¹, suivie de la fabrication d'équipements de réfrigération domestiques (4 %), de la fabrication d'inhalateurs-doseurs (MDI) (1;3 pour cent), la fabrication de réfrigérants commerciaux et de transport (1 pour cent chacun), la mousse polyuréthane (PU) (presque 1 pour cent), et la fabrication de climatiseurs mobiles (MAC) et de mousse de polystyrène extrudé (XPS) (moins de 1 pour cent chacun).

49. Les HFC destinés à l'entretien sont principalement consommés dans le sous-secteur de la réfrigération (37 % en tm et 39 % en tonnes éq CO₂ de la consommation totale de HFC au cours des années

¹⁰ HFC-134a (24 %), HFC-152a (24 %), HFC-245fa (82 %), HFC-23 (5 %), R-404A (1 %), R-407C (32 %), R-410A (17 %), R-417A (6 %) et R-507A (3 %).

¹¹ Ces deux secteurs sont combinés dans les données du programme de pays et l'enquête sur la consommation réalisée en préparation du KIP n'a pas permis d'identifier toutes les entreprises utilisant des HFC dans la fabrication de climatiseurs commerciaux, mais a indiqué que tout le R-410A déclaré provenait du secteur des climatiseurs résidentiels.

de référence)¹², suivi par le sous-secteur des climatiseurs (14 % en tm et 15 % en tonnes éq CO₂)¹³ et le sous-secteur de la climatisation mobile (7 % en tm et 5 % en tonnes éq CO₂), comme le montrent les tableaux 4 et 5.

¹² En raison de divergences dans les données, une ventilation plus détaillée n'est pas indiquée, mais le sous-secteur de l'entretien des équipements de réfrigération se compose des secteurs suivants, en pourcentage approximatif de la consommation totale de HFC : commercial (34 % en tonnes éq CO₂), industriel (15 %), domestique (11 %) et transport (7 %).

¹³ Le sous-secteur de l'entretien des climatiseurs se compose des secteurs suivants, en pourcentage approximatif de la consommation totale de HFC : résidentiel (25 %) et commercial (moins de 1 %).

Tableau 4. Consommation de HFC en Égypte par secteur en tm (2020-2022)¹⁴

Secteur	HFC-32	HFC-134a	HFC-152a	HFC-227ea	HFC-245fa	HFC365mfc	R-404A	R-407C	R-410A	Autres	Total	Part du total (%)
Secteurs de la fabrication												
Réfrigération domestique	0,00	409,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	409,44	6
Réfrigération commerciale	0,00	31,79	0,00	0,00	0,00	0,00	5,24	0,45	0,00	0,00	37,48	1
Réfrigération transport	0,00	37,51	0,00	0,00	0,00	0,00	8,51	45,55	0,00	0,00	91,58	1
Climatiseurs résidentiels et commerciaux	3,35	41,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,18	1250,67	0,00	1 255,19	18
Clim mobile	0,00	41,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	41,71	1
Mousse PU	0,00	0,00	0,00	4,90	68,59	32,77	0,00	0,00	0,00	0,00	106,25	2
Mousse XPS	0,00	0,00	386,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	386,67	6
Aérosol	0,00	118,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	118,98	2
Sous-total pour la fabrication	3,35	639,43	386,67	4,90	68,59	32,77	13,75	47,18	1250,67	0,00	2 447,29	36
Entretien des appareils de réfrigération et de climatisation												
Sous-secteurs de la réfrigération	0,00	1816,11	0,00	0,00	0,00	0,00	636,18	39,33	0,00	11,81	2 503,43	37
Sous-secteurs de la climatisation	12,92	18,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38,00	897,39	2,69	969,64	14
Clim mobile	0,00	440,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,47	0,00	445,86	7
Sous-total pour l'entretien	12,92	2275,14	0,00	0,00	0,00	0,00	636,18	77,33	902,86	14,50	3 918,93	57
Autres secteurs												
Lutte contre l'incendie	0,00	0,00	0,00	471,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	471,98	7
Autres	5,41	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,12	15,90	0
Sous-total pour les autres secteurs	5,41	0,37	0,00	471,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,44	487,88	7
Total	21,67	2 914,94	386,67	476,56	68,59	32,77	649,93	124,51	2 153,53	24,94	6 854,10	100

* Une consommation moyenne dans le secteur des mousses de 25,69 tm de HFC-245a dans des polyols prémélangés importés a également été signalée dans les données du programme de pays.

¹⁴ Les données de ce tableau pour les secteurs des climatiseurs commerciaux et résidentiels, de la lutte contre les incendies et des « autres » proviennent du rapport du programme de pays, tandis que celles des autres secteurs sont tirées de l'enquête. Les données correspondent à celles du programme de pays dans la plupart des secteurs, à l'exception du secteur de l'entretien, pour lequel il existe une différence de 0,62 tm avec le rapport du programme de pays.

Tableau 5. Consommation de HFC en Égypte par secteur, en tonnes éq CO₂ (2020-2022)¹⁵

Secteur	HFC-32	HFC-134a	HFC-152a	HFC-227ea	HFC-245fa	HFC-365mfc	R-404A	R-407C	R-410A	Autre*	Total	Part du total (%)
Manufacturing sectors												
Réfrigération domestique	0	585 499	0	0	0	0	0	0	0	0	585 499	4
Réfrigération commerciale	0	45 465	0	0	0	0	20 542	793	0	0	66 800	1
Réfrigération transport	0	53 643	0	0	0	0	33 382	80 807	0	0	167 832	1
Climatiseurs résidentiels et commerciaux	2 258	0	0	0	0	0	0	2 084	2 610 767	0	2 615 109	20
Clim mobile	0	59 641	0	0	0	0	0	0	0	0	59 641	0
Mousse PU	0	0	0	15 767	70 644	26 019	0	0	0	0	112 431	1
Mousse XPS	0	0	47 947	0	0	0	0	0	0	0	47 947	0
Aérosol	0	170 137	0	0	0	0	0	0	0	0	170 137	1
Sous-total pour la fabrication	2 258	914 385	47 947	15 767	70 644	26 019	53 922	83 684	2 610 767	0	3 825 393	29
Entretien des appareils de réfrigération et de climatisation												
Sous-secteurs de la réfrigération	0	2 597 040	0	0	0	0	2 494 840	69 767	0	8 184	5 202 265	39
Sous-secteurs de la climatisation	8 721	26 645	0	0	0	0	0	67 406	1 873 306	6 320	1 982 398	15
Clim mobile	0	629 761	0	0	0	0	0	0	11 412	0	641 173	5
Sous-total pour l'entretien	8 721	3 253 446	0	0	0	0	2 494 840	137 174	1 884 718	14 504	7 825 836	59
Autres secteurs												
Lutte contre l'incendie	0	0	0	1 518 767	0	0	0	0	0	3 113	1 521 880	12
Autres	3 650	529	0	0	0	0	0	0	0	41 921	46 099	0
Sous-total pour les autres secteurs	3 650	529	0	1 518 767	0	0	0	0	0	45 034	1 567 979	12
Total	14 628	4 168 360	47 947	1 534 534	70 644	26 019	2 548 762	220 858	4 495 485	59 537	13 219 208	100

* Une consommation moyenne dans le secteur des mousses de 26 457 tonnes éq CO₂ de HFC-245a dans des polyols prémélangés importés a également été indiquée dans le rapport du programme de pays.

¹⁵ Les données de ce tableau pour les secteurs des climatiseurs commerciaux et résidentiels, de la lutte contre les incendies et des « autres » proviennent du rapport du programme de pays, tandis que les autres secteurs sont tirés de l'enquête. Les données correspondent à celles du rapport du programme de pays dans la plupart des secteurs, à l'exception du secteur de l'entretien, où l'on constate une différence de 2343 tonnes éq CO₂ avec le rapport du programme de pays.

Secteurs de la fabrication

50. En Égypte, les secteurs de fabrication utilisant des HFC comprennent les entreprises fabriquant des équipements de réfrigération domestique et commerciale et des climatiseurs résidentiels et commerciaux, de la mousse PU, de la mousse XPS et des aérosols pour produire des MDI.

Secteur de la fabrication de mousse de polyuréthane

51. Dans le cadre du PGEH, huit entreprises fabriquant de la mousse polyuréthane dans le secteur de la réfrigération domestique ont bénéficié d'une aide pour passer du HCFC-141b au cyclopentane. Toutefois, plusieurs petites et moyennes entreprises (PME) du secteur utilisaient déjà du HFC-245fa pur et dans des polyols prémélangés importés comme agent gonflant avant la mise en œuvre du projet de conversion, et une entreprise fabriquant des chauffe-eaux utilisait du HFC-365mfc mélangé à du HFC-227ea comme agent gonflant. La consommation de HFC dans ce secteur sera abordée dans la phase I du KIP.

Secteur de la fabrication de mousse de polystyrène extrudé

52. En Égypte, deux entreprises utilisent le HFC-152a pour fabriquer des panneaux discontinus destinés à la construction. Ce secteur de fabrication représente 6 % de la consommation totale de HFC dans le pays en tm, mais seulement 0,4 en tonnes éq CO₂. Le HFC-152a n'est utilisé que dans le secteur du XPS et il est proposé de traiter cette question au cours de la phase I, après quoi une interdiction serait mise en œuvre d'ici à 2028.

Secteur de la fabrication d'appareils de réfrigération domestique

53. Six entreprises ont une consommation de HFC-134a supérieure à 15 tm, cinq entreprises ont une consommation comprise entre 15 tm et 1,5 tm, et quatre entreprises ont une consommation inférieure à 1,5 tm et fabriquent des réfrigérateurs domestiques. Les entreprises dont la consommation est inférieure à 1,5 tm chargent les équipements sur place et seront appelées très petites entreprises (TPE), bien que certaines d'entre elles fabriquent également d'autres appareils de réfrigération et de climatisation¹⁶. La consommation dans ce secteur doit être éliminée progressivement au cours de la phase I du KIP. Le HFC-134a est le principal réfrigérant consommé dans ce secteur ; cependant, certains équipements de réfrigération domestique utilisant le R-600a sont fabriqués ; et des réfrigérateurs domestiques utilisant le R-600a sont également importés dans le pays.

Secteur de la fabrication d'appareils de réfrigération commerciale

54. Dans le secteur de la fabrication d'équipements de réfrigération commerciale, un fabricant, six PME et quatre TPE fabriquent des équipements de réfrigération commerciale autonomes. Le HFC-134a est le principal HFC utilisé dans ce secteur (environ 85 %) ; le R-404A et le R-407C sont les autres HFC utilisés par ces entreprises. La phase I du KIP ciblerait la consommation dans ce secteur.

Secteur de la fabrication d'appareils de réfrigération pour le transport

55. Trois entreprises de fabrication et d'installation de moyens de transport réfrigérés ont été identifiées (deux PME et une TPE). Ces entreprises utilisent principalement du R-404A et du R-407C ainsi qu'un peu de HFC-134a. Ce secteur de fabrication sera abordé dans une phase ultérieure.

¹⁶ Dans le présent document, les entreprises de fabrication dont la consommation est supérieure à 15 tm sont désignées comme « fabricants », celles dont la consommation est comprise entre 1,5 et 15 tm comme « PME », et celles dont la consommation est inférieure à 1,5 tm comme « TPE ».

Secteur de la fabrication de climatiseurs résidentiels

56. Dans le cadre de la phase II du PGEH, cinq entreprises¹⁷ ont bénéficié d'un appui pour passer du HCFC-22 au HFC-32 ou au R-454B¹⁸. Lors de la 84e réunion, il a été noté que toutes les entreprises, sauf une, fabriquaient à la fois des unités fonctionnant au HCFC-22 et au R-410A sur leurs chaînes de fabrication. Lors de la 88e réunion, il a été convenu que les entreprises élimineraient progressivement les unités fonctionnant au R-410A fabriquées pour le marché local d'ici 2028¹⁹ afin d'introduire efficacement le HFC-32. En 2024, la fabrication d'unités fonctionnant au HFC-32 dans ces entreprises représentait 0,04 % des unités produites entre le 1er janvier 2023 et le 13 mars 2024. L'ONUDI a noté que les trois entreprises avaient signé des contrats pour respecter le calendrier d'élimination complète des unités fonctionnant au R-410A pour le marché local, qui seraient remplacées par la technologie HFC-32 d'ici le 1er janvier 2025, ou le 31 décembre 2026. Lors de la 94e réunion en 2024, il a également été précisé que les cinq entreprises en cours de conversion ne représentaient pas l'ensemble du secteur de la fabrication de climatiseurs résidentiels et que plusieurs autres entreprises de ce secteur fabriquaient des produits fonctionnant au R-410A. Suite à cela, le Comité exécutif a décidé que la quatrième tranche, qui inclurait le financement des deux entreprises de fabrication de climatiseurs résidentiels qui n'avaient pas encore signé de contrats pour les COS du PGEH, pourrait être soumise lors de la même réunion que le KIP²⁰. En 2024, une augmentation substantielle de la consommation de HFC-32 peut être attribuée aux activités de fabrication utilisant du HFC-32 dans ces entreprises.

57. Au cours de la préparation du KIP, quatre fabricants, une PME et une TPE ont été identifiés dans le secteur de la fabrication de climatiseurs résidentiels et ne faisaient pas partie des projets de conversion dans le cadre du PGEH, alors qu'ils fabriquent des unités fonctionnant au R-410A et sont admissibles au programme de réduction progressive de la consommation de HFC. Alors que la consommation de HFC de ces entreprises n'a pas augmenté en 2020, elle a progressé régulièrement depuis 2021, en particulier en 2021 et en 2024, avec une croissance de 21 % et 57 % respectivement. Bien que deux des entreprises aient consommé moins de 15 tm de HFC entre 2019 et 2021 et auraient donc été considérées comme des PME, en 2023, quatre entreprises et en 2024, les cinq entreprises consommaient plus de 15 tm de R-410A. La totalité de la consommation de R-410A dans le pays a été attribuée à ces 11 entreprises dans le secteur des climatiseurs résidentiels (celles aidées dans le cadre du PGEH et celles identifiées dans le cadre du KIP). Ce secteur sera examiné au cours de la phase I du KIP afin d'assurer la durabilité des conversions dans le cadre du PGEH.

Secteur de la fabrication de climatiseurs commerciaux

58. Six entreprises du secteur de la fabrication de climatiseurs commerciaux ont reçu une assistance technique dans le cadre du PGEH pour passer à des HFC à faible PRP et quatre d'entre elles, ainsi qu'une septième entreprise, qui n'a pas été incluse dans le projet, auraient commencé à fabriquer des unités de refroidissement indirect par évaporation (IEC). Bien que l'enquête n'ait pas permis d'identifier le nombre d'entreprises utilisant des HFC dans ce secteur, une partie de la consommation de R-407C peut être attribuée à ce secteur. Un projet de démonstration a été proposé dans le secteur des climatiseurs commerciaux au cours de la phase I du KIP.

Secteur de la fabrication de climatisations mobiles

59. Lors de la préparation du projet, 12 entreprises ont été identifiées dans le secteur de la climatisation mobile, dont certaines sont détenues conjointement par des étrangers. Ce secteur manufacturier utilise le

¹⁷ El-Araby, Fresh, Miraco, Power, et Unionaire

¹⁸ Si les entreprises le décident une fois que la technologie est devenue disponible (décision 84/72 b)).

¹⁹ Avec trois cibles intermédiaires : 25 % des produits proposés sur le marché local d'ici 2025, 50 % des produits proposés sur le marché local d'ici 2026 ; et 75 % des produits proposés sur le marché local d'ici 2027 (décision 88/70 a) ii) a.).

²⁰ Décision 94/35 c) i)

HFC-134a et consomme moins de 1 % de la consommation totale de HFC dans le pays en tonnes éq CO₂. Cette consommation sera ciblée dans une phase ultérieure.

Aérosols et solvants

60. Les HFC sont utilisés comme agent propulseur dans les inhalateurs-doseurs en Égypte et cette consommation augmente chaque année²¹. Il n'y a par ailleurs aucune consommation de HFC dans les solvants industriels dans le pays. Le secteur de la fabrication des inhalateurs-doseurs en Égypte n'utilise que le HFC-134a, tandis que le HFC-227ea ne se trouve que dans les inhalateurs-doseurs préchargés importés. Les solutions de remplacement à faible PRP telles que le HFC-152a et le HFO-1234ze ne sont pas utilisées actuellement en Égypte. Ce secteur sera abordé lors d'une prochaine phase.

Secteur de l'entretien des appareils de réfrigération et de climatisation

61. L'Égypte compte environ 100 000 techniciens (dont environ 5 % de femmes) et 24 000 ateliers consommant des HFC. Parmi eux, 75 000 techniciens (dont 3 000 femmes) sont spécialisés dans les climatiseurs, tandis que 25 000 techniciens (dont 2 000 femmes) sont spécialisés dans les systèmes de réfrigération. Environ 35 % de la main-d'œuvre est employée dans des ateliers formels qui respectent les normes et réglementations de l'industrie, et les 65 % restants travaillent dans des ateliers informels où la surveillance réglementaire est limitée. Le nombre de techniciens travaillant dans le secteur de l'entretien de la climatisation mobile est estimé à 20 000 (dont moins de 5 % de femmes).

62. L'enseignement technique et la formation professionnelle en réfrigération et climatisation en Égypte sont répartis entre trois entités principales : le Ministère de l'éducation et de l'enseignement technique, qui supervise 285 écoles techniques avec des départements de réfrigération et climatisation dotés de 2 965 enseignants spécialisés dans l'enseignement en réfrigération et climatisation ; le Ministère des ressources humaines, qui gère 27 centres de formation professionnelle spécifiquement axés sur la réfrigération et la climatisation ; et le Département de la productivité et de la formation professionnelle (PVTD) sous l'égide du Ministère de l'industrie, qui supervise plusieurs centres de formation en réfrigération et climatisation. Dans le cadre du PGEH, 21 centres de formation ont été modernisés et trois centres de formation principaux et un centre d'excellence ont été créés, les formateurs ont été formés et le programme de formation a été mis à jour et introduit. Un centre de régénération a été créé et un autre est prévu et en cours.

63. En 2024, une directive nationale pour la certification des techniciens a été publiée sous le numéro de norme égyptienne 8938/2024 par l'Organisation égyptienne des normes. La ligne directrice est basée sur les bonnes pratiques pour les équipements de réfrigération fonctionnant avec des réfrigérants à faible PRP, y compris la manipulation en toute sécurité des réfrigérants inflammables dans les secteurs de l'installation et de l'entretien. Des initiatives ont été prises pour mettre à jour la certification nationale des techniciens des équipements de réfrigération et de climatisation afin de l'aligner sur cette norme, en collaboration avec l'UNO, les départements de formation professionnelle du Ministère des ressources humaines et du Ministère de l'industrie, ainsi que l'Organisation égyptienne de normalisation.

Entretien des systèmes de réfrigération domestique, commerciale, industrielle et de transport

64. Les sous-secteurs de l'entretien des systèmes de réfrigération utilisant des HFC en Égypte comprennent les systèmes de réfrigération domestique, commerciale, industrielle et de transport. La consommation attribuée à l'entretien dans les sous-secteurs de la réfrigération au cours des années de référence de l'enquête était d'environ 37 % en tm et 39 % en tonnes éq CO₂, ce qui en fait le secteur le plus

²¹ Cette consommation dans la fabrication d'inhalateurs-doseurs a été déclarée par le pays dans la catégorie des solvants au lieu de celle des aérosols dans le rapport du programme de pays. En conséquence, le pays soumettra des données de programme de pays révisées.

consommateur de HFC. Le HFC-134A est le principal HFC utilisé dans l'entretien des équipements de réfrigération, suivi du R-404A et du R-407C, et d'une utilisation limitée du R-407F, du R-507A et du R-508A.

Entretien des climatiseurs résidentiels et commerciaux

65. Les sous-secteurs de l'entretien des climatiseurs utilisant des HFC en Égypte comprennent les climatiseurs résidentiels et commerciaux. La consommation attribuée à l'entretien des climatiseurs au cours des années de référence de l'enquête était d'environ 13,75 % en tm et 14,6 % en tonnes éq CO₂. Le R-410A est le principal HFC utilisé dans les climatiseurs résidentiels, suivi du HFC-32. Les autres HFC attribués au secteur des climatiseurs comprennent un peu de HFC-134a (environ 1 % de l'utilisation de cette substance) et de R-417A.

Entretien des climatiseurs mobiles

66. Le secteur de l'entretien de la climatisation mobile utilise le HFC-134a et représente 5 % de la consommation totale de HFC dans le pays en tonnes éq CO₂. Ce secteur n'a pas été abordé précédemment dans le cadre du PGEH et certaines activités de la phase I du KIP le cibleront.

Lutte contre l'incendie

67. Tous les systèmes de lutte contre l'incendie sont importés en Égypte mais sont chargés et entretenus dans le pays ; il n'y a pas de fabrication dans ce secteur. Au cours de l'étude préparatoire, 14 fournisseurs spécialisés dans les systèmes de lutte contre les incendies ont été identifiés, ainsi que 16 prestataires de services. Les HFC représentent 75 % du marché des systèmes de lutte contre les incendies et certaines des alternatives utilisées dans ce secteur comprennent l'azote, le CO₂, les substances chimiques sèches, l'eau, la brume d'eau et les hydrofluoroéthers (HFE), bien que ces derniers fassent l'objet d'une évaluation de leur impact environnemental. Le HFC-227ea est le principal HFC utilisé dans la lutte contre les incendies, avec une utilisation limitée du HFC-236fa. La consommation de HFC dans la lutte contre les incendies représente 12 % de la consommation totale de HFC dans le pays en tonnes éq CO₂.

Sous-secteur de l'installation et de l'assemblage sur place

68. La proposition, telle qu'elle a été soumise, fait référence aux entreprises de plusieurs secteurs manufacturiers dont la consommation est inférieure à 1,5 tm en tant qu'"installateurs". Or, ces entreprises chargent les équipements sur place et ne relèvent donc pas de la catégorie des installateurs telle qu'elle est définie dans les documents UNEP/OzL.Pro/ExCom/92/49 et Corr.1. Dans l'enquête sur le secteur de l'entretien, il a été estimé que 62,15 tm (243 727 tonnes d'équivalent CO₂) se trouvaient dans ce secteur au cours des années de référence ; toutefois, une analyse plus détaillée de ce secteur n'était pas disponible.

Fabrication de mélanges

69. En 2021, un total de 39,89 tm de mélanges de HFC a été fabriqué dans le pays (7,44 tm de R-404A et 32,45 tm de R-410A). De tels mélanges n'ont été signalés pour aucune des autres années de la période 2020-2024.

IV. Phase I du plan de mise en œuvre de l'Amendement de Kigali relatif aux HFC tel que soumis

Cadre institutionnel, politique et réglementaires

70. L'Égypte a ratifié l'Amendement de Kigali le 22 août 2023. Le système de licences et de quotas en Égypte a été mis à jour pour inclure les HFC et des quotas ont été délivrés pour 2024. Les HFC et autres SAO sont réglementés et contrôlés par le Comité national de l'ozone (CNO), qui supervise l'exécution du PGEH et du KIP, ainsi que la gestion de la délivrance des quotas ; le bureau des douanes, qui surveille et

contrôle l'importation et l'exportation des substances réglementées ; et l'Agence de protection des clients, qui a mis en place des mécanismes pour surveiller et décourager le commerce illégal sur le marché. En 2024, une décision du CNO a interdit la délivrance de licences industrielles pour de nouvelles lignes de fabrication de climatiseurs résidentiels fonctionnant au R-410A. L'Égypte a également donné la priorité à la réduction de la consommation d'énergie et à l'amélioration de l'efficacité énergétique dans le pays et, à cette fin, un décret du Ministre de l'environnement en 2023 a ajouté un représentant du Ministère de l'électricité et de l'énergie au CNO.

Stratégie d'élimination progressive pour la phase I du plan de mise en œuvre de l'Amendement de Kigali relatif aux HFC

Stratégie globale

71. La stratégie globale de l'Égypte est basée sur la réalisation de l'exigence de conformité pour 2029 grâce aux activités du secteur de l'entretien, tout en utilisant les projets d'investissement pour réduire davantage les besoins futurs du pays en assurant la conversion d'entreprises dans les secteurs prioritaires.

Réductions proposées

72. Le Gouvernement égyptien a prévu la consommation de HFC dans un scénario de maintien du statu quo en utilisant une croissance annuelle de 4,3 %. Cette projection est calculée sur la base de la consommation estimée pour 2024 et des projections du Ministère égyptien de l'économie, qui prévoient une croissance du PIB de 4 % et une croissance démographique de 1,3 % pour l'exercice 2024-2025. Dans ce scénario de maintien du statu quo, la croissance de la consommation de HFC devrait dépasser le niveau de contrôle d'ici 2028, comme le montre le tableau 6.

Tableau 6. Prévisions de consommation de HFC dans le scénario sans contrainte, limites du Protocole de Montréal et réductions de HFC proposées dans le cadre de la phase I (tonnes d'équivalent CO₂)

	2025	2026	2027	2028	2029
Hausse de la consommation de HFC prévue 4,3 % par an	17 093 331	17 828 344	18 594 963	19 394 546	20 228 512
Limites de consommation de HFC du Protocole de Montréal	19 290 350	19 290 350	19 290 350	19 290 350	17 361 315
Niveaux de consommation de HFC proposés dans le cadre du KIP	19 290 350	19 290 350	19 290 350	19 290 350	15 161 919*
Réductions proposées par rapport au niveau de référence de la consommation de HFC (%)	gel	gel	gel	gel	21,40

* Basé sur le calcul original de la réduction en tonnes d'équivalent CO₂ dans la soumission. La réduction en tonnes d'équivalent CO₂ de la proposition initiale a été corrigée au cours de l'examen du projet, comme le montre le tableau 27.

Activités proposées

73. La phase I comprend des projets d'investissement dans les secteurs de la fabrication de mousse polyuréthane et de mousse XPS, dans les secteurs de la fabrication de réfrigération domestique et commerciale et dans le secteur de la fabrication de climatiseurs résidentiels, ainsi que des projets de non-investissement dans le secteur de l'entretien, y compris des projets de réglementation et de renforcement des capacités, de communication et de sensibilisation, et des projets sectoriels dans les secteurs des climatiseurs résidentiels, des climatiseurs commerciaux, du secteur MDI, de la climatisation mobile, des équipements de réfrigération et de climatisation, et de la lutte contre les incendies, tels qu'ils ont été présentés initialement.

Secteurs de fabrication de la mousse - PNUD

74. L'Égypte a proposé des conversions dans les secteurs de la mousse polyuréthane et de la mousse XPS, qui seront mises en œuvre par le PNUD. Le montant total demandé pour les deux secteurs est de 4 131 206 \$US, soit 1 560 431 \$US pour la mousse polyuréthane, 2 195 211 \$US pour la mousse XPS et 10 % de frais de gestion de projet, soit 375 564 \$US. Ce montant sera examiné par secteur ci-dessous.

I. Secteur de la fabrication de mousse de polyuréthane

75. Un projet d'investissement est proposé dans le secteur de la fabrication de mousse polyuréthane dans une entreprise, El Araby (fondée en 2008), pour éliminer progressivement 37. 67 t (41 797 tonnes éq CO₂)²² de HFC-365mfc/227ea²³ dans la fabrication de chauffe-eau²⁴ en passant au cyclopentane et un projet cadre pour 30 PME et TPE afin d'éliminer 68,59 t de HFC-245fa (pur) et 25,68 t de HFC-245fa contenu dans des polyols prémélangés importés en passant au cyclopentane. La consommation du secteur est indiquée dans le tableau 7 ci-dessous.

Tableau 7. Consommation de HFC-365mfc/227ea, HFC-245fa purs et contenus dans des polyols prémélangés chez les fabricants de mousse polyuréthane pour 2020-2024

Enterprise	Substance	2020	2021	2022	2023	2024	Moyenne 2020-2022
Tm							
El Araby	HFC-365mfc/227ea	66,11	68,81	121,83	71,76	77,50	85,58*
30 PME et TPE	HFC-245fa	22,53	67,62	115,61	64,00	116,50	68,59
30 PME et TPE	HFC-245fa contenu dans les polyols prémélangés	21,42	23,78	31,86	27,37	29,00	25,68

* La consommation au niveau de l'entreprise est différente des données du programme de pays, ce qui a été initialement attribué à l'utilisation par l'entreprise de stocks à un niveau supérieur aux importations et aux données déclarées dans le programme de pays.

76. Un financement a été demandé pour deux machines à injecter de la mousse à haute pression (240 000 \$US) et pour l'encapsulation, les réservoirs, la tuyauterie et les adaptations électriques (47 200 \$US), un audit de sécurité, des essais et une mise en service (40 000 \$US), une assistance technique (50 000 \$US) et des imprévus de 5 % (18 860 \$US), ce qui a entraîné un coût de 396 060 \$US en coûts indirects de production. Les COS ont été calculés à moins 27 687 \$US ; ces économies ont été soustraites des CIS pour un coût total du projet de 368 373 \$US. Les coûts du projet-cadre ont été calculés sur la base du seuil de rentabilité des HCFC dans le secteur des mousses de 9,78 \$US/kg pour l'élimination progressive du HFC-245fa pur et contenu dans les polyols prémélangés importés, soit 94,28 t (97 108 tonnes éq CO₂), pour un total de 922 058 \$US. Un montant supplémentaire de 270 000 \$US est demandé pour l'appui technique à trois entreprises de systèmes participant au développement de la formulation et fournissant les PME/TPE, pour la gestion du projet, le développement technologique, les essais, la mise à l'épreuve et la formation. Le tableau 8 présente les réductions, les montants demandés et le coût-efficacité (CE) en \$US/kg et en \$US/tonnes éq CO₂.

²²Telle qu'elle a été soumise, cette consommation est basée sur la moyenne 2020-2022 présentée dans les données du programme de pays.

²³ 32,77 tm (26 019 tonnes éq CO₂) de HFC-365mfc et 4,90 tm (15 778 tonnes éq CO₂) de HFC-227ea. Le mélange de HFC-365mfc et de HFC-227ea couramment disponible a une composition de 93 % et 7 %, respectivement, de ces HFC. La formulation utilisée par El Araby contient un pourcentage plus élevé de HFC-227ea en raison des températures élevées qui prévalent en Égypte et pour mieux contrôler le processus de moussage endothermique.

²⁴ El Araby a bénéficié d'une aide au cours de la phase I du PGEH pour éliminer progressivement l'utilisation du HCFC-141b dans sa fabrication de mousse pour la réfrigération domestique au profit du cyclopentane.

Tableau 8. Réductions, financement demandé et CE pour le projet d'investissement dans la mousse de polyuréthane en Égypte

Entreprise	Substance	Suppression progressive		Financement demandé (\$US)	CE	
		Tm	Tonnes éq CO ₂		\$US/kg	\$US/tonne éq CO ₂
El Araby	HFC-365mfc	32,77	26 019	368 373	9,78	8,81
	HFC-227ea	4,90	15 778			
Projet-cadre pour les PME/TPE	HFC-245fa	68,59	70 648	670 810	9,78	9,50
	HFC-245fa dans les polyols prémélangés importés	25,69	26 461	251 248	9,78	9,50
Assistance technique aux organismes de certification		s.o.	s.o.	270 000	s.o.	s.o.
Total pour le secteur de la mousse polyuréthane		131,95	138 905	1 560 431	11,83	11,23

II. Secteur de la fabrication de mousse de polystyrène extrudé

77. Un projet d'investissement est proposé dans le secteur de la fabrication de mousse XPS dans deux entreprises, Egypt Foam Co. (fondée en 2019) et Al Alamiya for Insulation Co. (a commencé à fabriquer en 2019), afin d'éliminer progressivement 386,67 tm (47 947 tonnes éq CO₂)²⁵ de HFC-152a utilisé dans le secteur comme agent gonflant dans la fabrication de mousses XPS et de le remplacer par du CO₂. Le tableau 9 ci-dessous indique la consommation des deux entreprises et du secteur²⁶.

Tableau 9. Consommation de HFC-152a par les fabricants de mousses XPS en tm et en tonnes éq CO₂ (2020-2024)

Entreprise	2020	2021	2022	2023	2024	Moyenne 2020-2022
Tm						
Egypt Foam Co.	90	103	95	85	93	96,00
Al Alamiya	100	114	112	115	147	108,67
Autres	85,45	237,66	222,9	27	41,22	182,00
Total secteur	275,45	454,66	429,9	227	281,22	386,67
Tonnes éq CO₂						
Egypt Foam Co.	11 160	12 772	11 780	10 540	11 532	11 904
Al Alamiya for Insulation Co.	12 400	14 136	13 888	14 260	18 228	13 475
Autre	10 596	29 470	27 640	3 348	5 111	22 568
Total secteur	34 156	56 378	53 308	28 148	34 871	47 947

78. Les CIS demandés comprennent la modernisation de l'extrudeuse d'Egypt Foam (516 000 \$US) et de l'extrudeuse d'Al Alamiya (633 620 \$US) car les systèmes actuels sont trop sensibles et, pour chaque entreprise, l'assistance technique (50 000 \$US) ; le réservoir DME, y compris l'installation et la certification (85 000 \$US) ; pompe à agent gonflant à tête unique (60 000 \$US) ; modernisation de la plomberie (60 000 \$US) ; modernisation du système d'échappement/de ventilation (60 000 \$US), système de capteurs de gaz (30 000 \$US), essais de fabrication et audit de sécurité (65 000 \$US), et 10 % d'imprévus. Des COS de 0,57 \$US/kg sont demandés en raison du coût plus élevé de la technologie pour un total de 54 720 \$US pour Egypt Foam Co. et 61 940 \$US pour Al Alamiya for Insulation Co. sur la base de leur consommation

²⁵ Comme soumis, ce chiffre était basé sur la moyenne 2020-2022 soumise dans les données du programme de pays.

²⁶ Bien que la consommation des deux entreprises ne soit pas égale à la consommation de HFC-152a indiquée dans le rapport du programme de pays, le Gouvernement s'est engagé à éliminer progressivement la totalité de la consommation de HFC-152a indiquée dans le rapport du programme de pays, dont la totalité est attribuée à ce secteur.

moyenne respective pour 2020-2022. Le montant total demandé pour Egypt Foam Co. est de 1 029 320 \$US et de 1 165 891 \$US pour Al Alamiya, comme le montre le tableau 10.

Tableau 10. Élimination progressive, financement demandé et CE pour le projet d'investissement dans la mousse XPS en Égypte

Secteur de la mousse XPS	Élimination progressive		Financement demandé (\$US)	CE	
	Tm	Tonnes éq CO ₂		\$US/kg	\$US/tonne éq CO ₂
Egypt Foam Co.	96,00	11 904	1 029 320	10,72	86,47
Al Alamiya	108,67	13 475	1 165 891	10,73	86,52
Autres	182,00	22 568	s.o.	s.o.	s.o.
Total	386,67	47 947	2 195 211	5,68	45,78

Secteurs de la fabrication de systèmes de réfrigération domestiques et commerciaux et de climatiseurs résidentiels - ONUDI

79. L'Égypte a proposé des projets de conversion pour les fabricants, les PME et les TPE dans les secteurs de la réfrigération domestique, de la réfrigération commerciale et des climatiseurs résidentiels. Ces projets seront mis en œuvre par l'intermédiaire de l'ONUDI et seront examinés par secteur ci-dessous. Le montant total demandé pour les trois secteurs est de 15 735 232 \$US, soit 9 215 527 \$US pour la réfrigération domestique, 1 366 823 \$US pour la réfrigération commerciale, 3 722 407 \$US pour les climatiseurs résidentiels, et un coût de gestion de projet de 10 %, soit 1 430 476 \$US, pour l'élimination progressive de 613,44 tm de HFC²⁷, soit 993 926 tonnes éq CO₂.

I. Secteur de la fabrication d'appareils de réfrigération domestiques

80. Six entreprises fabriquant des appareils de réfrigération domestiques élimineraient progressivement 345,59 tm²⁸ (494 197 tonnes éq CO₂) de HFC-134a grâce à des projets de conversion dans cinq entreprises²⁹ comptant au total 22 chaînes de fabrication. Cinq PME élimineraient progressivement 17,38 tm (24 858 tonnes éq CO₂) de HFC-134a dans cinq chaînes de fabrication, et quatre TPE élimineraient progressivement 2,85 tm (4 069 tonnes éq CO₂) de HFC-134a dans quatre chaînes de fabrication. Toutes les entreprises passeraient au R-600a, éliminant progressivement un total de 365,82 tm (523 124 tonnes éq CO₂) de HFC-134a dans 31 chaînes de fabrication d'appareils de réfrigération domestiques. Le tableau 11 ci-dessous donne un aperçu des entreprises de ce secteur.

Tableau 11. Entreprises du secteur de la réfrigération domestique, unités fabriquées, lignes de fabrication et consommation

Entreprise	Année de création	Lignes de fabrication		Unités (2023)	Consommation (2023)		Secteurs pour lesquels une conversion est proposée dans le KIP ou couverts par une phase antérieure du PGEH
		HFC-134a	HC-600a		Tm	Tonnes eq CO ₂	
Fabricant							
Electrostar	1986	3	1	321 072	48,96	70 014	Mousse PU PGEH phase II
Alaska	1978	5	0	230 000	49,00	70 070	

²⁷ HFC-134a-422,04 tm/603 518 tonnes éq CO₂ ; R-404A-11,15 tm/14 318 tonnes éq CO₂ ; R-407A-0,55 tm/976 tonnes éq CO₂ ; et R-410A-179,70 tm/375 114 tonnes éq CO₂.

²⁸ Le projet de conversion tel qu'il a été présenté était basé sur la consommation de 2023, qui a été mise à jour par la suite pour certaines entreprises.

²⁹ Le financement de la conversion d'une entreprise qui avait déjà installé des équipements pour permettre la fabrication de réfrigérateurs domestiques à base de R-600a n'a pas été demandé, bien que l'entreprise ait également continué à fabriquer des réfrigérateurs domestiques à base de HFC-134a.

Entreprise	Année de création	Lignes de fabrication		Unités (2023)	Consommation (2023)		Secteurs pour lesquels une conversion est proposée dans le KIP ou couverts par une phase antérieure du PGEH
		HFC-134a	HC-600a		Tm	Tonnes eq CO ₂	
Kiriazzi	1986	6	1	244 238	38,82	55 518	Climatiseurs résidentiels KIP ; mousse polyuréthane PGEH phase I ; mousse polyuréthane PGEH phase II
Fresh	2012	6	0	1 751 000	158,50	226 655	Mousse de polyuréthane phase I du PGEH ; mousse de polyuréthane et climatiseurs résidentiels phase II du PGEH
El Araby	2001		3*	296 331	39,30	56 204	Mousse de polyuréthane KIP ; mousse de polyuréthane PGEH phase I ; climatiseurs résidentiels phase I du PGEH
Unionaire	2013	2	0	100 038	11,00	15 736	Climatiseurs résidentiels phase I du PGEH
Sous-total fabrication	s.o.	22	5	2 942 679	345,58	494 197	s.o.
PME							
Alradwan International	2008	1	0	33 000	3,24	4 633	Réfrigération commerciale KIP
Minlo	2005	1		120 000	4,74	6 774	
Akwarj	2014	1	0	29 000	3,00	4 290	
Mas Electric	2018	1	0	21 000	2,10	3 003	
Trust for Ind.	2017	1	0	21 100	4,31	6 158	Réfrigération commerciale KIP
Sous-total PME	s.o.	5	0	224 100	17,38	24 858	s.o.
TPE							
Tredco for Engineering Industries	1989	1	3	13 300	1,40	1 995	Mousse PU PGEH phase II
Eastern Engineering Enterprises	1996	1		10 000	0,90	1 287	
Elsaeedy Electrical Appliances	2018	1		10 000	0,34	486	
Tiba	2010	1		680	2,11	301	Climatiseurs résidentiels KIP ; climatiseurs commerciaux PGEH phase II
Sous-total TPE	s.o.	4	3	33 980	2,85	4 069	s.o.
Total secteur	s.o.	31	8	3 200 759	365,81	523 124	s.o.

* El Araby possède trois usines avec une ligne chacune produisant du HFC-134a et du R-600a sur la même ligne. Par conséquent, aucun financement n'a été demandé pour la conversion de l'entreprise.

81. Les CIS pour la conversion des fabricants nationaux de réfrigérants comprennent des équipements liés à l'hélium, des équipements liés au R-600a, une machine à souder à ultrasons, des équipements de sécurité et des adaptations/mises à niveau, des adaptations de la chaîne de montage et des pièces de rechange, ainsi que l'installation, le développement et l'essai de prototypes, la formation, la certification en matière de sécurité et les imprévus. Le total des CIS pour les entreprises manufacturières de ce secteur s'élève à 6 999 685 \$US. Les détails des CIS calculés sont présentés dans le tableau 12.

Tableau 12. CIS pour le projet de conversion des fabricants dans le secteur des réfrigérants domestiques

Entreprise	Electrostar		Alaska		Kiriazi		Fresh		Unionaire	
Équipement	Qté	\$US	Qté	\$US	Qté	\$US	Qté	\$US	Qté	\$US
Système de détection des fuites d'hélium (unité de charge, détecteur et calibre, et unité de récupération)	3	215 550	1	71 850	1	71 850	6	431 100	2	143 700
Système d'alimentation en R-600a (machine de chargement, pompe et détecteurs de fuites)	3	231 450	5	385 750	6	462 900	6	462 900	2	154 300
Machine à souder par ultrasons	3	90 000	5	150 000	6	180 000	6	180 000	2	60 000
Infrastructure de sécurité (ventilation ; contrôle de sécurité et surveillance des gaz ; revêtement de sol antistatique)	3	188 100	5	313 500	6	376 200	6	376 200	2	125 400
Adaptation de la ligne d'assemblage	3	27 000	5	45 000	6	54 000	6	54 000	2	18 000
Pièces de rechange	3	36 000	5	60 000	6	72 000	6	72 000	2	24 000
Sous-total équipement	s.o.	788 100	s.o.	1 026 100	s.o.	1 216 950	s.o.	1 576 200	s.o.	525 400
Installation, livraison, développement de prototypes, essais et formation	3	146 100	5	243 500	6	292 200	6	292 200	2	97 400
Audit de sécurité et certification	3	60 000	5	100 000	6	120 000	6	120 000	2	40 000
Provisions pour équipement (6,4 à 7,3 %)	s.o.	57 300	s.o.	66 760	s.o.	78 675	s.o.	114 600	s.o.	38 200
Total CIS	s.o.	1 051 500	s.o.	1 436 360	s.o.	1 707 825	s.o.	2 103 000	s.o.	701 000

82. Pour la réfrigération domestique, un COS de 5,75 \$US/kg a été utilisé conformément au seuil convenu dans la décision 95/86 a). Le tableau 13 présente les COS, le coût total du projet et le coût-efficacité proposés pour les fabricants d'appareils de réfrigération domestique.

Tableau 13. COS, CIS, financement demandé et coût-efficacité pour les fabricants dans le domaine de la réfrigération domestique

Entreprise	Nombre de lignes	Consommation (2023)		Financement demandé			CE	
		Kg	Tonnes eq CO ₂	COS (\$US)	ICC (\$US)	Total (\$US)	\$US/kg	\$US/ tonne eq CO ₂
Electrostar	3	48 961	70 014	281 526	1 051 500	1 333 026	27,23	19,04
Alaska	5	49 000	70 070	281 750	1 436 360	1 718 110	35,06	24,52
Kiriazi	6	38 824	55 518	223 238	1 707 825	1 931 063	49,74	34,78
Fresh	6	158 500	226 655	911 375	2 103 000	3 014 375	19,02	13,30
Unionaire	2	11 004	15 736	63 273	701 000	764 273	69,45	48,57
El Araby*	3	39 304	56 204	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Total	25	345 584	494 197	1 761 162	6 999 685	8 760 847	25,35	17,73

* L'équipement de base comprend déjà des équipements fonctionnant au R-600a et l'entreprise fabrique déjà quelques appareils de réfrigération domestiques fonctionnant au R-600a.

83. Le financement total estimé nécessaire pour la conversion des cinq PME du secteur de la fabrication

d'appareils de réfrigération domestique est de 2 476 020 \$US ; cependant, sur la base de la décision 95/86 d) i), le montant demandé de 315 732 \$US a été calculé à 18,16 \$US/kg (32 % au-dessus du seuil de rentabilité de 13,76 \$US pour les fabricants d'appareils de réfrigération domestique pour les PME dont la consommation de HFC est inférieure ou égale à 15 tonnes métriques), et la rentabilité en termes de tonnes éq CO₂ est de 12,70 \$US/tonne éq CO₂ par projet. Le détail des coûts calculés et des montants demandés est présenté dans le tableau 14.

Tableau 14. Coûts calculés, financement demandé et coût-efficacité pour les PME du secteur de la réfrigération domestique dont la consommation est inférieure à 15 tm

Entreprise	Nombre de lignes	Consommation (2023)		Coûts calculés			Financement demandé (\$US)
		Kg	Tonnes éq CO ₂	CIS (\$US)	COS (\$US)	Total (\$US)	
Alradwan International	1	3 240	4 633	350 500	106 590	457 090	58 849
Minlo	1	4 737	6 774	350 500	387 600	738 100	86 039
Akwarj	1	3 000	4 290	350 500	93 670	444 170	54 490
Mas Electric	1	2 100	3 003	350 500	67 830	418 330	38 143
Trust for Ind.	1	4 306	6 158	350 500	67 830	418 330	78 211
Total	5	17 383	24 858	1 752 500	723 520	2 476 020	315 732

84. Les quatre très petites entreprises ont une consommation inférieure à 1,5 tm et le financement demandé pour celles-ci a été calculé sur la base d'un rapport coût-efficacité de 34,40 \$US/kg (conformément à la décision 95/86 e) selon laquelle les entreprises dont la consommation est inférieure à 1,5 tm peuvent recevoir un financement pouvant atteindre 2,5 fois le seuil de coût-efficacité convenu pour les fabricants); toutefois, un minimum de 30 000 \$US par entreprise est demandé. Le tableau 15 présente le détail des coûts calculés et des montants demandés.

Tableau 15. Financement demandé et coût-efficacité pour les TPE dans la réfrigération domestique avec une consommation inférieure à 1,5 tm

Entreprise	Nombre de lignes	Consommation 2023		COS demandé CE 34,40 \$US/kg et minimum de 30 000 \$US	CE	
		Kg	Tonnes éq CO ₂		\$US/kg	\$US/tonne éq CO ₂
Tredco	1	1 395	1 995	47 988	34,40	24,05
Eastern Engineering Enterprises	1	900	1 287	30 960	34,40	24,06
Elsaeedy Electrical Appliances	1	340	486	30 000	88,24	61,73
Tiba	1	211	301	30 000	142,31	99,67
Total	4	2 846	4 069	138 948	48,82	34,15

II. Secteur de la fabrication d'équipements de réfrigération commerciale

85. Conformément à la demande présentée, une entreprise, Miraco, est considérée comme un fabricant et éliminerait progressivement un total de 21,50 tm (30 745 tonnes éq CO₂) de HFC-134a et 8,50 tm (3 922 tonnes éq CO₂) de R-404A dans une chaîne de fabrication. Six PME élimineraient progressivement 33,10 tm (47 336 tonnes éq CO₂) de HFC-134a sur neuf lignes de fabrication, et 2,36 tm (9 255 tonnes éq CO₂) de R-404A sur une ligne de fabrication, tandis que quatre microentreprises élimineraient progressivement 1,62 tm (2 313 tonnes éq CO₂) de HFC-134a, 0,29 tm (1 141 tonnes éq CO₂) de R-404A et 0,55 tm (976 tonnes éq CO₂) de R-407A sur quatre lignes de fabrication. Toutes les entreprises passeraient au R-290 ou à un mélange de HFO tel que le R-452B et élimineraient au total 67,92 tm (95 688 tonnes éq CO₂) dans 14 lignes de fabrication, comme le montre le tableau 16 ci-dessous.

Tableau 16. Entreprises dans le secteur de la réfrigération commerciale, unités fabriquées, lignes de fabrication et consommation en 2023

Entreprise	Année d'établissement	HFC(s)	Nombre de lignes	Unités (2023)	Consommation (2023)		Secteurs proposés pour la conversion dans le cadre du KIP ou couverts par la phase précédente du PGEH
					Tm	Tonnes éq CO ₂	
Fabricant							
Miraco*	1995	HFC-134a	1	4 300	21,50	30 745	Climatiseurs résidentiels et commerciaux au titre de la phase II du PGEH
		R-404A		1 700	8,50	3 922	
Sous-total fabricant	s.o.	s.o.	1	6 000	30,00	34 667	s.o.
PME							
Alradwan International	2008	HFC-134a	1	65 000	13,00	18 590	Réfrigération domestique KIP
Trust for Ind.	2017	HFC-134a	1	14 650	4,33	6 188	Réfrigération domestique KIP
Everest Egypt Industrial**	2003	HFC-134a	1	35 349	9,50	13 587	Mousse PU PGEH phase II
ICEBERG	2019	HFC-134a	1	2 500	1,07	1 530	
		R-404A		1 385	2,36	9 255	
Egyptian Gulf Co,	2006	HFC-134a	2	7 890	2,68	3 837	
Makka for refrigerators	2006	HFC-134a	3	21 000	2,52	3 604	
Sous-total PME	s.o.	s.o.	9	147 774	35,46	56 591	s.o.
TPE							
Ratomag	1975	HFC-134a	1	169	0,18	255	
		R-404A		40	0,04	165	
DRIC	1988	HFC-134a	1	3 333	1,00	1 430	
		R-407A		28	0,55	976	
MOG	1961	HFC-134a	1	1 070	0,30	428	Mousse PU PGEH phase I
		R-404A		830	0,25	976	
Masria	1985	HFC-134a	1	1 550	0,14	200	
Sous-total TPE	s.o.	s.o.	4	7 020	2,46	4 430	s.o.
Total	s.o.	s.o.	14	160 795	67,92	95 688	s.o.

*Selon les informations fournies, Miraco consommait 30 tm de HFC. Cette consommation a ensuite été révisée à un total de 7 tm et à la fabrication de 6 000 unités en 2023, avec une consommation moyenne en 2020-2022 de 5,5 tm et une production moyenne de 5 533 unités.

** Everest Egypt Industrial fabrique également des refroidisseurs de bouteilles à base de R-290 et est une entreprise détenue par les Émirats arabes unis.

86. Les CIS pour la conversion d'un fabricant au R-290 sont similaires à ceux du secteur de la réfrigération domestique décrits au paragraphe 78 ci-dessus, mais avec des équipements liés au R-290. Le total des CIS pour l'entreprise de fabrication dans ce secteur s'élève à 350 500 \$US. Les détails des CIS calculés sont présentés dans le tableau 17.

Tableau 17. CIS pour un projet de conversion d'un fabricant dans le secteur de la réfrigération commerciale

Entreprise	Miraco	
Détails	Quantité	\$US
Système de détection des fuites d'hélium	1	71 850
Système d'alimentation, machines de chargement et détecteurs de fuites liés au R-290	1	77 150
Machine de soudage par ultrasons (30 000 \$US)	1	30 000

Entreprise	Miraco	
Détails	Quantité	\$US
Infrastructure liée à la sécurité	1	62 700
Adaptation de la chaîne de montage	1	9 000
Pièces de rechange	1	12 000
Sous-total	s.o.	262 700
Installation, livraison, développement de prototypes, essais et formation	1	48 700
Audit de sécurité et certification	1	20 000
Imprévus liés à l'équipement (6,4 à 7,3 %)		19 100
Total CIS	s.o.	350 500

87. Pour le fabricant d'équipements de réfrigération commerciale, le coût des mesures d'adaptation initiales a été calculé à 3,00 \$US/kg. Le tableau 18 présente le coût des mesures d'adaptation initiales, le coût total du projet et le rapport coût-efficacité proposés pour le fabricant d'équipements de réfrigération commerciale.

Tableau 18. COS, CIS, financement demandé et coût-efficacité pour les fabricants d'équipements de réfrigération commerciale

Entreprise	Nombre de lignes	Consommation (2023)		Financement demandé			CE	
		Kg	Tonnes éq CO ₂	COS (\$US)	CIS (\$US)	Total (\$US)	\$US/kg	\$US/tonne éq CO ₂
Miraco	1	30 000	34 667	90 000	350 500	440 500	14,68	12,71

88. Le financement total calculé pour la conversion des six PME du secteur de la fabrication d'équipements de réfrigération commerciale s'élève à 2 197 263 \$US, sans calcul des CIS pour l'entreprise Trust for Ind. et avec des COS calculés séparément pour la conversion du HFC-134a et du R-404A pour ICEBERG. Toutefois, sur la base de la décision 95/86(d)(i), le montant demandé a été calculé à 21,78 \$US/kg (32 % au-dessus du seuil de CE de 16,50 \$US pour les fabricants dans le secteur de la réfrigération commerciale pour les PME dont la consommation de HFC est inférieure ou égale à 15 tonnes métriques), et le CE en tonnes éq CO₂ est de 15. 23 \$US/tonne éq CO₂ pour chaque entreprise qui doit convertir uniquement le HFC-134a et de 6,93 \$US/tonne éq CO₂ pour ICEBERG pour la conversion du HFC-134a et du R-404A. Le détail des coûts calculés et des montants demandés est présenté dans le tableau 19.

Tableau 19. Coûts calculés, financement demandé et coût-efficacité pour les PME dans le secteur de la réfrigération commerciale avec une consommation inférieure à 15 tm

Entreprise	Nombre de lignes	Consommation (2023)		Coûts calculés			Financement demandé (\$US)
		Kg	Tonnes éq CO ₂	CIS (\$US)	COS (\$US)	Total (\$US)	
Alradwan International	1	13 000	18 590	350 500	227 500	578 000	283 140
Trust for Ind.	1	4 328	6 188	0	51 275	51 275	94 264
Everest Egypt industrial	1	9 502	13 587	350 500	51 275	401 775	206 954
ICEBERG	1	3 430	10 785	350 500	13 598*	364 098	74 705
Egyptian Gulf Co.	2	2 683	3 837	350 500	27 615	378 115	58 436
Makka for refrigerators	3	2 520	3 604	350 500	73 500	424 000	54 886
Total	5	35 463	56 591	1 752 500	444 763	2 197 263	772 385

* Les COS calculés étaient de 8 750 \$US pour le HFC-134a et de 4 848 \$US pour le R-404A.

89. Les quatre très petites entreprises ont une consommation inférieure à 1,5 tm, et le financement demandé pour celles-ci a été calculé sur la base d'un rapport coût-efficacité de 41,25 \$US/kg (conformément à la décision 95/86(e), qui prévoit que les entreprises dont la consommation est inférieure à 1,5 tonne métrique peuvent recevoir un financement maximal de 2,5 fois le seuil de coût de l'équipement spécifié pour les fabricants) ou de 30 000 \$US, le montant le plus faible étant retenu. Les détails des coûts calculés et des montants demandés sont présentés dans le tableau 20.

Tableau 20. Financement demandé et coût-efficacité pour les TPE dans le secteur de la réfrigération commerciale avec une consommation inférieure à 1,5 tm

Entreprise	Nom bre de lignes	Consommation 2023		Financement demandé (\$US)	CE	
		Kg	Tonnes éq CO ₂		\$US/kg	\$US/tonne eq CO ₂
Ratomag	1	220	420	30 000	136,26	71,43
DRIC	1	1 550	2 406	63 938	41,25	26,57
MOG	1	549	1 404	30 000	54,64	21,37
Masria	1	140	200	30 000	214,29	150,00
Total	4	2 459	4 430	153 938	62,60	34,75

III. Secteur de la fabrication de systèmes de climatisation résidentiels

90. Quatre fabricants du secteur des climatiseurs résidentiels élimineraient progressivement 169,25 tm (353 320 tonnes éq CO₂)³⁰ de R-410A grâce à la conversion de six chaînes de fabrication, une PME éliminerait progressivement 9,95 tm (20 779 tonnes éq CO₂) et une TPE éliminerait progressivement 0,49 tm (1 015 tonnes éq CO₂) de R-410A dans une chaîne de fabrication chacune. Toutes les entreprises passeraient au HFC-32, éliminant progressivement un total de 179,70 tm (375 114 tonnes éq CO₂) de R-410A dans huit chaînes de fabrication de climatiseurs résidentiels. Le tableau 21 ci-dessous donne un aperçu des entreprises de ce secteur.

Tableau 21. Entreprises dans le secteur des climatiseurs résidentiels, unités fabriquées, lignes de fabrication et consommation en 2023

Enterprise	Année de création	Nombre de lignes	Unités fabriquées (2023)	Consommation 2023	
				Tm	Tonnes éq CO ₂
Fabricant					
Kiriazzi*	2017	1	39 440	41,40	86 431
Raya Electric	2019	1	30 738	27,66	57 749
Free Air	2016	3	62 650	64,55	134 754
Tiba**	2010	1	24 697	35,63	74 386
<i>Sous-total fabrication</i>	<i>s.o.</i>	<i>6</i>	<i>157 525</i>	<i>169,25</i>	<i>353 320</i>
SME					
Elteriak	2018	1	10 000	9,95	20 779
Sous-total PME	s.o.	1	10 000	9,95	20 779
TPE					
Helwan Industries	?	1	400	0,49	1 015
Subtotal VSE	s.o.	1	400	0,49	1 015
Total	s.o.	8	167 925	179,70	375 114

* Secteurs visés par la conversion proposée dans le cadre du KIP ou couverts par la phase précédente du PGEH : Réfrigération domestique KIP et mousse de polyuréthane PGEH phase II

** Pour Tiba, en raison d'une réduction du volume en 2023, qui n'est pas observée par les autres fabricants, la consommation et la fabrication des années de référence ont été utilisées à la place des données de 2023.

91. Les CIS pour la conversion des fabricants de climatiseurs résidentiels comprennent les équipements liés à la charge et à la récupération, les équipements de détection des fuites, une machine à souder par ultrasons, les équipements liés à la sécurité, les adaptations des chaînes de montage et les pièces de rechange, dont la quantité est basée sur le nombre de chaînes de fabrication. En outre, les CIS comprennent l'installation, la livraison, la formation, les consultants, la certification de sécurité et les imprévus. Le total des CIS pour les entreprises de fabrication de ce secteur s'élève à 2 489 800 \$US. Le détail des CIS calculés est présenté dans le tableau 22.

³⁰ Projet de conversion tel que soumis, basé sur la consommation prévue pour 2023.

Tableau 22. CIS pour les projets de conversion des fabricants dans le secteur des climatiseurs résidentiels

Entreprise	Kiriazzi	Raya Electric	Free Air	Tiba
Nombre de lignes	1	1	3	1
Charge et récupération : machine de charge, pompes d'alimentation en réfrigérant et machine de récupération	92 000	92 000	276 000	92 000
Détection des fuites : détecteur de fuites industriel, y compris étalonnage, et détecteur de fuites portable pour HC	17 000	17 000	51 000	17 000
Machine de soudage par ultrasons	30 000	30 000	90 000	30 000
Sécurité : ventilation ; système de contrôle de sécurité et de surveillance des gaz pour la zone de charge ; sol antistatique dans la zone de charge ; ventilation de la zone de stockage ; sol antistatique dans la zone de stockage	93 700	93 700	255 100	93 700
Adaptation de la chaîne de montage et zone d'essai de fonctionnement	89 000	89 000	267 000	89 000
Pièces de rechange	20 000	20 000	60 000	20 000
Sous-total	341 700	341 700	999 100	341 700
Installation, livraison, formation et consultants	33 700	33 700	101 100	33 700
Certification de sécurité	20 000	20 000	60 000	20 000
Imprévus liés à l'équipement (7,0 à 7,2 %)	23 900	23 900	71 700	23 900
Total CIS	419 300	419 300	1 231 900	419 300

92. Pour les COS destinés aux climatiseurs résidentiels, sur la base d'un coût de fabrication de 6,5 \$US par unité plutôt que sur la base de la consommation de réfrigérant de 7,60 \$US par kg conformément à la décision 95/86(a). Cette demande est motivée par le fait que la fabrication dans ce secteur est plus pertinente pour le nombre de lignes, qui doivent toutes être converties pour garantir le succès de la transition vers des produits ne contenant pas de R-410A. Le tableau 23 présente les COS ainsi que le coût total du projet et le rapport coût-efficacité proposés pour les fabricants de climatiseurs résidentiels.

Tableau 23. COS, CIS, financement demandé et coût-efficacité pour les fabricants de climatiseurs résidentiels

Entreprise	Nombre de lignes	Unités fabriquées (2023)	Consommation (2023)		Financement demandé			CE	
			Kg	Tonnes eq CO ₂	COS (\$US)	CIS (\$US)	Total (\$US)	\$US/kg	\$US/tonne eq CO ₂
Kiriazzi	1	39 440	41 404	86 431	256 360	419 300	675 660	16,32	7,82
Raya Electric	1	30 738	27 664	57 749	199 797	419 300	619 097	22,38	10,72
Free Air	3	62 650	64 553	134 754	407 225	1 231 900	1 639 125	25,39	12,16
Tiba	1	24 697*	31 321	65 383	160 531	419 300	579 831	16,27	7,79
Total	6	157 525	169 255	353 320	1 023 913	2 489 800	3 513 713	20,76	9,94

* Pour Tiba, la moyenne de la production manufacturière de 2020 à 2021, indiquée dans ce tableau, a été utilisée dans le calcul. Les COS des entreprises ont été calculés à partir de la production manufacturière de 2023.

93. Le financement demandé pour convertir une PME du secteur de la fabrication de climatiseurs résidentiels s'élève à 178 694 \$US, sur la base d'un seuil de coût-efficacité de 17,95 \$US/kg (32 % au-dessus du seuil de coût-efficacité de 13,60 \$US, conformément à la décision 95/86(d)(i)). Le montant demandé a été calculé comme indiqué dans le tableau 24.

Tableau 24. Coûts calculés, financement demandé et coût-efficacité pour les PME dans le secteur des climatiseurs résidentiels consommant moins de 15 tm

Entreprise	Nombre de lignes	Consommation 2023		Coûts calculés			Financement demandé (\$US)
		Kg	Tonnes éq CO ₂	CIS (\$US)	COS (\$US)	Total (\$US)	
Elteriak	1	9 954	20 779	419 300	65 000	484 300	178 694
Total	1	9 954	20 779	419 300	65 000	484 300	178 694

94. Le financement total calculé pour la conversion d'une TPE dans le secteur de la fabrication de climatiseurs résidentiels s'élève à 30 000 \$US, sur la base d'un rapport coût-efficacité de 34,00 \$US/kg (conformément à la décision 95/86(e), selon laquelle les entreprises dont la consommation est inférieure à 1,5 tonne métrique pourraient bénéficier d'un financement pouvant atteindre 2,5 fois le seuil de coût-efficacité convenu pour les fabricants) et en utilisant un minimum de 30 000 \$US. Les détails des coûts calculés et des montants demandés sont présentés dans le tableau 25.

Tableau 25. Coûts calculés, financement demandé et coût-efficacité des TPE pour les climatiseurs résidentiels consommant 1,5 tm ou moins

Entreprise	Nombre de lignes	Unités fabriquées (2023)	Consommation 2023		COS requis 34,00\$US /kg and min of 30 000\$US	CE	
			Kg	Tonnes éq CO ₂		\$US/kg	\$US/tonne éq CO ₂
Helwan Industries	1	400	486	1 015	30 000	61,73	29,57
Total	1	400	486	1 015	30 000	61,73	29,57

Activités non liées à l'investissement dans les secteurs des services et autres

95. Les activités non liées à l'investissement dans les secteurs des services, des MDI et de la lutte contre l'incendie sont proposées pour la phase I et la première tranche, et leur ventilation par coût est présentée dans le tableau 26.

Tableau 26. Activités non liées à l'investissement dans les secteurs des services, des MDI et de la lutte contre l'incendie et leurs coûts au cours de la phase I et de la première tranche du KIP pour l'Égypte, tel que présenté

Composante	Activité	Agence	Coût (\$US)	
			Phase	Première tranche
1. Cadre réglementaire et mécanisme de contrôle	Renforcement des politiques et du cadre réglementaire relatifs aux HFC : - Examen et mise à jour du cadre politique et réglementaire pour la réduction progressive des HFC ; - Mise à jour des normes de compétence professionnelle, élaboration/mise à jour des normes de sécurité pour les réfrigérants naturels et autres codes et normes ; - Réunions/ateliers/activités de diffusion avec les parties prenantes sur les ajustements réglementaires ; - Formation des institutions gouvernementales concernées sur les mesures juridiques et réglementaires ; - Élaboration d'un modèle d'économie circulaire pour le secteur des équipements de réfrigération et de climatisation ; - Étude de l'impact économique des mesures de subvention ou fiscales dans le secteur des équipements de réfrigération et de climatisation résidentiels ; et - Création d'un registre des utilisateurs finaux de taille moyenne et grande et d'un processus de mise à jour de ce registre.	PNUD	250 000	125 000

Composante	Activité	Agence	Coût (\$US)	
			Phase	Première tranche
	Programme de formation sur les politiques et réglementations actualisées en matière de contrôle des HFC : • Six formations destinées aux agents des douanes et des services de contrôle aux frontières ; trois sessions de formation destinées aux importateurs ; conception/mise à jour de supports de formation, notamment un manuel sur le contrôle aux frontières ; • Développement d'une application destinée à aider les agents des douanes à contrôler et à faire respecter la réglementation, et d'un programme de formation électronique ; • Achat de 10 identifiants de réfrigérants et d'un nouveau chromatographe en phase gazeuse pour le laboratoire central des douanes ; et • Examen et mise à jour des procédures relatives au système d'octroi de licences et de quotas, y compris la comptabilisation du contrôle des quotas en tonnes éq CO₂.		322 000	88 700
	Programme pour l'égalité des sexes : • Recrutement d'un spécialiste et étude sur l'égalité des sexes dans le secteur des équipements de réfrigération et de climatisation, y compris l'identification des obstacles et des domaines d'action prioritaires, et élaboration d'un plan d'action pour l'égalité des sexes ; et • Activités promotionnelles visant à encourager la participation des femmes à la mise en œuvre, notamment six ateliers réunissant chacun 50 à 80 parties prenantes et l'élaboration de supports promotionnels.		156 000	78 000
<i>Sous-total cadre réglementaire et mécanisme de contrôle</i>		<i>PNUD</i>	<i>728 000</i>	<i>291 700</i>
2. Renforcement des capacités des techniciens	Examen et mise à jour des normes, des lignes directrices et du programme d'études réfrigération et climatisation : • Examen/mise à jour des codes de bonnes pratiques couvrant tous les secteurs et les nouvelles technologies ; • Élaboration d'une norme et de lignes directrices pour l'entretien des systèmes de climatisation mobile et traduction des documents à diffuser ; • Organisation de campagnes de sensibilisation et d'ateliers à l'intention des parties prenantes, notamment le personnel des établissements de formation, les associations nationales, les formateurs, les régulateurs et les exploitants de centres de recyclage ; et • Mise à jour du programme de formation sur la climatisation mobile afin de garantir sa conformité avec les normes adoptées au niveau national.	ONUDI	80 000	80 000
	Extension de la certification des techniciens au secteur de la climatisation mobile : • Création d'un comité composé d'experts techniques et d'acteurs nationaux afin de préparer une nouvelle certification basée sur le programme actualisé de formation en climatisation mobile ; • Création d'une base de données des techniciens de climatisation mobile susceptibles d'être certifiés ; • Organisation de 23 ateliers de sensibilisation à travers le pays afin de promouvoir la certification en climatisation mobile ; et • Formation de 100 évaluateurs pour la certification en		250 000	95 000

Composante	Activité	Agence	Coût (\$US)	
			Phase	Première tranche
	climatisation mobile.			
	Mise à disposition d'outils pour 900 ateliers de réfrigération et de climatisation mobiles : ³¹ • Enquête visant à identifier les ateliers et les besoins de la climatisation mobile et de la climatisation, ainsi qu'achat et livraison d'équipements		2 295 000	510 000
	Création de cinq centres de formation pour la climatisation mobile et créer/mettre à niveau cinq équipements de réfrigération et de climatisation pour cinq régions ³² • Étude et consultation des fabricants de climatisations mobiles pour identifier les centres et les besoins ; • Acquisition d'outils et engagement d'un expert en sécurité ; et • Liaison des centres établis à d'autres activités de sensibilisation.		1 000 000	418 000
	Formation et test de 1 000 techniciens en réfrigération et de 1 000 techniciens en climatisation mobile : • Sessions de formation de trois jours par l'intermédiaire de centres d'excellence et d'instituts de formation sur les bonnes pratiques, les compétences en matière de brasage et l'utilisation en toute sécurité de réfrigérants inflammables, ainsi que sur la préparation aux tests de certification.		400 000	160 000
	Entretien des équipements de réfrigération et de climatisation mobile de grandes marques et formation de 1 250 techniciens : • Formation approfondie au diagnostic et au dépannage, à l'utilisation d'outils et de techniques appropriés, à la sécurité et aux normes industrielles.		250 000	10 000
<i>Sous-total renforcement des capacités des techniciens</i>		ONUDI	4 275 000	1 363 000
3. Sensibilisation et communication	Campagnes dans différents secteurs (MDI, climatisation mobile, RAC) pour sensibiliser à la réfrigération et à la climatisation durable : • Production de matériel de sensibilisation, tables rondes semestrielles, quatre ateliers cibles et engagement en ligne.	ONUDI	400 000	160 000
	Campagnes de promotion des activités dans secteurs de la mousse et de sensibilisation aux changements réglementaires : • Production du matériel de sensibilisation, ateliers ciblés et utilisation multimédias.	PNUD	180 000	65 000
<i>Sous-total sensibilisation et communication</i>		ONUDI	400 000	160 000
		PNUD	180 000	65 000
4. Projets sectoriels (a) climatiseurs résidentiels	Projet de démonstration d'une pompe à chaleur au R-290 dans un climatiseur résidentiel : • Conception d'un projet/processus de sélection des bénéficiaires ; • Lancement d'une mesure incitative pour encourager les	ONUDI	140 000	15 000

³¹ Y compris la fourniture d'équipements et d'outils tels qu'une unité de récupération des HFC, divers tuyaux, un filtre, des bouteilles de réfrigérant, une balance électronique, une pompe à vide, un détecteur de fuites électronique, un jeu de tournevis, des outils d'évasement et de rétreint, un jeu de clés Allen, un coupe-tube.

³² Y compris des modules de formation didactique (trois par centre), des unités de récupération, des pompes à vide, des identificateurs de réfrigérants, des jeux de bagues de blocage, des détecteurs de fuites, des jauges de collecteurs à quatre vannes et des outils d'entretien. Les autres dépenses couvrent l'évaluation de la sécurité et les améliorations/préparations en matière de sécurité (par exemple, système d'alarme, système de ventilation forcée, détecteurs de fumée et de fuites et connexions électriques antidéflagrantes).

Composante	Activité	Agence	Coût (\$US)	
			Phase	Première tranche
	entreprises à proposer jusqu'à 200 unités aux consommateurs ; • Fourniture d'une assistance technique pour l'installation et la maintenance préventive, et fourniture d'une unité fonctionnant au R-290 à chaque centre de formation ; et • Suivi et rapport sur les résultats du programme.			
	Projet de démonstration de deux technologies non équivalentes ³³ de refroidissement évaporatif direct-indirect (D-IEC) ³⁴ pour des applications résidentielles split : • Fabrication de prototypes d'unités D-IEC d'une capacité de 5 à 7,5 kW ; • Test dans un laboratoire accrédité pour l'efficacité énergétique et d'autres caractéristiques, ³⁵ et comparaison avec des unités split individuelles de même capacité ; • Analyse financière et préparation de documents comparant la valeur actuelle nette des unités prototypes à celle d'autres unités individuelles divisées ; et • Rapport final et diffusion des résultats, y compris ateliers et visites des installations.	ONUDI	125 000	45 000
	Projet de démonstration de trois systèmes d'eau glacée compacts non équivalent remplaçant des unités multi-split. • Fabrication de prototypes de systèmes d'eau réfrigérée d'une capacité de 10 à 17,5 kW ; • Essais dans un laboratoire accrédité pour vérifier l'efficacité énergétique et d'autres caractéristiques, et comparaison avec des unités multi-split de même capacité ; • Analyse financière et préparation de documents comparant la valeur actuelle nette des prototypes avec d'autres unités multi-split ; et • Rapport final et diffusion des résultats, y compris des ateliers et des visites des installations.	ONUDI	135 000	55 000
Projets sectoriels (b) Climatiseurs commerciaux	Projet de démonstration de la technologie non équivalente de refroidissement en eau profonde ³⁶ dans un climatiseur commercial : • Embauche d'un consultant pour déterminer la viabilité d'un système de refroidissement urbain utilisant la technologie de refroidissement en eau profonde dans deux nouveaux développements ; • Collecte de données à l'aide d'un véhicule télécommandé dans les couches profondes du golfe d'Aqaba ; • Identification d'un bénéficiaire pour le remplacement d'un refroidisseur d'une capacité proposée de 350 kW dans un	ONUDI	360,000	40,000

³³ Refroidissement par évaporation directe-indirecte : Le refroidissement par évaporation indirecte permet d'abord de pré-refroidir l'air sans ajouter d'humidité. L'air pré-refroidi subit ensuite un refroidissement par évaporation directe, ce qui réduit encore sa température. Cette combinaison permet de maximiser l'efficacité du refroidissement tout en contrôlant les niveaux d'humidité, ce qui la rend adaptée à un large éventail d'applications.

³⁴ Le terme de technologies de refroidissement « non équivalentes » (NIK) fait référence à tous les systèmes de remplacement autres que les systèmes de refroidissement par compression de vapeur.

³⁵ Les paramètres à tester sont l'efficacité énergétique, la capacité de réfrigération, la température intérieure de bulbe sec et la température extérieure de bulbe sec et de bulbe humide du système dans les conditions d'essai de l'Égypte.

³⁶ Les technologies de refroidissement en eaux profondes exploitent les températures naturellement froides des eaux profondes pour refroidir les bâtiments et les processus industriels. Cette méthode permet de réduire considérablement la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre par rapport aux systèmes de climatisation classiques.

Composante	Activité	Agence	Coût (\$US)	
			Phase	Première tranche
	hôtel équipé de la technologie de démonstration ; • Mesure des performances du refroidisseur existant pendant six mois et de la technologie de remplacement pendant six mois ; et • Rapport final et diffusion des résultats, y compris des ateliers, un voyage d'étude sur les installations existantes en Égypte et des visites des installations.			
4. Projets sectoriels (c) Secteurs de la climatisation mobile et des équipements de réfrigération et de climatisation	Voyage d'étude, évaluation de l'acceptation du marché local et des risques pour le secteur de la climatisation mobile, et voyage d'étude pour le secteur de la réfrigération et de la climatisation : • Visite d'étude dans les centres de recherche et de développement et les laboratoires travaillant sur les technologies de climatisation mobile à faible PRP, notamment le R-744 et le R-290, afin de permettre aux parties prenantes d'accéder à ces technologies en vue de leur adoption dans leurs installations de fabrication. • Enquête sur l'acceptation par le marché local des réfrigérants naturels dans le secteur de la climatisation mobile et une évaluation des risques pour compléter la tournée en suscitant l'intérêt de l'industrie de la climatisation mobile pour le passage direct aux réfrigérants naturels, ainsi que des ateliers pour diffuser les résultats ; et • Voyage d'étude pour observer les équipements de réfrigération et de climatisation à faible PRP utilisés, promouvoir leur adoption et les réglementations qui ont aidé les pays à rester en conformité avec les cibles de réduction progressive des HFC.	ONUDI	150 000	60 000
4. Projets sectoriels (d) Secteur des MDI	Voyage d'étude pour le secteur MDI et projet de recherche : • Visite d'étude dans des centres de recherche-développement et des laboratoires spécialisés dans les technologies de propulsion à faible PRP, y compris HFO-1234ze(E) et R-290, afin de permettre aux parties prenantes d'accéder aux innovations de pointe susceptibles d'être intégrées dans la fabrication de MDI ; et • Construction d'un prototype basé sur ces technologies et essais sur le terrain, réalisation d'une étude de faisabilité commerciale couvrant les obstacles à l'introduction et les avantages pour l'environnement, et organisation d'un atelier pour diffuser les résultats.	ONUDI	160 000	60 000
4. Projets sectoriels (e) secteur de la lutte contre l'incendie	Assistance technique et suivi de l'utilisation des HFC comme agents extincteurs : • Inventaire des entreprises qui importent, vendent, utilisent, installent et rechargent des équipements de lutte contre les incendies et des systèmes d'inondation à base de HFC ; • Promotion et développement/impression d'une brochure sur les meilleures pratiques en matière d'entretien et de recharge des extincteurs portables ; • Coordination d'un groupe de travail chargé de développer les capacités techniques en matière de codes douaniers afin de contrôler le commerce des bouteilles utilisées dans le secteur de la lutte contre les incendies ; • Organisation de deux voyages d'étude pour les représentants de l'industrie dans des organisations qui ont de l'expérience dans le domaine des extincteurs sans HFC ;	PNUD	520 000	162 000

Composante	Activité	Agence	Coût (\$US)	
			Phase	Première tranche
	• Démonstration d'applications et d'évaluations du temps de réaction et de la réduction des dommages ; • Création d'un centre de formation et d'examen compatible avec les normes internationales en matière de protection contre l'incendie et de manipulation sûre des gaz fluorés et de leur récupération, qui peut être accrédité par un établissement de qualification professionnelle ; et • Élaboration de matériel d'information pour les applicateurs et les utilisateurs.			
4. Projets sectoriels (f) secteur des transports réfrigérés	Assistance technique au sous-secteur du transport réfrigéré : • Identification de tous les acteurs du sous-secteur, des technologies et des applications (camions porte-conteneurs, petits camions, réfrigérants ou réfrigérants marins), des tendances en matière d'utilisation de la consommation et de l'état de préparation aux technologies de remplacement, ainsi qu'une évaluation des capacités de service après-vente ; • Ateliers pour les PME et les installateurs sur les nouvelles technologies, la réduction des fuites par la conception et les outils appropriés ; • Assistance technique fournie au moyen de visites individuelles organisées avec les parties prenantes.	ONUDI	255 000	102 000
<i>Sous-total des projets sectoriels</i>		ONUDI	1 325 000	377 000
		PNUD	520 000	162 000
Total des activités du secteur de l'entretien*			7 428 000	2 418 700
Sous-total pour l'ONUDI			6 000 000	1 900 000
Sous-total pour le PNUD			1 428 000	518 700

* A l'exclusion du suivi des projets discuté au paragraphe 96 et présenté dans le tableau 27 ci-dessous.

Mise en œuvre, coordination et suivi des projets

96. Les activités de suivi et de mise en œuvre du projet seront menées par l'UNO, qui sera chargée de la collecte des données, du suivi et de l'établissement des rapports, tandis que l'unité de gestion du projet (UGP) sera responsable de la mise en œuvre du projet et de l'appui à l'UNO. Le PNUD assurera la coordination avec l'UNO et l'UMA pour les projets d'investissement dans le secteur des mousses et les activités non liées à l'investissement, tandis que l'ONUDI coordonnera le suivi et la mise en œuvre des projets d'investissement dans les secteurs de la réfrigération et de la climatisation et les activités non liées à l'investissement, comme indiqué dans le tableau 26 ci-dessus. Le coût du suivi et de la mise en œuvre des activités d'investissement et des activités non liées à l'investissement est présenté dans le tableau 27 ci-dessous.

Coût total de la phase I du plan de mise en œuvre de l'Amendement de Kigali relatif aux HFC

97. Le budget total pour la phase I a été proposé à 27 866 395 \$US. Le coût des activités dans le secteur de l'entretien des équipements de réfrigération a été proposé à 7 428 000 \$US, conformément à la décision 92/37. Les composantes et le coût proposés pour la phase I du KIP sont résumés dans le tableau 27.

Tableau 27. Coût proposé des activités à mettre en œuvre dans la phase I du KIP pour l'Égypte (\$US)

Secteur	Substances	Élimination progressive		Financement demandé (\$US)	CE (\$US/kg)	Agence
		Tm	Tonnes éq CO ₂			
Mousse polyuréthane	HFC-365mfc/HFC-227ea, HFC-245fa, HFC-245fa dans des polyols prémélangés	131,95	138 905	1 560 431	11,83	PNUD
XPS	HFC-152	386,67	47 947	2 195 211	5,68	PNUD
<i>Sous-total du projet d'investissement dans les secteurs de la mousse</i>		<i>518,62</i>	<i>186 852</i>	<i>3 755 642</i>	<i>7,24</i>	<i>UNDP</i>
<i>Sous-total gestion du projet d'investissement dans la mousse</i>		<i>s.o.</i>	<i>s.o.</i>	<i>375 564</i>	<i>s.o.</i>	<i>UNDP</i>
Réfrigération domestique	HFC-134a	365,82	523 124	9 215 527	25,19	ONUDI
Réfrigération commerciale	HFC-134a, R-404A, R-407A	67,92	95 688	1 366 823	20,12	ONUDI
Climatiseurs résidentiels	R-410A	179,70	375 114	3 722 407	20,72	ONUDI
<i>Sous-total du projet d'investissement dans le secteur des équipements de réfrigération et de climatisation</i>		<i>613,44</i>	<i>993 926</i>	<i>14 304 757</i>	<i>23,32</i>	<i>UNIDO</i>
<i>Sous-total gestion de projet pour les équipements de réfrigération et de climatisation</i>		<i>s.o.</i>	<i>s.o.</i>	<i>1 430 476</i>	<i>s.o.</i>	<i>UNIDO</i>
Secteur de l'entretien	s.o.	1 456,47	3 068 017	6 000 000	5,10	ONUDI
				1 428 000		PNUD
Gestion de projets dans le secteur de l'entretien	s.o.	s.o.	s.o.	462 000	s.o.	ONUDI
				109 956		PNUD
Total général	s.o.	2 558,53	4 248 795	27 866 395	10,77	s.o.

Plan de mise en œuvre de la première tranche

98. La première tranche de financement de la phase I du KIP a été soumise pour un montant total de 17 392 844 \$US (dont 2 418 700 \$US pour les activités dans le secteur de l'entretien, comme indiqué dans le tableau 26 ci-dessus), à mettre en œuvre entre juin 2025 et décembre 2027. Des informations détaillées sur les activités à mettre en œuvre au titre de la première tranche, y compris les ajustements et le niveau des fonds convenus, sont présentées au paragraphe 145 ci-dessous et à l'annexe II du présent document.

OBSERVATIONS ET RECOMMANDATION DU SECRÉTARIAT**V. Observations**Stratégie globale

99. Conformément à la décision 92/44, le Gouvernement égyptien a exprimé sa ferme volonté d'appuyer la réduction de la consommation de HFC avant les dates cibles fixées dans le Protocole de Montréal³⁷.

100. En 2023, la Banque centrale d'Égypte a dévalué la livre égyptienne, ce qui a entraîné une perte d'environ 40 % de sa valeur par rapport au dollar américain, limitant ainsi les importations de HFC par rapport à la demande accrue du marché. En 2024, la consommation a augmenté de 16 % en tonnes éq CO₂, en partie grâce à la reprise qui a suivi la dévaluation monétaire de 2023. Malgré cette augmentation, la consommation en 2024 est restée inférieure de 10,7 % au niveau de référence du pays pour les HFC.

Admissibilité des HFC contenus dans les polyols prémélangés importés

³⁷ Conformément à la lettre du 22 janvier 2025 adressée par le ministère égyptien de l'Environnement à l'ONUDI.

101. L'Égypte est le premier pays à inclure dans son KIP un projet visant à éliminer progressivement l'utilisation des HFC purs et contenus dans les polyols prémélangés³⁸. Afin d'éliminer durablement la consommation des HFC purs, le pays doit également être en mesure de s'attaquer à l'utilisation des HFC contenus dans les polyols prémélangés. Le Comité exécutif examine, à la présente réunion au titre du point 10 c) de l'ordre du jour, une analyse supplémentaire de la question des HFC contenus dans les polyols prémélangés importés dans le secteur de la mousse de polyuréthane dans les pays visés à l'article 5 (décision 95/88 b)). Bien que le Comité exécutif n'ait pas encore décidé s'il financerait l'élimination progressive des HFC contenus dans les polyols prémélangés importés, le secrétariat a examiné le projet de fabrication de mousse de polyuréthane en Égypte conformément à l'approche proposée par le secrétariat dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/96/59. En particulier, les coûts admissibles ont été déterminés sur la base de la consommation de HFC vendus sur le marché intérieur pour être utilisés par les entreprises de mousse de polyuréthane de 2022 à 2024. Lors de ses discussions avec l'ONUDI et le PNUD, le secrétariat a souligné que sa recommandation concernant l'inclusion du projet de conversion de la fabrication de mousse de polyuréthane était subordonnée à une décision que le Comité exécutif pourrait prendre au titre du point 10 c) de l'ordre du jour.

102. Le secrétariat note que la proposition de phase I pour l'Égypte comprenait la quantité et le type de HFC importés dans les polyols prémélangés pour les années 2022 à 2024 ; la liste des 32 entreprises de mousse de polyuréthane établies avant le 1er janvier 2020 qui utilisaient des systèmes de polyols importés, y compris la quantité et le type de HFC qu'ils contiennent ; un plan pour l'élimination progressive complète de l'utilisation des HFC contenus dans les polyols prémélangés importés ; et l'engagement du pays à mettre en place, d'ici à la conversion de la dernière usine de fabrication de mousse à une technologie sans HFC, des réglementations ou des politiques interdisant l'importation et l'utilisation des HFC, purs ou contenus dans des polyols prémélangés, dans le secteur de la mousse de polyuréthane. En outre, le secrétariat note que la priorité accordée par le pays au secteur de la fabrication de mousse de polyuréthane est conforme à la décision 95/86 g) et que les entreprises participant au projet se convertiront exclusivement à des solutions de remplacement à faible PRP.

Cadre institutionnel, politique et réglementaire

Système de licences et de quotas relative aux HFC

103. Conformément à la décision 87/50g), l'ONUDI a confirmé que l'Égypte avait mis en place un système efficace et applicable d'octroi de licences et de quotas pour surveiller les importations et les exportations de HFC. Les quotas pour 2025 ont été fixés au niveau de référence, soit 19 290 350 tonnes eq CO₂. Les quotas sont attribués aux importateurs en fonction de leur consommation des années précédentes, 10 % du quota national étant réservé aux nouveaux importateurs.

Questions techniques et de coûts

Secteur de la fabrication de mousse de polyuréthane

104. En clarifiant la différence entre l'utilisation des HFC déclarée par les entreprises de fabrication de mousse de polyuréthane et celle indiquée dans le rapport du programme de pays, le PNUD a expliqué que les entreprises avaient peut-être inclus par inadvertance des retardateurs de flamme et d'autres additifs dans leur déclaration. En conséquence, il a été convenu d'évaluer le projet et les coûts à l'aide des données du rapport du programme de pays pour l'utilisation sectorielle, conformément aux décisions 34/18 et 41/16, et comme indiqué dans le tableau 28 ci-dessous.

³⁸ Auparavant, le Comité exécutif avait décidé que les projets visant l'élimination progressive des HFC contenus dans les polyols prémélangés importés dans le secteur de la mousse de polyuréthane seraient soumis à la décision du Comité quant au financement de l'élimination progressive des HFC contenus dans les polyols prémélangés importés.

Tableau 28. Consommation de HFC purs et contenus dans des polyols prémélangés importés dans le secteur de la fabrication de mousse de polyuréthane *

HFC	2020	2021	2022	2023	2024	Moyenne 2022-2024
HFC-227ea	4,55	4,94	5,20	5,16	0,00	3,45
HFC-245fa	22,53	67,62	115,61	64,00	116,50	98,70
HFC-365mfc	30,45	33,06	34,80	0,00	33,00	22,60
HFC-245fa dans les polyols prémélangés importés	21,42	23,78	31,86	27,37	29,00	29,41
HFC-365mfc dans un polyol pré-mélangé importé	0,00	0,00	0,00	0,00	21,00	7,00
Total secteur	78,95	129,40	187,47	96,53	199,50	161,17

* Comme indiqué dans les rapports du programme de pays

105. En ce qui concerne le projet de conversion de la ligne de fabrication de mousse de polyuréthane pour chauffe-eau à El Araby, le secrétariat a noté qu'en raison d'une erreur involontaire, les COS demandés avaient été calculés par kilogramme de système de mousse de polyuréthane plutôt que par kilogramme d'agent gonflant. La correction de ce calcul se traduit par des économies globales résultant de la mise en œuvre de la conversion, compte tenu du prix inférieur du cyclopentane (3 \$US/kg) par rapport à celui du mélange HFC-365mfc/HFC-227ea (12 \$US/kg). En outre, le secrétariat a noté que les deux machines à mousser à haute pression de l'entreprise pouvaient continuer à être utilisées avec du cyclopentane, mais qu'il faudrait les encapsuler pour garantir la sécurité.

106. Même si le passage du HFC-365mfc/HFC-227ea au cyclopentane permettrait de réaliser des économies à long terme, l'entreprise a jusqu'à présent choisi de ne pas le faire. Certains investissements sont nécessaires pour permettre à l'entreprise de passer au cyclopentane, un agent gonflant inflammable. Le secrétariat a donc estimé qu'il serait utile de fournir une assistance pour permettre la conversion en temps voulu de l'entreprise, ce qui permettrait au Gouvernement de mettre en œuvre, d'ici au 1er janvier 2028, une interdiction d'importation de HFC-365mfc et de HFC-245fa purs et contenus dans des polyols prémélangés importés. En conséquence, à titre exceptionnel et sans créer de précédent, il a été convenu de ne pas tenir compte des économies opérationnelles supplémentaires et le Secrétariat a recommandé d'accorder un montant total de 101 420 \$US pour permettre à l'entreprise de passer au cyclopentane, réparti comme suit : 10 000 \$US pour l'assistance technique, les essais et la mise en service, en notant que l'entreprise avait déjà reçu une assistance au titre du PGEH pour passer au cyclopentane dans sa fabrication de mousse de polyuréthane pour réfrigérateurs domestiques ; 30 200 \$US pour l'encapsulation des machines à mousser, un réservoir de stockage de cyclopentane et la tuyauterie ; 25 000 \$US pour la ventilation et un système de détection de gaz ; 17 000 \$US pour les adaptations électriques ; 10 000 \$US pour un audit de sécurité ; et une réserve pour imprévus de 10 % (9 220 \$US) sur ces coûts. La conversion d'El Araby, sur la base de la consommation moyenne pour 2022-2024, permettra l'élimination progressive de 22,60 tm de HFC-365mfc, 3,45 tm de HFC-227ea et 7,00 tm de HFC-365mfc contenus dans les polyols prémélangés importés.

107. En ce qui concerne le projet de conversion des 31 PME consommant du HFC-245fa pur et contenu dans des polyols prémélangés, le secrétariat a noté que le prix du HFC-245fa était de 10 \$US/kg, celui du HFO-1233zd de 17 \$US/kg et celui du formiate de méthyle de 6 \$US/kg. Si les PME passent au formiate de méthyle, il y aura des économies opérationnelles supplémentaires, tandis que si elles décident de passer au HFO-1233zd, il y aura des COS. Le secrétariat estime que les PME bénéficieraient d'une assistance pour leur permettre de passer à des solutions de remplacement à faible PRP. En conséquence, à titre exceptionnel et sans créer de précédent, et rappelant que les fabricants de systèmes éligibles en Égypte avaient déjà bénéficié d'une assistance au titre du PGEH pour leur permettre de fournir des systèmes à faible PRP aux utilisateurs en aval, il a été convenu que le secrétariat recommanderait :

- a) 124 000 \$US pour les centres de services informatiques afin d'aider 31 PME en aval, soit

1 000 \$US et 3 000 \$US par utilisateur en aval pour la gestion de projet et les essais, les tests et la formation, respectivement ; et

- b) 192 169 \$US pour les COS des PME, sur la base des importations moyennes de HFC-245fa pur et contenu dans des polyols prémélangés importés (128,11 tm) pour la période 2022-2024 et, à titre exceptionnel et sans créer de précédent, sur la base du prix du HFO-1233zd, tout en notant que pendant la mise en œuvre, les PME auront la possibilité de choisir l'agent gonflant à faible PRP le plus approprié à leur utilisation.

108. Sur cette base, le coût total convenu pour le passage au formiate de méthyle ou au HFO-1233zd dans les 31 PME s'élève à 316 169 \$US et permettra l'élimination progressive de 98,70 tm de HFC-245fa (101 663 tonnes éq CO₂) et de 29, 41 tm de HFC-245fa contenus dans des polyols prémélangés importés (30 292 tonnes éq CO₂). Le PNUD a confirmé qu'aucune des PME n'avait reçu d'assistance au titre du PGEH. Si, au cours de la mise en œuvre, une PME s'avérait ne pas être admissible, cela serait signalé au Comité exécutif conformément au paragraphe 7 c) du projet d'accord pour la phase I du KIP, et le financement associé à sa conversion serait restitué au Fonds multilatéral, conformément au paragraphe 7 d) du projet d'accord.

109. Afin d'assurer la durabilité de l'élimination progressive, le Gouvernement mettra en œuvre, d'ici au 1er janvier 2028, une interdiction de l'importation de HFC-245fa et de HFC-365mfc, purs et contenus dans des polyols prémélangés importés, et interdira l'utilisation des HFC dans la fabrication de mousse de polyuréthane. Le HFC-227ea, qui n'est pas un agent gonflant pour mousses et qui est ajouté au HFC-365mfc pour réduire l'inflammabilité, ne sera pas interdit car il continuera à être utilisé dans le secteur de la lutte contre les incendies.

Secteur de la fabrication de mousse XPS

110. Bien que le secteur de la fabrication de XPS ne contribue que faiblement à l'élimination progressive visée, son inclusion dans la phase I du KIP est conforme à la flexibilité accordée aux pays visés à l'article 5 dans la décision 95/86 g) et au paragraphe 13 de la décision XXVIII/2, qui précise que les pays visés à l'article 5 ont la possibilité de hiérarchiser les HFC, de définir les secteurs, de sélectionner les technologies et les solutions de remplacement, et d'élaborer et de mettre en œuvre leurs stratégies pour respecter les obligations convenues en matière de HFC, en fonction de leurs besoins et de leur situation nationale, selon une approche nationale.

111. Lors de l'examen de l'équipement de référence de chaque entreprise, le secrétariat a noté qu'il n'était pas nécessaire de moderniser l'extrudeuse d'Al Alamiya, car celle-ci était compatible avec le CO₂ et le diméthyléther (DME), et que l'extrudeuse d'Egypt Foam Co. datait de 2005 et approchait probablement la fin de sa durée de vie utile. Afin de mieux comprendre le coût de la mise à niveau de l'extrudeuse, le secrétariat a demandé un devis à un fournisseur de lignes de fabrication de mousse XPS. Le prix franco à bord d'une ligne de fabrication de mousse XPS entièrement nouvelle compatible avec le CO₂ et le DME est de 569 500 \$US, ce qui comprend un système d'alimentation et de mélange automatique, l'extrudeuse primaire avec échangeur à tamis hydraulique, le système de dosage de l'agent gonflant, l'extrudeuse secondaire à vis unique et le mélangeur statique, la filière à fente avec contrôleur de température, le calibreur de panneaux et le premier système de traction, le rack de refroidissement, la machine à découper, le deuxième système de traction, le système de découpe en longueur en ligne, le rouleau d'entraînement, la machine à pousser et à découper les bords horizontale et le système de contrôle; une filière à fente avec régulateur de température ; un calibreur de panneaux et un premier système de traction ; un rack de refroidissement, une machine de découpe ; un deuxième système de traction ; un système de découpe en longueur en ligne ; un rouleau d'entraînement ; une machine de poussée horizontale et de découpe des bords ; et un système de contrôle. Le prix de l'extrudeuse primaire, du système de dosage de l'agent gonflant et de l'extrudeuse secondaire à vis unique s'élève à 238 000 \$US. En outre, le secrétariat a noté que le HFC-

152a était inflammable et que les entreprises disposaient déjà d'un système d'échappement et de ventilation pour fonctionner en toute sécurité.

112. Compte tenu des ajustements susmentionnés concernant l'extrudeuse d'Al Alamiya et le système d'échappement et de ventilation de chaque entreprise, les coûts convenus dans la soumission initiale comprennent (par entreprise, un réservoir DME, une pompe à agent gonflant et la plomberie (165 000 \$US), un système de détection de gaz (30 000 \$US) et un audit de sécurité (15 000 \$US)), et 50 000 \$US par entreprise pour l'assistance technique et les essais, ainsi que, conformément à la décision 18/25, 50 % du financement demandé pour la mise à niveau de l'extrudeuse d'Egypt Foam Co. (soit 258 000 \$US) ; et 10 % de fonds de réserve, ce qui donne des CIS convenus de 286 000 \$US et 569 800 \$US pour Al Alamiya et Egypt Foam Co.

113. Le prix du HFC-152a (3,24 \$US/kg), du CO₂ (3,83 \$US/kg) et du DME (2,00 \$US/kg), ainsi que d'un mélange d'agents gonflants composé de 2/3 de CO₂ et 1/3 de DME, permet de réaliser des économies d'exploitation supplémentaires de 0,01 \$US/kg. Sur la base de la consommation prévue pour 2023, cela se traduit par des économies supplémentaires de 1 599 \$US et 1 182 \$US pour Al Alamiya et Egypt Foam Company, respectivement.

114. Les importations de HFC-152a pour la période 2020-2024 sont nettement supérieures à la consommation déclarée par les deux entreprises. Le PNUD a confirmé qu'il n'y avait pas d'autres entreprises de fabrication de mousse XPS consommant du HFC-152a dans le pays, ni d'utilisation du HFC-152a dans la fabrication du verre ou dans le secteur des aérosols. En conséquence, le Gouvernement interdirait l'importation de HFC-152a d'ici au 1er janvier 2028 afin de garantir la durabilité de la conversion.

115. Compte tenu de ce qui précède, et compte tenu des faibles économies d'exploitation, le coût différentiel total convenu pour la conversion d'Al Alamiya s'élève à 284 402 \$US pour l'élimination progressive de 115 tm de HFC-152a, et celui d'Egypt Foam Co. à 568 619 \$US pour l'élimination progressive de 85 tm de HFC-152a. Les importations de HFC-152a en 2023 s'élevaient à 227 tm. En conséquence, les 27 tm restantes de HFC-152a seraient déduites de la consommation restante du pays admissible au financement.

Secteur de la fabrication d'appareils de réfrigération domestique

116. En ce qui concerne les COS proposés pour les fabricants, le secrétariat a noté que le prix inférieur du R-600a (4,74 \$US/kg) par rapport à celui du HFC-134a (6,43 \$US/kg) indiqué par le pays, ainsi que la réduction de la charge de réfrigérant lors du passage du HFC-134a au R-600a, permettraient de réaliser des économies. En outre, selon des experts de l'industrie, la production mondiale de compresseurs à base de R-600a pour les réfrigérateurs domestiques dépasse celle des compresseurs à base de HFC-134a et le prix de ces compresseurs est généralement inférieur, bien qu'il puisse y avoir des variations dans le prix relatif des deux types de compresseurs en fonction de la chaîne d'approvisionnement locale et d'autres facteurs. Il existe un fabricant local de compresseurs dans le pays qui a la capacité de desservir une partie de l'industrie locale de fabrication de réfrigérateurs domestiques³⁹ et qui pourrait être en mesure de fournir des compresseurs à base de HFC-134a à un prix compétitif par rapport aux compresseurs à base de R-600a importés. En outre, la mise en place d'une chaîne d'approvisionnement pour les compresseurs au R-600a pourrait prendre un certain temps, ce qui entraînerait des coûts initialement plus élevés que ceux des compresseurs au HFC-134a. En conséquence, et compte tenu du coût des ajustements liés à la sécurité nécessaires pour la conversion au R-600a, il a été convenu de fixer les COS à zéro.

³⁹ À sa 87e réunion, le Comité exécutif a examiné, mais n'a pas approuvé, un projet de remplacement du HFC-134a par le R-600a dans les compresseurs fabriqués par le fabricant. Un projet visant à améliorer l'efficacité énergétique des compresseurs fabriqués par l'entreprise dans le cadre de l'élimination progressive des HFC devrait être soumis à la 97e ou à la 98e réunion, conformément à la décision 95/87.

117. Le secrétariat et l'ONUDI ont eu des discussions approfondies sur les CIS liés à la conversion de cinq grandes entreprises manufacturières, qui ont abouti aux ajustements suivants :

- a) Comme soumise, la proposition prévoyait l'utilisation de bonbonnes pour stocker le R-600a dans la zone de chargement, que le personnel remplacerait selon les besoins. Compte tenu de la capacité des chaînes de fabrication, du volume de R-600a nécessaire et des risques potentiels liés au remplacement des bouteilles remplies de R-600a, le secrétariat a proposé d'utiliser plutôt un isotank avec la tuyauterie, la pompe et les dispositifs de sécurité associés pour un coût de 130 000 \$US par entreprise, à l'exception de l'entreprise Fresh pour laquelle deux isotanks, la tuyauterie et les dispositifs de sécurité associés ont été recommandés en raison de la capacité de fabrication plus élevée de l'entreprise.
- b) Étant donné que l'entreprise Fresh a une consommation nettement plus élevée, fabrique davantage de modèles et possède deux usines totalisant six chaînes de production, il convient d'augmenter le financement destiné aux audits de sécurité, à la formation, aux prototypes et aux essais ;
- c) Le coût d'une machine de charge R-600a à haute capacité a été porté à 72 000 \$US, conformément au prix courant du marché. Les coûts des détecteurs de fuites d'hydrocarbures industriels et portatifs ont été ajustés à 12 000 \$US et 1 000 \$US par unité, respectivement, et celui de la machine de soudage par ultrasons à 25 000 \$US par unité. Le coût de l'infrastructure de sécurité a été ramené à 20 900 \$US par chaîne, et les coûts imprévus ont été ajustés à 10 % du coût des biens d'équipement.
- d) Sur la base de l'équipement de référence des entreprises, le nombre de machines de soudage par ultrasons pour Fresh a été ramené à cinq ; les détecteurs de fuites industriels ont été exclus pour Fresh et Unionaire, étant donné que l'équipement de référence était déjà capable de détecter le R-600a. le financement du système de détection des fuites d'hélium pour Alaska et des détecteurs de fuites de HC pour Fresh et Unionaire a été supprimé, étant donné que ces entreprises disposaient déjà de tels équipements ; et le coût des pièces de rechange a été exclu, car il s'agissait d'une dépense d'exploitation courante pour les entreprises.

118. Sur la base des ajustements ci-dessus et conformément au seuil de coût-efficacité spécifié dans la décision 95/86 a), le coût supplémentaire convenu pour la conversion des cinq fabricants de réfrigérateurs domestiques de grande taille s'élève à 4 157 495 \$US, comme le résume le tableau 29 ci-dessous.

Tableau 29. Consommation en 2023 et coûts supplémentaires convenus pour les cinq grands fabricants de réfrigérateurs domestiques

Détails	Electrostar	Alasaka	Kiriazi	Fresh	Unionaire	Total
Consommation (tm)	48,96	49,00	49,97*	158,50	11,00	317,43
Coût convenu (\$US)	673 703	674 240	687 601	1 970 536	151 415	4 157 494

* Consommation de l'entreprise corrigée au cours du processus d'examen du projet.

119. Le Secrétariat et l'ONUDI ont également eu des discussions approfondies sur la conversion d'El Araby, une entreprise détenue à 100 % par des intérêts locaux et disposant de chaînes de fabrication de réfrigérateurs domestiques établies avant le 1er janvier 2020, pour laquelle aucun financement n'avait été demandé. L'entreprise dispose déjà de l'équipement nécessaire pour fabriquer des réfrigérateurs domestiques utilisant le R-600a et n'est donc pas admissible à un financement des coûts d'investissement. Toutefois, en 2020, 88 % des réfrigérateurs fabriqués par l'entreprise utilisaient le HFC-134a, et ce chiffre était de 76 % en 2023. Notant que plus des trois quarts de la production de l'entreprise utilisaient encore du HFC-134a, le secrétariat a jugé utile de recommander un montant de 50 000 \$US pour l'assistance technique

afin de permettre à l'entreprise de finaliser sa conversion au R-600a conformément au calendrier des autres entreprises bénéficiant de l'aide au titre du projet, à savoir le 1er janvier 2028.

120. À l'issue des discussions, le coût supplémentaire de la conversion des PME consommant entre 1,5 et 15 tm par an a été fixé à 78 300 \$US par entreprise, sur la base du coût de la reconception des produits, du développement et de l'essai de prototypes, de la modification des systèmes d'approvisionnement et de charge en réfrigérant, des détecteurs de fuites de R-600a, des infrastructures de sécurité et des modifications des chaînes de montage, de l'inspection, de la mise en service et de la formation à la sécurité, de l'assistance technique, de la certification des produits et des imprévus. De même, le coût supplémentaire pour la conversion des entreprises consommant 1,5 tm ou moins par an a été fixé à 31 150 \$US par entreprise sur la base des éléments ci-dessus et en tenant compte des volumes de fabrication plus faibles.

121. Bien que les entreprises du secteur de la réfrigération domestique ne soient pas incluses dans la définition des PME figurant dans la décision 95/86 c), le secrétariat a estimé que les petites entreprises de fabrication d'équipements de réfrigération domestique rencontreraient des contraintes financières et techniques similaires à celles des PME de fabrication d'équipements de réfrigération et de climatisation commerciaux dans le cadre de la réduction progressive des HFC. En conséquence, le secrétariat a proposé d'utiliser la même définition des PME dans le secteur de la réfrigération domestique que celle figurant au paragraphe c) de la décision 95/86, et de se fonder sur le financement supplémentaire pour les PME prévu aux alinéas i) et e) du paragraphe d) de la même décision. En ce qui concerne ce dernier point, l'ONUDI a confirmé que le projet couvrirait toutes les entreprises restantes du secteur et qu'il était entendu que l'Égypte ne présenterait aucune autre demande de financement au Fonds multilatéral pour une entreprise du secteur de la fabrication d'équipements de réfrigération domestique.

122. Sur les neuf entreprises dont la consommation de HFC est inférieure à 15 tm par an, Alradwan International, Minlo, Tredco Engineering Industries et Tiba n'ont pas été considérées comme des PME au sens de la décision 95/86 c) sur la base de leur consommation totale ou du volume d'équipements fabriqués. En conséquence, le coût supplémentaire pour ces entreprises a été fixé sur la base du montant le plus bas entre 78 300 \$US et un coût-efficacité de 13,76 \$US/kg. Pour les PME dont la consommation est supérieure à 1,5 tm (Akwarj, Mas Electric et Trust for Ind.), le coût supplémentaire a été fixé sur la base du montant le plus bas entre 78 300 \$US et une efficacité en termes de coûts de 18,16 \$US/kg et sur la base du montant le plus bas entre 31 150 \$US et 34,40 \$US/kg pour les PME dont la consommation est inférieure ou égale à 1,5 tm (Eastern Engineering Enterprises et Elsaeedy Electrical Appliances).

123. Compte tenu de ce qui précède, le financement total convenu pour les projets dans le domaine de la réfrigération domestique s'élève à 4 552 856 \$US, comme le résume le tableau 30 ci-dessous.

Tableau 30. Financement convenu pour le secteur de la fabrication d'équipements de réfrigération domestique

Détails	No.	Consommation (tm)	Financement convenu (\$US)	CE (\$US/kg)
Grandes entreprises (> 15 tm)	5	317,43	4 157 494	13,10
El Araby	1	39,30	50 000	1,27
Entreprises dont la consommation est comprise entre 1 5 tm et 15 tm	5	17,38	280 607	16,14
Entreprises dont la consommation est inférieure ou égale à 1 5 tm	4	2,85	64 755	22,75
Total	15	376,97	4 552 856	12,08

Secteur de la fabrication de réfrigérateurs commerciaux

124. Le secrétariat a cherché à mieux comprendre si Miraco fabriquait ou assemblait des unités de condensation, et comment la durabilité de la conversion serait assurée, étant donné que Miraco était la seule

entreprise fabriquant des unités de condensation participant au projet et que d'autres entreprises pourraient continuer à assembler et à installer des unités de condensation utilisant des HFC après la conversion de Miraco. À la suite d'une discussion avec l'ONUDI et compte tenu des difficultés à garantir la durabilité de la conversion, il a été convenu de retirer la conversion de l'entreprise du projet.

125. Le secrétariat et l'ONUDI ont eu des discussions approfondies concernant la conversion des entreprises fabriquant des équipements de réfrigération commerciale autonomes. Si le prix du HFC-134a (6,43 \$US/kg) et du R-290 (6,40 \$US/kg) est comparable, la réduction de la charge de réfrigérant permettrait de réaliser des économies d'exploitation. En revanche, le prix des compresseurs à base de R-290 est plus élevé que celui des compresseurs à base de HFC-134a, ce qui a conduit à fixer les COS à 5,50 \$US/kg, conformément à la décision 95/86 a).

126. Sur les six entreprises soumises en tant que PME dont la consommation de HFC est comprise entre 15 tm et 1,5 tm par an, conformément à la décision 23/14, Everest n'est pas admissible car elle est détenue par les Émirats arabes unis. Conformément à la décision 95/96 c) i), Alradwan n'est pas considérée comme une PME étant donné que la totalité de sa consommation de HFC est supérieure à 15 tm. Les CIS pour Alradwan ont été fixés à 82 496 \$US compte tenu de la capacité de fabrication plus élevée de l'entreprise. Pour les autres entreprises, les CIS ont été fixés à 65 120 \$US par entreprise sur la base de la reconception des produits, du développement et de l'essai de prototypes, de la modification des systèmes d'approvisionnement en réfrigérant et de charge, de l'infrastructure de sécurité, de l'assistance technique, de la formation en matière de sécurité, de la certification des produits et de la vérification de la sécurité, et d'une réserve pour imprévus de 10 %. Les coûts convenus pour la conversion des six entreprises ont été basés sur le montant le plus faible entre les CIS et les COS convenus et le seuil de coût-efficacité applicable, qui est de 16,50 \$US/kg pour Alradwan et de 21,78 \$US/kg pour les autres PME, ce qui donne des coûts convenus de 430 947 \$US pour la conversion des six entreprises, comme le résume le tableau 31 ci-dessous.

127. Pour les quatre entreprises dont la consommation annuelle de HFC est inférieure ou égale à 1,5, les CIS ont été fixés à 25 300 \$US par entreprise. Les coûts convenus pour la conversion de chaque entreprise ont été déterminés sur la base du plus bas des coûts convenus pour les CIS et les COS, et du seuil de coût-efficacité applicable. Bien que le Comité exécutif ait spécifié un seuil de coût-efficacité pour la réfrigération commerciale qui englobe les équipements de réfrigération commerciale autonomes sans toutefois s'y limiter, le secrétariat a noté et l'ONUDI a confirmé que le projet incluait toutes les autres entreprises fabriquant des équipements de réfrigération commerciale autonomes utilisant des HFC et que le Gouvernement égyptien ne présenterait aucune autre demande de financement au Fonds multilatéral pour une entreprise fabriquant de tels équipements. En conséquence, le secrétariat a proposé d'utiliser le seuil de coût-efficacité le plus élevé prévu par la décision 95/86 e) pour les entreprises consommant 1,5 tm ou moins de HFC. À cet égard, l'ONUDI a confirmé que l'entreprise DRIC consommait plus de 1,5 tm et que, par conséquent, le seuil applicable à cette entreprise était de 21,78 \$US/kg, tandis que pour les trois autres entreprises, le seuil de coût-efficacité applicable était de 41,25 \$US/kg, ce qui donnait un coût convenu de 72 255 \$US pour la conversion des quatre entreprises, comme le résume le tableau 31 ci-dessous.

128. Sur la base de ce qui précède, le financement total convenu pour les projets dans le domaine de la réfrigération commerciale s'élève à 502 202 \$US, comme le résume le tableau 31 ci-dessous.

Tableau 31. Financement convenu pour les fabricants d'équipements de réfrigération commerciale

Détails	No.	Consommation (tm)	Financement convenu (\$US)	CE (\$US/kg)
Entreprises dont la consommation est comprise entre 1,5 tm et 15 tm	6	35,46*	430 947	12,15
Entreprises dont la consommation est inférieure ou égale à 1,5 tm**	4	2,46	71 255	28,97
Total	10	37,92	502 202	13,24

* Comprend 9,50 tm de HFC-134a chez Everest, une entreprise non admissible.

** Comprend DRIC dont la consommation est de 1,55 tm.

Fabrication de climatiseurs résidentiels

129. Le secrétariat a rappelé l'engagement pris par le Gouvernement au titre du PGEH, notamment de garantir le contrôle total des équipements de climatisation résidentiels fonctionnant au R-410A et au R-407C, importés ou mis sur le marché local (décision 84/72 e) i) b) et de garantir l'adoption du HFC-32 par le marché local (décision 84/72 e) i) b); et l'engagement des cinq entreprises participant à la phase II du PGEH à participer activement aux efforts visant à promouvoir l'acceptation par le marché des climatiseurs résidentiels fonctionnant avec la technologie convenue (décision 84/72 e) iv)). En outre, le Secrétariat a rappelé l'engagement pris lors de la 94^e réunion par les entreprises bénéficiant d'une assistance au titre du PGEH qui ont signé des contrats de COS de respecter un calendrier de fabrication complète pour le marché local avec la technologie HFC-32 d'ici au 1^{er} janvier 2025 ou au 31 décembre 2026. Compte tenu de ces engagements et des progrès constants réalisés par les cinq entreprises qui sont passées au HFC-32 dans le cadre du PGEH, comme indiqué aux paragraphes 25 à 26 du présent document, le secrétariat a estimé que la conversion des entreprises utilisant le R-410A qui n'avaient pas bénéficié d'une assistance au titre du PGEH était essentielle à la conversion durable du secteur de la fabrication de climatiseurs résidentiels dans le pays.

130. Sur cette base, le secrétariat et l'ONUDI ont eu des discussions approfondies sur la proposition de conversion au HFC-32 des entreprises restantes qui fabriquent des climatiseurs résidentiels au R-410A dans le pays, y compris les coûts admissibles, les mesures politiques visant à garantir la durabilité de la conversion et les déductions correspondantes de la consommation de HFC admissibles au financement. Ces questions seront examinées successivement.

131. Selon des experts du secteur, le prix des compresseurs fonctionnant au HFC-32 a considérablement évolué au cours des cinq dernières années. La production mondiale de compresseurs fonctionnant au HFC-32 pour les climatiseurs résidentiels dépasse désormais celle des compresseurs fonctionnant au R-410A. Étant donné que le volume de fabrication, et donc les économies d'échelle, sont un facteur déterminant du coût des compresseurs, le prix mondial des compresseurs fonctionnant au HFC-32 est désormais comparable ou inférieur à celui des compresseurs fonctionnant au R-410A, même si le prix relatif des deux types de compresseurs peut varier en fonction de la chaîne d'approvisionnement locale et d'autres facteurs. Le prix inférieur du HFC-32 (3,56 \$US/kg) par rapport à celui du R-410A (7,51 \$US/kg) et la réduction de 10 % prévue de la charge lors du passage du R-410A au HFC-32 devraient permettre de réaliser des économies d'exploitation. Toutefois, compte tenu de la nécessité pour les entreprises de mettre en place des chaînes d'approvisionnement pour les compresseurs fonctionnant au HFC-32, ce qui pourrait entraîner des coûts initialement plus élevés que ceux des compresseurs fonctionnant au R-410A, et des ajustements mineurs liés à la sécurité nécessaire pour le passage au HFC-32, il a été convenu de fixer les COS à zéro.

132. Le secrétariat et l'ONUDI ont eu des discussions approfondies sur les CIS liés à la conversion de cinq des six entreprises (à savoir Kiriazi, Raya Electric, Free Air, Tiba et Elteriak), qui ont abouti aux ajustements convenus ci-après :

- a) Conformément aux projets précédents, pour toutes les entreprises : le prix d'une machine de soudage par ultrasons est de 25 000 \$US ; le prix d'une station de récupération pour le HFC-32, y compris la bouteille pour la zone de réparation, est de 2 750 \$US ; le prix d'un détecteur de fuites industriel capable de détecter le HFC-32 est de 12 000 \$US ; et les mesures de sécurité (y compris la ventilation, le système de surveillance des gaz, le sol antistatique, etc.) sont de 62 700 \$US par ligne. Une réserve pour imprévus de 10 % est ajoutée à ces coûts ;
- b) Ajustement de l'équipement fourni aux entreprises en fonction de leur équipement de base capable de traiter le HFC-32, ce qui se traduit par la fourniture d'un détecteur de fuites industriel à chaque entreprise, sauf Raya Electric, qui en possédait déjà trois, et si l'équipement de base avait été acheté après la date limite du 1^{er} janvier 2020 pour la

capacité admissible (pompe d'alimentation à l'air libre) ;

- c) Pour les entreprises qui ne disposaient pas d'une station de récupération ou de détecteurs de fuites portatifs dans leur équipement de base, à titre exceptionnel, fournir 50 % des coûts de cet équipement, comme l'exigent les bonnes pratiques ; et
- d) À titre exceptionnel, fournir 25 000 \$US supplémentaires par entreprise à celles qui consomment plus de 20 tm pour des mesures de sécurité supplémentaires, notamment une conduite d'alimentation pour le stockage externe du réfrigérant, des vannes d'arrêt et d'autres mesures de sécurité.

133. Le secrétariat a cherché à mieux comprendre la situation de la fabrication chez Helwan Industries. L'entreprise est associée au Ministère de la production militaire, n'a pas fabriqué régulièrement de climatiseurs domestiques fonctionnant au R-410A au cours des dernières années et possède une usine de fabrication de réfrigérateurs domestiques fonctionnant au R-600a. Comme l'indique sa consommation limitée de R-410A, l'entreprise a importé un petit nombre de kits complets en gage qu'elle a facturés dans son usine. Sur cette base, il a été convenu que l'ONUDI fournirait une assistance technique à l'entreprise conformément au seuil de coût-efficacité spécifié dans la décision 95/86 (à savoir 6 610 \$US). Malgré la consommation limitée de Helwan et d'Eletriak, il a été convenu de ne pas considérer ces entreprises comme des PME compte tenu des autres activités de fabrication qu'elles exercent. Il a néanmoins été convenu que Helwan pourrait bénéficier de l'assistance technique qui sera fournie dans le cadre du programme d'assistance technique spécial destiné aux PME proposé par le secrétariat pour le secteur de la fabrication d'équipements de réfrigération domestique et commerciale, qui est examiné plus en détail au paragraphe 139 ci-dessous.

134. Sur la base des ajustements décrits aux paragraphes 129 et 133 ci-dessus, de la consommation des entreprises en 2023 et du seuil de coût-efficacité indiqué dans la décision 95/86, les coûts supplémentaires convenus pour la conversion des six entreprises s'élèvent à 1 948 235 \$US, comme le résume le tableau 32 ci-dessous.

Tableau 32. Consommation de R-410A et coûts convenus de conversion pour six fabricants de climatiseurs résidentiels

	Kiriazzi	Raya Electric	Free Air	Tiba	Eletriak	Helwan	Total
Consommation (tm)	41,40	27,66	64,55	19,69	9,95	0,49	163,75
Coût convenu (\$US)	361 168	348 086	829 296	267 719	135 374	6 610	1 948 253

135. Alors que les entreprises de fabrication de climatiseurs résidentiels participant au PGEH ont cessé la fabrication de produits contenant du R-410A destinés au marché local au 1er janvier 2025 (Unionaire), au 31 décembre 2025 (Power) ou le feront d'ici au 31 décembre 2026 (El Araby, Fresh et Miraco), les entreprises participant à la phase I du KIP auront besoin de plus de temps pour achever leur conversion. En conséquence, il a été convenu que les six entreprises participant au KIP cesseront de fabriquer des climatiseurs résidentiels fonctionnant au R-410A d'ici au 1er janvier 2028. Afin d'assurer la durabilité de la conversion du secteur au HFC-32, le Gouvernement interdira la fabrication et l'importation de climatiseurs résidentiels fonctionnant au R-410A d'ici au 1er janvier 2029.

136. L'ONUDI a noté qu'une entreprise multinationale relevant de l'article 5 avait mis en place une nouvelle ligne de fabrication de climatiseurs résidentiels fonctionnant au R-410A en 2024. Par la suite, le Comité de l'ozone a pris la décision n° 2 de 2024 qui interdit la délivrance d'agréments ou de licences industrielles pour de nouvelles lignes de fabrication de climatiseurs résidentiels fonctionnant au R-410A. La nouvelle entreprise ayant effectué la conversion passera au HFC-32 d'ici au 1er janvier 2029 avec ses propres ressources.

137. Comme indiqué au paragraphe 25 du présent document, la consommation de R-410A par les cinq entreprises bénéficiant d'une assistance au titre du PGEH est passée de 716,92 tm en 2020 à 1 407,25 tm en 2022, puis a diminué pour atteindre 1 212,28 tm en 2024. Compte tenu de l'inclusion de cette consommation dans les années de référence, le passage du R-410A au HFC-32 par les cinq fabricants de climatiseurs résidentiels bénéficiant d'une assistance au titre du PGEH devrait être pris en considération pour déterminer les déductions de la consommation restante de HFC admissible au financement au titre de la phase I du KIP. Notant que le pays proposait de réduire sa consommation avant les dates cibles fixées par le Protocole de Montréal, conformément à la décision 92/44, et à titre exceptionnel; et rappelant que les entreprises bénéficiant d'une assistance au titre du PGEH s'étaient engagées à fabriquer des climatiseurs résidentiels fonctionnant au HFC-32 pour le marché intérieur, mais pouvaient continuer à fabriquer des climatiseurs résidentiels fonctionnant au R-410A pour l'exportation, et que la consommation totale des entreprises était en cours d'élimination progressive sans aide supplémentaire du Fonds multilatéral au titre de la phase I du KIP, il a été convenu de ne prendre en considération que la consommation de R-410A en 2020 des entreprises bénéficiant d'une assistance au titre du PGEH lors de l'évaluation des déductions de la consommation restante admissible au financement (soit 716,92 tm, ou 1 496 571 tonnes éq CO₂).

138. À sa 95e réunion, le Comité exécutif a approuvé le financement de la préparation d'un projet à soumettre au titre de la décision 94/60 visant notamment à améliorer l'efficacité énergétique des climatiseurs résidentiels fabriqués par des entreprises égyptiennes dans le cadre de leur élimination progressive des HFC (décision 95/35). Le secrétariat a noté avec satisfaction que le Gouvernement avait l'intention de soumettre un tel projet à la 97e réunion. Bien que les COS pour la conversion du R-410A au HFC-32 soient nuls, l'approbation d'un projet au titre de la décision 94/60 permettrait d'accorder un financement supplémentaire aux entreprises afin d'améliorer l'efficacité énergétique des équipements qu'elles fabriquent dans le cadre de leur réduction progressive des HFC. En outre, afin d'assurer la viabilité d'un projet soumis à la 97e réunion au titre de la décision 94/60, le secrétariat recommande que, nonobstant la décision 84/72 e) iii), El Araby, Fresh, Miraco, Power et Unionaire soient admissibles à un projet visant à améliorer l'efficacité énergétique des climatiseurs résidentiels qu'elles fabriquent au titre de la décision 94/60, sous réserve des critères énoncés dans cette décision.

Activités non liées à l'investissement dans les secteurs de l'entretien et autres

139. À la suite de discussions approfondies entre le secrétariat et l'ONUDI, les ajustements suivants ont été convenus pour les activités proposées :

- a) Compte tenu du nombre élevé de techniciens en réfrigération et climatisation (estimé à 100 000) et en climatisation mobile (estimé à 20 000), porter le nombre de techniciens en réfrigération et climatisation de 1 000 à 1 600 et augmenter le financement en conséquence ;
- b) Remplacement du voyage d'étude, de l'évaluation de l'acceptation par le marché local et des risques pour le secteur de la climatisation mobile, du voyage d'étude pour le secteur de la réfrigération et de la climatisation et du voyage d'étude pour le secteur des inhalateurs-doseurs, pour lesquels 310 000 \$US avaient été demandés, par une consultation technique préparatoire des parties prenantes sur les tendances technologiques, y compris l'acceptation par le marché et l'évaluation des risques dans le domaine de la climatisation mobile, des équipements de réfrigération et de climatisation de grande taille, des centres de données et des inhalateurs-doseurs, avec un financement convenu de 150 000 \$US.
- c) Dans le cadre de l'assistance technique au secteur de la lutte contre les incendies, l'ONUDI a confirmé que les salles de télécommunications et d'informatique, les bâtiments énergétiques, les bibliothèques et les archives ainsi que les secteurs du pétrole et du gaz sont les principaux consommateurs de HFC dans la lutte contre les incendies, et que les gaz inertes, les systèmes au CO₂, le FK-5-1-12, les systèmes à poudre et les systèmes à

brouillard d'eau peuvent être considérés comme des solutions de remplacement. En conséquence, les deux projets de démonstration testeront les performances de plusieurs solutions de remplacement dans différentes conditions. Les paramètres mesurés comprennent la vitesse de réaction, les dommages causés aux matériaux, le pourcentage de dommages causés par le feu, les risques éventuels pour la vie humaine et d'autres paramètres. Sur cette base, et conformément aux projets précédents, les coûts ont été ajustés à 515 000 \$US après suppression des voyages d'étude et augmentation du nombre d'ateliers à neuf ;

- d) Étant donné que le risque pour la conversion durable à des alternatives à faible PRP est plus élevé pour les PME que pour les grandes entreprises, qui disposent de capacités techniques et financières plus importantes pour permettre leur conversion, un programme d'assistance technique spécifique a été inclus pour aider les PME et atténuer ce risque, pour un coût de 68 400 \$US ;
- e) Étant donné le caractère limité des informations disponibles sur les PME dans le secteur du transport frigorifique et le fait que le projet prévoyait la fourniture d'outils aux entreprises de ce secteur, les bénéficiaires et les outils nécessaires ne pouvant être déterminés qu'au cours de la mise en œuvre, sur la base des recommandations du consultant national qui sera engagé à cette fin, le financement a été ajusté à 205 000 \$US
- f) Compte tenu des ajustements ci-dessus, le financement des activités de sensibilisation et de vulgarisation pour l'évaluation des solutions de remplacement dans les secteurs des MDI, de la climatisation mobile et de la réfrigération et de la climatisation, ainsi que d'autres activités visant à promouvoir le refroidissement durable, a été porté à 595 000 \$US.

140. Le financement des activités dans le secteur de la lutte contre l'incendie doit être examiné au cas par cas. Notant que les activités proposées sont similaires à celles du secteur de l'entretien de la réfrigération, il a été convenu de les financer conjointement avec le secteur de l'entretien à raison de 5,10 \$US/kg. Les réductions de la consommation de HFC admissibles au financement ont donc été calculées sur la base du PRP moyen du secteur de l'entretien et de la lutte contre l'incendie. En conséquence, sur la base du coût des activités dans le secteur de l'entretien (y compris la lutte contre les incendies), convenu à 7 576 400 \$US, les réductions de la consommation restante de HFC admissibles au financement dans le secteur de l'entretien s'élèvent à 3 162 252 tonnes éq CO₂, comme le résume le tableau 33⁴⁰.

Tableau 33. Réductions de la consommation restante de HFC admissible au financement dans le secteur de l'entretien*

Consommation moyenne de HFC dans le secteur de l'entretien au cours des années de référence *	Tm	4 390,29
	Tonnes éq CO ₂	9 345 372
Financement convenu	\$US	7 576 400
Seuil de coût-efficacité convenu	\$US/kg	5,10
Réductions provenant de la consommation restante de HFC dans le secteur*	Tm	1 485,57
	Tonnes éq CO ₂	3 162 252

* Y compris la consommation pour l'entretien des équipements de lutte contre l'incendie.

Unité de gestion du projet

141. Le financement de l'unité de gestion du projet (UGP) a été fixé à 1 347 277 \$US, dont 1 118 320 \$US pour l'ONUDI, qui couvriront la mise en œuvre et le suivi des projets de conversion dans les secteurs de la fabrication d'équipements de réfrigération et de climatisation (595 281 \$US) et les activités menées par l'ONUDI dans le secteur de l'entretien (523 039 \$US) ; et 228 957 \$US pour le PNUD, qui couvriront

⁴⁰ Calculé conformément à la méthode présentée à l'annexe I du document UNEP/OzL.Pro/ExCom/92/46

la mise en œuvre et le suivi des projets de conversion dans les secteurs des mousses (108 002 \$US) et les activités menées par le PNUD dans le secteur de l'entretien (120 955 \$US).

Coût total du projet

142. Avec un coût total de 17 197 598 \$US, la phase I du KIP pour l'Égypte permettra de réduire de 5 795 458 tonnes éq CO₂ la consommation de HFC du pays admissible au financement, dont 35 850 tonnes éq CO₂ de HFC contenus dans les polyols prémélangés importés et 1 496 571 tonnes éq CO₂ associées à la conversion des cinq entreprises de fabrication de climatiseurs résidentiels bénéficiant d'une assistance au titre de la phase II du PGEH, comme le résume le tableau 34 ci-dessous.

Tableau 34. Coût convenu des activités à mettre en œuvre au cours de la phase I du KIP en Égypte

Secteur	Substances	Élimination progressive		Financement convenu (\$US)	CE (\$US/kg)	Agence
		Tm	Tonnes éq CO2			
Mousse PU	HFC-365mfc, HFC-227ea	26,05	29 066	101 420	3,07	UNDP
	HFC-365mfc prémélangé	7,00	5 558			
	HFC-245fa	98,70	101 663	316 169	2,47	
	HFC-245fa prémélangé	29,41	30 292			
Mousse XPS	HFC-152a	227,00	28 148	853 021	3,76	UNDP
Sous-total des projets d'investissement dans les secteurs de la mousse		388,16	194 727	1 270 610	3,27	UNDP
UGP pour le projet d'investissement dans la mousse		s.o.	s.o.	108 002	s.o.	UNDP
Réfrigération domestique	HFC-134a	376,97	539 066	4 552 856	12,08	UNIDO
Réfrigération commerciale	HFC-134a, R-404A, R-407C	*37,92	61 023	502 202	13,24	UNIDO
Climatiseurs résidentiels	R-410A	163,75	341 819	1 948 253	11,90	UNIDO
	R-410A dans le cadre du PGEH**	716,92	1 496 571	0	s.o.	s.o.
Sous-total des projets d'investissement dans le secteur de la fabrication d'équipements de réfrigération et de climatisation		1 295,56	2 438 478	7 003 311	**5,41	UNIDO
UGP pour un projet d'investissement dans la réfrigération et la climatisation		s.o.	s.o.	595 281	s.o.	UNIDO
Secteur de l'entretien	Divers	1 206,55	2 568 318	6 153 400	5,10	UNIDO
		279,02	593 934	1 423 000		UNDP
Sous-total des activités du secteur de l'entretien		1 485,57	3 162 253	7 576 400	5,10	s.o.
UGP pour le secteur de l'entretien		s.o.	s.o.	523 039	s.o.	UNIDO
				120 955		UNDP
Sous-total de tous les projets (sans UGP)		3 169,29	5 795 458	15 850 320	5,00	s.o.
Sous-total toutes UGP		s.o.	s.o.	1 347 277	s.o.	s.o.
Total général (y compris l'élimination progressive dans cinq entreprises de fabrication de climatiseurs résidentiels dans le cadre du PGEH**)		3 169,29	5 795 458***	17 197 598	5,43	s.o.

* Y compris la consommation non admissible de 9,50 tm (13 588 tonnes éq CO₂) de HFC-134a associée à Everest

** L'élimination progressive du R-410 associée aux projets de conversion des climatiseurs résidentiels dans le cadre du PGEH s'élève à 716,92 tm (1 496 571 tonnes éq CO₂).

*** Y compris 35 850 tonnes éq CO₂ de HFC contenus dans les polyols prémélangés importés.

143. Les déductions totales de la consommation restante du pays admissible au financement s'élèvent à 5 795 458 tonnes éq CO₂, dont 1 496 571 tonnes éq CO₂ associées à la conversion des cinq entreprises de fabrication de climatiseurs résidentiels qui passent au HFC-32 dans le cadre du PGEH. La réduction progressive de ces cinq entreprises et des six entreprises qui passent au HFC-32 au cours de la phase I du KIP devrait conduire à l'introduction progressive de 535 004 tonnes éq CO₂ de HFC-32. Compte tenu de cette introduction progressive et à l'exclusion de l'élimination progressive de 35 850 tonnes éq CO₂ de HFC

contenus dans les polyols prémélangés importés, il en résulte une réduction nette de la consommation de 5 224 604 tonnes éq CO₂. En examinant la cible finale appropriée, le secrétariat a noté l'augmentation de la consommation en 2024, qui reflète les besoins persistants du pays en matière de refroidissement, et le fait qu'il faudra peut-être un certain temps avant que les activités prévues dans le cadre du KIP soient mises en œuvre et aient une incidence sur la demande du marché. Sur cette base, il a été convenu de fixer la cible finale pour la phase I du KIP à 15 046 473 tonnes éq CO₂, soit un point médian entre la cible initialement proposée (15 471 223 tonnes éq CO₂) et celle calculée sur la base des réductions de consommation ci-dessus (14 065 746 tonnes éq CO₂). Afin de garantir que le Gouvernement dispose de suffisamment de temps pour atteindre cette cible finale, il a été convenu de prolonger la phase I du KIP jusqu'en 2030.

144. La phase I du KIP sera mise en œuvre en trois tranches. Bien que la décision 95/49 c) précise que la première tranche de la phase I ne doit pas dépasser 60 % du financement total de la phase I, il a été décidé, à titre exceptionnel, que la première tranche serait fixée à 62,7 % du financement total de la phase I, compte tenu de la nécessité de financer les CIS pour les conversions de l'industrie manufacturière, qui représentent la majeure partie (plus de 80 %) du financement nécessaire aux activités de la tranche.

Plan de mise en œuvre de la première tranche du plan de mise en œuvre de l'Amendement de Kigali relatif aux HFC

145. Compte tenu des changements décrits aux paragraphes 104 à 142 ci-dessus, l'ONUDI et le PNUD ont convenu d'un plan d'action révisé pour la première tranche, qui comprend la suppression du projet de démonstration sur les pompes à chaleur résidentielles, l'ajout d'un programme d'assistance technique spécialement destiné aux PME pour les activités de conversion dans le secteur manufacturier, la consultation des parties prenantes sur les tendances technologiques dans le secteur de la climatisation mobile et le secteur de la réfrigération commerciale à grande échelle, des ajustements de la répartition des tranches et la révision des coûts et des cibles pour plusieurs activités. Le coût des activités de la première tranche révisée s'élève à 10 786 475 \$US et est présenté à l'annexe II du présent document.

Exemption pour les Parties où la température ambiante est élevée

146. L'Égypte ne fera pas usage de la dérogation pour niveau ambiant élevé, comme indiqué dans la lettre adressée par l'UNO au secrétariat de l'Ozone le 24 octobre 2024.

Cofinancement

147. Les sources de cofinancement recensées dans le cadre de ce projet comprennent les coûts supportés par les PME du secteur de la fabrication d'équipements de réfrigération et de climatisation pour couvrir la différence entre le coût calculé de la conversion et le montant demandé pour les projets de conversion ; les coûts pris en charge par les distributeurs de climatiseurs participant au projet de démonstration pour récupérer les unités retirées, récupérer les réfrigérants et assurer leur élimination appropriée ; le cofinancement éventuel des participants au projet de démonstration pour les unités résidentielles split ; les coûts supportés par les fabricants de MDI pour contribuer à la mise au point et à l'essai de prototypes; le cofinancement des participants à la démonstration de systèmes à eau glacée; et les services en nature fournis par les centres de formation qui mettront à disposition leurs locaux et leur personnel pour les activités liées au KIP.

Plan d'activités 2025-2027 du Fonds multilatéral

148. L'ONUDI et le PNUD demandent un montant de 17 197 598 \$US, plus les coûts d'appui à l'agence, pour la mise en œuvre de la phase I du KIP pour l'Égypte. Le montant total demandé pour la période 2025-2027, soit 16 455 213 \$US, y compris les coûts d'appui à l'agence, est supérieur de 10 425 357 \$US au montant prévu dans le plan d'activités.

Mise en œuvre de la politique en matière d'égalité des sexes

149. Conformément aux décisions 84/92 d), 90/48 c) et 92/40 b), l'Égypte a intégré une discussion sur la politique du Fonds multilatéral en matière d'égalité des sexes dans son plan de mise en œuvre du KIP, qui comprend une étude visant à identifier les obstacles à une participation équitable au projet et au secteur de la réfrigération et de la climatisation, l'élaboration d'un plan d'action et la conception d'ateliers et de supports, ainsi que la mise en place de formations, d'ateliers et d'activités promotionnelles. L'UNO a préparé un projet de politique visant à promouvoir l'égalité des sexes, qui comprend l'amélioration des systèmes de notification et de suivi afin de suivre et d'enregistrer les questions de genre, y compris des cibles spécifiques mesurables, et l'indicateur de genre obligatoire et les résultats ont été inclus dans la soumission du projet.

Durabilité de la réduction progressive des HFC et évaluation des risques

150. La durabilité de l'élimination progressive dans les secteurs de la fabrication de mousse de polyuréthane et de mousse de polystyrène expansé sera soutenue par la mise en œuvre d'une interdiction de l'importation de HFC-245fa et de HFC-365mfc purs et contenus dans des polyols prémélangés importés, d'une interdiction ou d'une restriction de l'importation de HFC-152a, et d'une interdiction ou d'une restriction de la fabrication de mousse PU et XPS utilisant des HFC. L'élimination progressive dans les secteurs de la fabrication d'équipements de réfrigération domestique et de réfrigération commerciale autonome, et la réduction progressive dans le secteur de la fabrication de climatiseurs résidentiels, seront soutenues par l'interdiction, à compter du 1er janvier 2029, de la fabrication et de l'importation des équipements à base de HFC concernés. Les entreprises participant au projet achèveront leur conversion un an avant l'interdiction et devront faire face à la concurrence des importations et, dans le cas du secteur de la fabrication de climatiseurs résidentiels, d'une entreprise non admissible qui procédera à la conversion par ses propres moyens. Le secrétariat estime que le risque pour la durabilité de la réduction progressive lié à ce décalage d'un an entre l'achèvement des conversions et la mise en œuvre de l'interdiction est faible, étant donné que la grande majorité du marché aura effectué la conversion d'ici au 1er janvier 2028. Dans le secteur de la fabrication de climatiseurs résidentiels, la majorité de la production locale destinée au marché intérieur sera entièrement passée au HFC-32 d'ici au 31 décembre 2026, compte tenu de la conversion dans les cinq entreprises de fabrication de climatiseurs résidentiels au titre de la phase II du PGEH.

151. Il est probable que les PME participant aux projets de conversion auront plus de difficultés à effectuer la conversion que les grandes entreprises, compte tenu de leurs capacités financières et techniques limitées. Pour remédier à cette situation et atténuer le risque pour la durabilité de la conversion, la phase I du KIP comprend un programme d'assistance technique spécifique. Les activités de formation et de renforcement des capacités dans le secteur de l'entretien, notamment le renforcement des capacités des techniciens en réfrigération et climatisation à manipuler en toute sécurité les réfrigérants inflammables, ainsi que la mise en œuvre du système de licences et de quotas, qui est aligné sur le calendrier de réduction progressive des HFC, atténueront encore le risque pour la durabilité de la réduction progressive du pays.

Impact sur le climat

152. Les activités proposées, notamment le passage du secteur de la fabrication d'équipements de réfrigération domestique au R-600a, celui des équipements de réfrigération commerciaux autonomes au R-290, celui du secteur de la fabrication de climatiseurs résidentiels au HFC-32 et celui des secteurs de la fabrication de mousse PU et XPS à des solutions de remplacement à faible PRP, ainsi que les mesures visant à promouvoir les solutions de remplacement à faible PRP, la récupération et la réutilisation des réfrigérants, tendent à indiquer que la mise en œuvre de la phase I du KIP réduira les émissions de réfrigérants dans l'atmosphère, ce qui aura des effets positifs sur le climat. Un calcul de l'impact climatique des activités prévues dans le KIP indique que d'ici 2030, l'Égypte aura réduit ses émissions d'environ 4 243 877 tonnes éq CO₂ de HFC, calculées comme la différence entre la valeur de référence pour la conformité en matière de HFC et la cible pour 2030, en supposant que tous les HFC consommés auraient finalement été émis.

Projet d'accord

153. Un projet d'accord entre le Gouvernement égyptien et le Comité exécutif pour la phase I du KIP figure à l'annexe I du présent document. Le Comité exécutif examine la question des HFC contenus dans les polyols prémélangés dans le secteur de la mousse PU dans les pays visés à l'article 5 au titre du point 10 c) de l'ordre du jour de la présente réunion. Si une décision est adoptée sur cette question, le Comité exécutif pourra décider d'inclure ou non une clause pertinente dans l'accord.

Coordination des activités dans le secteur de l'entretien dans le cadre des plans d'élimination progressive des HCFC et de réduction progressive des HFC

154. Les activités dans les secteurs de la fabrication et de l'entretien sont complémentaires des activités approuvées au titre de la phase II du PGEH, dont la dernière tranche sera mise en œuvre simultanément avec la phase I du KIP jusqu'en décembre 2026. La phase III du PGEH, qui devrait être soumise à la 96^e réunion, est en cours de planification conformément aux activités de la phase I du KIP. La coordination des activités sera évaluée dans le cadre de l'examen de la phase III du PGEH lors de sa soumission.

VI. Recommandation

155. Le Comité exécutif pourrait souhaiter :

- a) Approuver, en principe, la phase I du plan de mise en œuvre de l'Amendement de Kigali relatif aux HFC (KIP) en Égypte pour la période 2025-2030, qui vise à réduire la consommation de HFC de 22 % par rapport au niveau de référence du pays, pour un montant de 18 401 430 \$US, dont 14 275 031 \$US, plus les coûts d'appui à l'agence de 999 252 \$US, pour l'ONUDI, et 2 922 567 \$US, plus les coûts d'appui à l'agence de 204 580 \$US, pour le PNUD ;
- b) Noter :
 - i) Que le Gouvernement égyptien fixera son point de départ pour les réductions globales durables de la consommation de HFC sur la base des orientations fournies par le Comité exécutif ;
 - ii) Qu'une fois que le Comité exécutif aura fourni les orientations visées au sous-paragraphe b) i), les réductions de la consommation restante de HFC du pays admissibles au financement seront déterminées conformément à ces orientations ;
 - iii) Que les réductions de la consommation restante de HFC du pays admissibles au financement visées au sous-paragraphe b) ii) ci-dessus seront déduites du point de départ visé au sous-paragraphe b) i) ;
 - iv) Que les réductions de la consommation restante de HFC du pays admissibles au financement visées au sous-paragraphe b) ii) comprennent 35 850 tonnes équivalent dioxyde de carbone de HFC contenus dans les polyols prémélangés importés ;
 - v) Que, à titre exceptionnel, une réduction supplémentaire de 1 496 571 tonnes d'équivalent dioxyde de carbone serait déduite du point de départ sur la base de la consommation de R 410A en 2020 des cinq entreprises fabriquant des climatiseurs résidentiels qui étaient en train de passer au HFC-32 dans le cadre de la phase II du plan de gestion de l'élimination progressive des HCFC (PGEH) du pays (El Araby, Fresh, Miraco, Power et Unionaire) ;

- vi) Que, indépendamment de la décision 84/72 e) iii), les cinq entreprises visées au sous-paragraphe v) ci-dessus seraient admissibles à un projet visant à améliorer l'efficacité énergétique de la fabrication d'appareils de climatisation résidentiels au titre de la décision 94/60, conformément aux critères énoncés dans celle-ci.
- c) Noter en outre l'engagement du Gouvernement égyptien à :
 - i) Interdire ou empêcher de toute autre manière l'importation de HFC-245fa et de HFC-365mfc purs et contenus dans des polyols prémélangés importés, et interdire ou empêcher de toute autre manière également l'utilisation de ces substances dans la fabrication de mousses de polyuréthane utilisant des HFC d'ici au 1^{er} janvier 2028 ;
 - ii) Interdire ou empêcher de toute autre manière l'importation de HFC-152a et la fabrication de mousse de polystyrène extrudé utilisant des HFC d'ici au 1^{er} janvier 2028 ;
 - iii) Interdire ou empêcher de toute autre manière l'importation et la fabrication de réfrigérateurs domestiques utilisant des HFC d'ici au 1^{er} janvier 2029, en notant que les entreprises bénéficiant d'un financement aux fins de la conversion au titre de la phase I du KIP cesseront de fabriquer des réfrigérateurs domestiques contenant du HFC-134a d'ici au 1^{er} janvier 2028 ;
 - iv) Interdire ou empêcher de toute autre manière l'importation et la fabrication d'équipements de réfrigération commerciaux autonomes utilisant des HFC d'ici au 1^{er} janvier 2029 ; et
 - v) Interdire ou empêcher de toute autre manière l'importation et la fabrication d'unités de climatisation résidentielles fonctionnant au R-410A d'ici au 1^{er} janvier 2029, en notant que les entreprises qui bénéficient d'un financement aux fins de la conversion au titre de la phase I du KIP cesseront de fabriquer des unités de climatisation résidentielles fonctionnant au R-410A d'ici au 1^{er} janvier 2028 ;
- d) Approuver le projet d'accord entre le Gouvernement égyptien et le Comité exécutif pour la réduction de la consommation de HFC conformément à la phase I du KIP, figurant à l'annexe I du présent document ; et
- e) Approuver la première tranche de la phase I du KIP pour l'Égypte et le plan de mise en œuvre correspondant, d'un montant de 11 541 528 \$US, dont 9 081 787 \$US, plus les coûts d'appui à l'agence de 635 725 \$US, pour l'ONUDI, et 1 704 688 \$US, plus les coûts d'appui à l'agence de 119 328 \$US, pour le PNUD.

Annexe I

PROJET D'ACCORD ENTRE LE GOUVERNEMENT DE LA RÉPUBLIQUE ARABE D'ÉGYPTE ET LE COMITÉ EXÉCUTIF DU FONDS MULTILATÉRAL SUR LA RÉDUCTION DE LA CONSOMMATION D'HYDROFLUOROCARBONES AU TITRE DE LA PREMIÈRE PHASE DU PLAN DE MISE EN ŒUVRE DE L'AMENDEMENT DE KIGALI RELATIF AUX HFC

(Période : 2029–2030)

Objet

1. Cet Accord représente l'entente conclue entre le Gouvernement de la République arabe d'Égypte (« le Pays ») et le Comité exécutif concernant la réduction de l'usage réglementé des substances de l'annexe F indiquées à l'Appendice 1-A (« Les substances ») à un niveau durable de 15 046 473 tonnes d'équivalents de CO₂ (éq CO₂) d'ici le 1^{er} janvier 2030, conformément au calendrier du Protocole de Montréal et aux dispositions de cet Accord.

2. Le Pays convient de respecter les limites de consommation annuelle des substances de l'Annexe F indiquées à la ligne 1.2 de l'Appendice 2-A (« Cibles et financement ») de cet Accord, ainsi que dans le calendrier de réduction de toutes les substances de l'Annexe F au titre du Protocole de Montréal indiquées dans l'Appendice 1-A. Le Pays reconnaît que s'il accepte cet Accord et que le Comité exécutif respecte ses obligations de financement décrites au paragraphe 3, il écarte la possibilité de demander ou de recevoir un soutien financier supplémentaire du Fonds multilatéral pour toute consommation de substances de l'Annexe F qui dépasse les niveaux indiqués à la ligne 1.2 de l'Appendice 2-A en tant qu'étape finale de la réduction au titre de cet Accord pour toutes les substances précisées à l'Appendice 1-A et pour toute consommation de chacune des substances de l'Annexe F qui dépasse le[s] niveau[x] indiqué[s] à la [aux] ligne[s] 4.1.3 [et 4.2.3] (consommation restante admissible au financement).

3. Le Comité exécutif convient, en principe, d'accorder au Pays le financement indiqué à ligne 3.1 de l'Appendice 2-A si celui-ci respecte ses obligations énoncées dans le présent Accord. Le Comité exécutif versera le financement, en principe, aux réunions du Comité exécutif indiquées à l'Appendice 3-A (« Calendrier de financement approuvé »).

4. Le Pays accepte d'effectuer la mise en œuvre du présent Accord conformément à la phase I du plan de mise en œuvre de l'Amendement de Kigali relatif aux HFC (« le Plan ») approuvé. Conformément au paragraphe 5 b) du présent Accord, le Pays acceptera une vérification indépendante du respect des limites de consommation annuelle des Substances, tel qu'elles figurent à la ligne 1.2 de l'Appendice 2-A du présent Accord. Cette vérification sera commandée par l'agence bilatérale ou d'exécution concernée.

Conditions de décaissement du financement

5. Le Comité exécutif n'accordera le financement prévu au calendrier de financement approuvé que si le Pays satisfait aux conditions suivantes au moins dix semaines avant la réunion visée du Comité exécutif indiquée dans le calendrier de financement approuvé :

- a) Le Pays a atteint les Cibles établies à la ligne 1.2 de l'Appendice 2-A pour toutes les années visées. Les années visées correspondent aux années suivant l'année pendant laquelle le présent Accord a été approuvé, sauf les années pour lesquelles aucun rapport de mise en œuvre du programme de pays n'est exigé à la date de la réunion du Comité exécutif à laquelle la demande de financement est soumise ;

- b) Le respect des Cibles par le Pays a fait l'objet d'une vérification indépendante pour les années visées, à moins que le Comité exécutif décide qu'une telle vérification n'est pas requise ;
- c) Le Pays a soumis un Rapport de mise en œuvre de la tranche selon le modèle fourni à l'Appendice 4-A (« Modèle de Rapports et de Plans de mise en œuvre des tranches ») pour chaque année civile précédente ; il a atteint un niveau important de la mise en œuvre des activités entreprises lors des tranches précédentes approuvées ; et le taux de décaissement du financement disponible de la tranche déjà approuvée a dépassé les 20 pour cent ;
- d) Le Pays a soumis un Plan de mise en œuvre de la tranche selon le modèle fourni à l'Appendice 4-A pour toutes les années civiles, y compris l'année à laquelle le calendrier de financement prévoit la soumission de la tranche suivante ou, dans le cas de la dernière tranche, jusqu'à l'achèvement de toutes les activités prévues.

Suivi

6. Le Pays exercera un suivi rigoureux de ses activités au titre du présent Accord. Les institutions mentionnées à l'Appendice 5-A (« Organismes de suivi et rôles ») assureront le suivi de la mise en œuvre des activités des Plans de mise en œuvre des tranches précédentes et présenteront des rapports de connexes conformément aux rôles et aux responsabilités indiqués dans le même appendice.

Souplesse dans la réaffectation des fonds

7. Le Comité exécutif accorde au Pays la souplesse nécessaire pour réaffecter une partie ou la totalité des sommes approuvées, selon l'évolution de la situation, afin de réaliser la réduction la plus fluide possible de la consommation et l'élimination des substances de l'Annexe F indiquées à l'Appendice 1-A :

- a) Les réaffectations considérées comme des changements majeurs doivent être documentées à l'avance, soit dans un Plan de mise en œuvre de la tranche, comme prévu à l'alinéa 5 d) ci-dessus, ou en tant que révision d'un Plan de mise en œuvre de la tranche existant, remis dix semaines avant une réunion du Comité exécutif, pour approbation. Les changements majeurs concernent :
 - i) Les questions possiblement liées aux règlements et politiques du Fonds multilatéral ;
 - ii) Des changements qui modifieraient une clause du présent Accord ;
 - iii) Des changements dans les niveaux annuels de financement accordés aux différentes agences bilatérales ou d'exécution pour les différentes tranches ;
 - iv) Le financement d'activités ne figurant pas dans le Plan de mise en œuvre de la tranche approuvé en cours, ou le retrait d'une activité du Plan de mise en œuvre de la tranche, dont le coût dépasse 30 pour cent du coût total de la dernière tranche approuvée ;
 - v) Des changements dans la technologie de remplacement, étant entendu que toute demande concernant un tel changement préciserait les surcoûts connexes, les conséquences possibles pour le climat et les différences dans le nombre de tonnes éq CO₂ à éliminer, s'il y a lieu, et confirmerait que le Pays reconnaît que les économies possibles associées au changement de technologie réduiraient en conséquence le niveau de financement accordé en vertu de l'Accord ;

- b) Les réaffectations ne représentant pas un changement majeur peuvent être intégrées dans le Plan de mise en œuvre de la tranche approuvé en cours à cette période et déclarées au Comité exécutif dans le prochain Rapport sur la mise en œuvre de la tranche ;
- c) Toute entreprise incluse dans le plan qui ne serait pas jugée admissible au titre des politiques du Fonds multilatéral (c'est-à-dire en raison d'une participation étrangère ou d'une création postérieure à la date limite applicable) ne recevrait pas d'aide financière. Cette information serait communiquée dans le cadre du plan de mise en œuvre de la tranche ; et
- d) Toute somme restante détenue par les agences bilatérales ou d'exécution ou le Pays au titre du Plan sera restituée au Fonds multilatéral lors de l'achèvement de la dernière tranche prévue dans cet Accord.

8. Une attention particulière sera accordée à l'exécution des activités dans le secteur de l'entretien de l'équipement de réfrigération prévues dans le Plan, notamment que le Pays se prévaudrait de la souplesse prévue à l'Accord pour combler des besoins spécifiques qui pourraient survenir au cours de la mise en œuvre du projet.

Agences bilatérales et d'exécution

9. Le Pays convient d'assumer la responsabilité générale de la gestion et de la mise en œuvre du présent Accord et de toutes les activités qu'il entreprend ou qui sont entreprises en son nom afin de respecter ses obligations en vertu de cet Accord. L'ONUDI a convenu d'être l'agence d'exécution principale (« Agence principale ») et le PNUD a accepté d'agir comme agence de coopération (« Agence de coopération ») sous la direction de l'Agence principale, pour tout ce qui a trait aux activités du Pays en vertu de cet Accord. Le Pays consent aussi aux évaluations pouvant être effectuées en vertu des programmes de travail de suivi et évaluation du Fonds multilatéral ou du programme d'évaluation de l'Agence principale et/ou de l'Agence de coopération participant à cet Accord.

10. L'Agence principale réalisera une planification, une mise en œuvre et un établissement des rapports des rapports coordonnés pour toutes les activités visées par cet Accord, comprenant, sans s'y limiter, la vérification indépendante en vertu de l'alinéa 5 b). L'Agence de coopération soutiendra l'Agence principale en exécutant le Plan sous la coordination générale de l'Agence principale. Les rôles de l'Agence principale et de l'Agence de coopération sont présentés respectivement à l'Appendice 6-A et à l'Appendice 6-B. Le Comité exécutif accepte, en principe, de verser à l'Agence principale et à l'Agence de coopération les coûts d'appui indiqués aux lignes 2.2 et 2.4 de l'Appendice 2-A.

Non-respect des Cibles de l'Accord

11. Si, pour quelque raison que ce soit, le Pays ne respecte pas les Cibles d'élimination des substances de l'Annexe F indiquées à la ligne 1.2 de l'Appendice 2-A ou ne se conforme pas au présent Accord, le Pays reconnaît qu'il n'aura pas droit au Financement prévu au Calendrier de financement approuvé. Le financement sera restauré, au gré du Comité exécutif, conformément à un Calendrier de financement approuvé révisé déterminé par le Comité exécutif, après que le Pays ait eu démontré qu'il a respecté toutes les obligations qu'il avait à remplir avant de recevoir la prochaine tranche du financement selon le Calendrier de financement approuvé. Le Pays reconnaît que le Comité exécutif peut réduire le Financement des montants indiqués à l'Appendice 7 A (« Réduction du financement pour non-respect ») pour chaque kilogramme d'éq-CO₂ de réduction non réalisé au cours d'une année donnée. Le Comité exécutif discutera de chaque cas de non-respect du présent Accord et prendra des décisions en conséquence. Une fois les décisions prises, le cas précis de non-conformité à cet Accord ne fera pas obstacle au financement des futures tranches établi au paragraphe 5 ci-dessus.

12. Le Financement de cet Accord ne sera pas modifié en fonction des futures décisions du Comité exécutif pouvant avoir des conséquences sur le financement de tout autre projet pour le secteur de la consommation ou autre activité apparentée au Pays.

13. Le Pays se soumettra à toute demande raisonnable du Comité exécutif, ainsi que de l'Agence d'exécution principale et de l'Agence de coopération visant à faciliter la mise en œuvre du présent Accord. Plus particulièrement, il donnera à l'Agence d'exécution principale et à l'Agence de coopération accès aux renseignements nécessaires pour vérifier la conformité à cet Accord.

Date d'achèvement

14. L'achèvement du Plan et de l'Accord qui s'y rapporte sera réalisé à la fin de l'année suivant la dernière année pour laquelle un niveau de consommation maximum autorisé a été défini dans l'Appendice 2-A. S'il reste encore des activités en cours lors de l'achèvement et que ces activités étaient prévues dans le dernier Plan de mise en œuvre de la tranche et ses révisions subséquentes en vertu de l'alinéa 5 d) et du paragraphe 7, l'achèvement du Plan sera reporté à la fin de l'année suivant la mise en œuvre des activités restantes. L'obligation de remise des rapports exigés aux alinéas 1 a), 1 b) et 1 d) de l'Appendice 4-A demeurera en vigueur jusqu'à l'achèvement du Plan, à moins que le Comité exécutif n'en décide autrement.

Validité

15. Toutes les conditions mises de l'avant dans cet Accord ne sont fixées que dans le contexte du Protocole de Montréal et telles qu'elles sont précisées dans cet Accord. Tous les mots et expressions utilisés dans cet Accord ont le sens qui leur est accordé dans le Protocole de Montréal, à moins d'être définis dans les présentes.

16. Cet Accord ne peut être modifié ou résilié que par le consentement écrit du gouvernement du Pays et du Comité exécutif du Fonds multilatéral.

APPENDICES

APPENDICE 1-A : SUBSTANCES

Substances	Point de départ des réductions globales de consommation
À déterminer	

APPENDICE 2-A : CIBLES ET FINANCEMENT

Ligne	Détails		2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
1.1	Calendrier de réduction du Protocole de Montréal pour les substances de l'Annexe F	%	Gel	Gel	Gel	Gel	10	10	s.o.
		Tonnes éq CO ₂	19 290 350	19 290 350	19 290 350	19 290 350	17 361 315	17 361 315	s.o.
1.2	Consommation maximum totale admissible de substances de l'Annexe F	Réduction en %	0	0	4,1	6,7	15,0	22,0	s.o.
		Tonnes éq CO ₂	19 290 350	19 290 350	18 500 000	18 000 000	16 387 179	15 046 473	s.o.
2.1	Financement consenti à l'Agence principale (ONUDI) (\$US)		9 081 787	0	3 545 129	0	1 648 115	0	14 275 031
2.2	Coûts d'appui pour l'Agence principale (\$US)		635 725	0	248 159	0	115 368	0	999 252

Ligne	Détails	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
2.3	Financement consenti à l'Agence de coopération (PNUD) (\$US)	1 704 688	0	1 047 100	0	170 779	0	2 922 567
2.4	Coûts d'appui pour l'Agence de coopération (\$US)	119 328	0	73 297	0	11 955	0	204 580
3.1	Financement total convenu (\$US)	10 786 475	0	4 592 229	0	1 818 894	0	17 197 598
3.2	Total des coûts d'appui (\$US)	755 053	0	321 456	0	127 323	0	1 203 832
3.3	Coût total convenu (\$US)	11 541 528	0	4 913 685	0	1 946 217	0	18 401 430
4.	À déterminer							

APPENDICE 3-A : CALENDRIER DE FINANCEMENT APPROUVÉ

1. Le financement des futures tranches sera examiné aux fins d'approbation à la première réunion de l'année indiquée à l'Appendice 2-A.

APPENDICE 4-A : MODÈLE DE RAPPORTS ET PLANS DE MISE EN ŒUVRE DES TRANCHES

1. La proposition des Rapports et Plans de mise en œuvre de chaque tranche comprend quatre parties :

- a) Un exposé narratif comprenant les données par tranche, décrivant les progrès accomplis depuis le rapport précédent, reflétant la situation du Pays en ce qui concerne la réduction progressive des substances de l'Annexe F, la façon dont les différentes activités y ont contribué et leur lien d'interdépendance comprenant notamment, s'il y a lieu, les activités en lien avec l'efficacité énergétique approuvées dans le contexte de la réduction progressive des HFC en vertu de la décision 91/65. Le rapport doit fournir des données chiffrées de la réduction de la consommation de substances de l'Annexe F résultant directement de la mise en œuvre des activités, par substance, la technologie de remplacement utilisée et l'introduction connexe des substances de remplacement, afin que le Secrétariat puisse fournir au Comité exécutif l'information sur les changements qui en découlent sur les émissions relatives au climat. Ce rapport doit aussi mettre en lumière les réussites, les expériences et les défis. Le rapport doit aussi comprendre des informations quantitatives sur les activités mises en œuvre et mettre en évidence les réussites, les expériences et les difficultés rencontrées dans les différentes activités prévues dans le Plan, reflétant les changements dans les circonstances du Pays et offrant toute autre information pertinente. Le rapport doit aussi comprendre de l'information et la justification de tous les changements par rapport au(x) Plan(s) de mise en œuvre de la tranche déjà soumis, tels que les retards et le recours à la souplesse accordée pour la réaffectation des fonds au cours de la mise en œuvre de la tranche, comme prévu au paragraphe 7 de cet Accord, et autres changements ;
- b) Un rapport de vérification indépendante des résultats du Plan et de la consommation des substances de l'Annexe F, conformément à l'alinéa 5 b) de l'Accord. À moins que le Comité exécutif n'en décide autrement, cette vérification doit accompagner chaque demande de tranche et devra comprendre la vérification de la consommation pour toutes les années pertinentes précisées à l'alinéa 5 a) de l'Accord, pour lesquelles le Comité exécutif n'a pas accusé réception du rapport de vérification ;
- c) Une description écrite des activités qui seront entreprises pendant la période visée par la tranche demandée, comprenant des données quantitatives, en mettant en évidence les étapes de la mise en œuvre, la date d'achèvement et le lien d'interdépendance entre les activités, et en tenant compte des expériences et des progrès réalisés dans la mise en œuvre des tranches antérieures ; les données du Plan doivent être fournies par année civile. La description doit aussi comprendre un renvoi au Plan général et les progrès accomplis, ainsi

que tout changement possible prévu au Plan général. La description doit aussi préciser et expliquer en détail ces changements par rapport au Plan général. La description des futures activités peut être transmise dans le même document que l'exposé narratif décrit à l'alinéa a) ci-dessus ;

- d) Un sommaire analytique d'environ cinq paragraphes résumant l'information demandée aux alinéas 1 a) à 1 c), ci-dessus.

APPENDICE 5-A : INSTITUTIONS DE SUIVI ET RÔLES

1. Toutes les activités de surveillance seront coordonnées et gérées par l'Unité nationale de l'ozone (UNO). Le pays veillera à ce que les activités prévues dans le présent accord fassent l'objet d'un suivi précis. Les institutions énumérées aux appendices 6-A et 6-B (rôles des agences d'exécution principales et de coopération) surveilleront la mise en œuvre des activités et feront rapport à ce sujet conformément aux rôles et responsabilités qui leur sont assignés dans ces appendices.

2. L'UNO est partie intégrante du Ministère d'État chargé des affaires environnementales, sous la responsabilité directe de l'Agence égyptienne pour les affaires environnementales (EEAA). L'UNO continuera d'assumer la responsabilité générale de la mise en œuvre des activités prévues dans le présent Accord. Afin d'aider l'UNO dans l'exercice de ces responsabilités, une unité de gestion de projet est créée au sein de l'UNO et placée sous sa supervision directe.

3. L'Unité de gestion du projet (UGP) supervise l'exécution quotidienne des projets, des programmes de formation, de l'assistance technique et des activités de sensibilisation prévus dans le plan approuvé afin d'assurer la durabilité à long terme de l'impact de ces activités sur la réduction de la consommation et de l'utilisation des HFC. L'UGP restera en contact permanent avec les parties prenantes et les autres acteurs du marché afin de suivre les tendances et de veiller au respect de la stratégie et du plan mis en place.

4. La Direction générale du contrôle des exportations et des importations et le Département des douanes, dans le cadre d'un protocole signé avec le Comité national de l'ozone, jouent un rôle particulièrement important dans la surveillance des importations de HFC et la prévention du commerce illégal. Les registres douaniers servent de référence pour les contrôles croisés dans tous les programmes de suivi des différents projets relevant du KIP.

5. Le processus de suivi sera géré par l'UNO en étroite coopération avec les autorités compétentes et avec l'assistance de l'agence d'exécution principale et de l'agence d'exécution coopérante. L'UNO sera chargée de suivre la mise en œuvre durable des cibles de réduction de la consommation fixées dans le présent Accord.

6. La consommation des substances réglementées sera surveillée et déterminée sur la base des données officielles d'importation et d'exportation enregistrées par les services gouvernementaux compétents. L'UNO compilera et communiquera chaque année, au plus tard aux dates d'échéance, les données sur la consommation des substances à soumettre au secrétariat de l'Ozone et les progrès réalisés dans la mise en œuvre du plan à soumettre au secrétariat du Fonds multilatéral.

APPENDICE 6-A : RÔLE DE L'AGENCE D'EXÉCUTION PRINCIPALE

1. L'Agence d'exécution principale sera responsable de tout un éventail d'activités dont, pour le moins :

- a) Garantir l'efficacité et la vérification financière conformément au présent Accord et ses procédures et exigences internes spécifiques, mises de l'avant dans le Plan du Pays ;

- b) Aider le Pays à préparer les Rapports et Plans de mise en œuvre de la tranche, conformément à l'Appendice 4-A ;
- c) Présenter au Comité exécutif un rapport de vérification indépendante indiquant que les Cibles ont été atteintes et que les activités de tranche connexes ont été menées à terme, comme indiqué dans le Plan de mise en œuvre de la tranche, conformément à l'Appendice 4 A ;
- d) Veiller à ce que les expériences et les progrès soient inclus dans les mises à jour du Plan général et dans les futurs Plans de mise en œuvre de la tranche, conformément à l'alinéa 1 c) de l'Appendice 4-A ;
- e) Respecter les obligations de remise de Rapports et Plans de mise en œuvre de la tranche et du Plan général y compris les activités mises en œuvre par l'Agence de coopération, comme indiqué à l'Appendice 4-A, aux fins de proposition au Comité exécutif ;
- f) Dans l'éventualité où la dernière tranche de financement est demandée un an ou plusieurs années avant la dernière année pour laquelle une cible de consommation a été établie, les Rapports annuels de mise en œuvre de la tranche et, s'il y a lieu, les rapports de vérification de la phase en cours du Plan ne devront être remis que lorsque toutes les activités prévues seront achevées et que les cibles de consommation de HFC auront été atteintes ;
- g) Veiller à ce que les examens techniques soient réalisés par les experts techniques indépendants ;
- h) Réaliser les missions de surveillance requises ;
- i) Garantir l'existence d'un mécanisme de financement permettant l'application efficace et transparente du Plan de mise en œuvre de la tranche et la transmission de données exactes ;
- j) Coordonner les activités de l'Agence de coopération tout en veillant à ce que les activités se déroulent dans l'ordre ;
- k) En cas de réduction de financement pour non-respect, conformément au paragraphe 11 de l'Accord, déterminer, en consultation avec le Pays et l'Agence de coopération, l'application des réductions aux différents postes budgétaires et au financement de l'Agence principale et de l'Agence de coopération ;
- l) Veiller à ce que les décaissements faits au Pays reposent sur des indicateurs ;
- m) Offrir de l'assistance pour les politiques, la gestion et le soutien technique au besoin ;
- n) Atteindre un consensus avec l'Agence de coopération concernant la planification, la coordination et l'établissement des rapports nécessaires afin de faciliter la mise en œuvre du Plan ; et
- o) Décaisser les sommes au Pays et aux entreprises participantes au moment opportun, pour réaliser les activités en lien avec le projet.

2. Après avoir consulté le Pays et tenu compte des points de vue exprimés, l'Agence d'exécution principale sélectionnera une entité indépendante et lui confiera le mandat de réaliser les vérifications des résultats du Plan et de la consommation des substances de l'Annexe F indiquées à l'Appendice 1-A, conformément à l'alinéa 5 b) de l'Accord et à l'alinéa 1 b) de l'Appendice 4-A.

APPENDICE 6-B : RÔLE DES AGENCES DE COOPÉRATION

1. Les Agences de coopération sont responsables de tout un éventail d'activités. Ces activités sont précisées dans le Plan, et comprennent pour le moins :

- a) Offrir de l'assistance pour l'élaboration de politiques générales, si nécessaire ;
- b) Aider le Pays à mettre en œuvre et à évaluer les activités financées par l'Agence ou les Agences de coopération, et consulter l'Agence principale afin d'assurer le déroulement des activités dans l'ordre et de manière coordonnée ;
- c) Remettre des rapports de ces activités à l'Agence principale, afin de les inclure dans les rapports consolidés, conformément à l'Appendice 4-A ;
- d) Atteindre un consensus avec l'Agence principale concernant la planification, la coordination et l'établissement des rapports nécessaires afin de faciliter la mise en œuvre du Plan.

APPENDICE 7-A : RÉDUCTIONS DU FINANCEMENT POUR NON-RESPECT DES CIBLES DE L'ACCORD

1. Conformément au paragraphe 11 de l'Accord, le financement fourni peut être réduit de 5,93 \$US/tonne éq CO₂ de consommation en sus du niveau défini à la ligne 1.2 de l'Appendice 2-A pour chaque année où la Cible indiquée à la ligne 1.2 de l'Appendice 2-A n'a pas été atteinte, étant entendu que la réduction totale du financement ne dépassera pas le niveau de financement demandé pour la tranche. Des mesures supplémentaires pourraient être appliquées si le non-respect persiste pour deux années de suite. Dans l'éventualité où le non-respect par le Pays est le résultat de commerce illicite, la réduction du financement ne s'appliquera pas si les substances réglementées faisant l'objet du commerce illicite ont été saisies et ensuite confisquées, détruites, exportées ou retournées au pays d'origine.

Annex II
Details of the implementation plan for the first tranche of the KIP for Egypt

Component	Activity	Agency	Cost US\$
Manufacturing activities			
Foam sectors	PU foam El Araby conversion	UNDP	101,420
	PU foam group project (SMEs)		124,000
	XPS foam conversion		853,021
	<i>Subtotal first tranche investment projects for foam sectors</i>		<i>1,078,441</i>
	<i>Project management for investment projects for foam sectors</i>		<i>91,667</i>
RAC manufacturing sectors	Domestic refrigeration	UNIDO	4,502,856
	El Araby domestic refrigeration		50,000
	Commercial refrigeration		502,202
	Residential AC		1,948,253
	<i>Subtotal first tranche for investment projects for RAC manufacturing sectors</i>		<i>7,003,310</i>
	<i>Project management for investment projects for RAC manufacturing sectors</i>		<i>595,281</i>
Servicing sector activities			
1. Regulatory framework and control mechanism	Strengthening the HFC policy and regulatory framework: • Consultancy to review and update policy and regulatory framework • Consultancy to strengthen national capacities • Updating labour competency standard • Development of a RAC sector circular economy model • Economic impact study on incentives and accelerated process • National registry system of medium and large installations	UNDP	125,000
	Training programme on updated HFC control policies and regulations: • International consultancy to design/update training materials • Training courses for customs/border control officers • Training courses for importers and brokers • Purchase of 10 refrigerant identifiers for customs • Review and update licensing and quota system procedures		88,700
	Gender mainstreaming programme: • Recruiting a gender specialist and identification of barriers and priorities for women in the RAC sector • Development of promotional materials and promotion of gender equity and application of gender policies • Workshops for 50 to 80 stakeholders each		62,000
	<i>Subtotal regulatory framework and control mechanism</i>	<i>UNDP</i>	<i>275,700</i>
2. Capacity building of technicians	Review/update of standards, guidelines and RAC curriculum: • Review/update codes of practices covering all sectors and newer technologies; • Developing standards and guidelines for MAC servicing and translation of materials for dissemination; • Conducting awareness campaigns and workshops for stakeholders, including staff from training institutions, national associations, trainers, regulators, and recycling centre operators; and • Updating the MAC training curriculum ensuring links to nationally adopted standards.	UNIDO	80,000
	Extending technician certification to the MAC sector: • Establishing committee with technical experts and national stakeholders to prepare new certification scheme • Creating a database of potential MAC service technician for certification • Training of 50 assessors for MAC certification.		95,000
	Provision of tools to 900 MAC and RAC workshops: • Survey to identify MAC and RAC workshops, identify needs and purchase and delivery of equipment to 100 workshops in first tranche		255,000

Component	Activity	Agency	Cost US\$
	Training and testing of 1,000 MAC and 1,000 RAC technicians: • Three-day training sessions through centres of excellence and training institutes on good practices for 725 MAC and 725 RAC technicians in first tranche.		290,000
	After-sales training of 1,250 technicians at major brand RAC and MAC service centres: • In-depth instruction in diagnostics and troubleshooting, using appropriate tools and techniques, safety and industry standards for 500 trainees in first tranche		100,000
<i>Subtotal capacity building of technicians</i>		UNIDO	820,000
3. Outreach and communication	Campaigns in various sectors (MDI, MAC, RAC) raise awareness on phase-down and on energy efficiency and sustainable cooling: • Producing outreach materials, biannual round tables, four targeted workshops, and online engagement	UNIDO	230,000
	Campaigns to promote activities in the foam sectors, and raise awareness of regulatory changes: • Producing outreach materials, targeted workshops and multimedia engagement	UNDP	65,000
<i>Subtotal outreach and communications</i>		UNIDO	230,000
		UNDP	65,000
4. Sectoral projects (a) residential AC	Demonstration project for two not-in-kind (NIK) ⁴¹ direct-indirect evaporative cooling (D-IEC) technologies ⁴² for residential split applications: • Consulting services to set up the project, advise the participants on the technology and guiding them through the R&D and production phases • Manufacturing prototype D-IEC units of 5 to 7.5 kW capacity	UNIDO	45,000
	Demonstration project of three NIK packaged chilled water systems replacing multi split units • Consulting services to set up the project, advise the participants on the technology and guiding them through the R&D and production phases • Manufacturing two prototypes chilled water systems of 10 to 17.5 kW capacity	UNIDO	55,000
Sectoral projects (b) Commercial AC	Demonstration project for NIK deep sea cooling ⁴³ technology in commercial AC: • Hiring a consultant to determine the viability of district cooling using deep sea cooling technology in two new developments • Data collection using a remote operated vehicle in deep layers of the Gulf of Aqaba	UNIDO	40,000
<i>Subtotal sectoral projects</i>		UNIDO	190,000
5. Technical assistance (a) RAC sector	Dedicated technical assistance programme for SMEs in manufacturing conversions • Provision of technical assistance and support towards the conversion of SMEs across the assisted manufacturing sectors	UNIDO	25,000

⁴¹ The term of not-in-kind (NIK) cooling technologies refers to any alternative cooling systems other than vapor compression cooling systems.

⁴² Direct-indirect evaporative cooling: First uses indirect evaporative cooling to pre-cool the air without adding moisture. The pre-cooled air then undergoes direct evaporative cooling, further reducing its temperature. The combination maximizes cooling efficiency while controlling humidity levels, making it suitable for a wide range of applications.

⁴³ Deep sea cooling technologies leverages the naturally cold temperatures found in deep waters to provide cooling for buildings and industrial processes. This method can substantially reduce energy consumption and greenhouse gas emissions compared to conventional air-conditioning systems.

Component	Activity	Agency	Cost US\$
5. Technical assistance (b) firefighting sector	Technical assistance and monitoring the use of HFCs as fire extinguishing agents: • Developing an inventory of enterprises that import, sell, use, install and refill HFC-based fire control equipment and flood systems; • Promotion and development/printing of booklet on best practices in maintaining and recharging portable fire extinguishers; • Coordinating a working group to develop technical capacity on customs codes to control the trade of cylinders used in the firefighting sector; • Begin work to establishing a training and examination centre	UNDP	152,000
4. Technical assistance (c) refrigerated transport sector	Technical assistance to the refrigerated transport subsector: • Identification all stakeholders in the subsector, the technologies and the applications (container trucks, small trucks, reefers, or marine refrigeration) use consumption trends, and readiness for alternative technologies; and an assessment of the after-sales servicing capabilities • Workshops for SMEs and installers on new technologies, reducing leakage through design and proper tools • Technical assistance provided through individual visits arranged with stakeholders	UNIDO	102,000
<i>Subtotal technical assistance</i>		UNIDO	127,000
		UNDP	152,000
<i>Subtotal UNIDO first tranche servicing sector activities</i>			1,367,000
<i>Subtotal UNDP first tranche servicing sector activities</i>			492,700
<i>Subtotal first tranche servicing sector activities</i>			1,859,700
<i>Project management for first tranche</i>		UNIDO	116,195
		UNDP	41,880
Total for UNIDO first tranche			9,081,787
Total for UNDP first tranche			1,704,688
Grand total			10,786,475

Transformation of Commercial Air Conditioning Companies
HCFC Phase-out Management Plan (HPMP) EGYPT (Stage II), UNIDO ID: 140400



DIRECT/INDIRECT EVAPORATIVE COOLING

Year: 2024

Climatic Zone: 8

Project supported by:

MULTILATERAL FUND FOR THE IMPLEMENTATION OF THE MONTREAL PROTOCOL



UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION



UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME



EUROPEAN INDUSTRY ASSOCIATION EUROVENT

Table of Contents	Page
Disclaimer	4
Acknowledgment	5
Project Team	6
Executive Summary	7
Chapter 1: Tabulation Formats for Compiling and Presenting the Results of the Project for the Prototypes of Four OEMs in Climatic Zone 8	8
1.1 The Layout of the Testing Yard	8
I. Infrastructure Setup	8
II. Security and Access	8
III. Logistics and Support	8
IV. Transportation and Accommodation	8
V. Continuous Communication	9
VI. Coordination and Site Inspections	9
VII. Location of the Testing Yard	9
VIII. Tested Units	9
IX. Measurement Apparatus	10
X. Supporting Equipment	11
XI. Data Collection and Analysis	11
1.2 Method of Tabulating Results	11
I. Test Details and Schedule	12
II. Standard Conditions for Testing	14
III. Tabulating Results	14
IV. Accuracy of Measuring Instruments	15
1.3 Ambient Conditions During the Tests	16
1.4 Summary of Results	18
I. Results of OEM 2 (August 26, 2024)	18
II. Results of OEM 3 (August 28-29, 2024)	18
III. Results of OEM 7 (August 30-31, 2024)	19
IV. Results of OEM 6 (August 31 – September 1, 2024)	20
1.5 Challenges and Problems Associated with the Testing	20
I. Unstable Electricity Supply	20
II. Weather-Related Challenges	21
III. Technical Problems with Testing Equipment	21
IV. Impact of Challenges on Testing Results	22
Chapter 2: Review and Recommend How to Update National Guidelines to Include New Technologies	23
2.1 Review of the Results of Testing in CZ 2, 5 and 8	23
I. Developing Guidelines and Codes for Direct/Indirect Evaporative Cooling (IEC)	23
II. Guidelines for Not-In-Kind (NIK) Cooling Technologies	23
III. Expand Testing Requirements Across Climatic Zones	23
IV. Establish Calibration and Certification Protocols	24
V. Promote Awareness and Training for IEC Technology	24
VI. Economic Feasibility Analysis Requirements	24
VII. Define Quality Assurance and Testing Procedures	24
VIII. Conclusion	25
2.2 Recommendation for Updating National Guidelines	25
I. Develop Specific Guidelines and a Code for IEC Technology	25
II. Expand Testing and Performance Evaluation All Climate Zones	25
III. Promote Lower-GWP Refrigerants and Environmental Sustainability	25
IV. Incorporate Life-Cycle Cost Analysis and Economic Feasibility Assessments	26

V. Develop Calibration and Quality Assurance Protocols	26
VI. Raise Awareness and Provide Training for IEC and NIK Technologies	26
VII. Quality Assurance and Certification for IEC Technology	26
VIII. Continuous Monitoring and Data Collection for IEC System Performance	27
IX. Incorporate Environmental and Sustainability Criteria	27
X. Summary	27
Chapter 3: Reporting of the Outreach Campaign	28
3.1 The Outreach Campaign	28
I. Introduction	28
II. Campaign Objective	28
III. Program Agenda	28
IV. Key Presentations	28
V. Discussions	29
VI. Outcomes and Future Recommendations	30
VII. Conclusion	30
Chapter 4: Conclusions and Future Work	32
4.1 Key Findings	32
4.2 Suggested Stage III	32
Annex 1: Results of Test for All OEMs	
Annex 2: Calibration Certificates	
Annex 3: Testing Equipment Used	
Annex 4: Outreach Campaign Brochure, Presentations and Photos	
Annex 5: Testing Photos	

Disclaimer

This report is carried out by Housing and Building National Research Center in Egypt (HBRC) with collaboration of United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), United Nations Environment (UNEP) and National Ozone Unit in Egypt (NOU). This report may be reproduced in whole or in part and in any form for educational or non-profit purposes without special permission from UNIDO and UNEP, provided acknowledgement of the source is made. UNIDO and UNEP would appreciate receiving a copy of any publication that uses this publication as a source. No use of this publication may be made for resale or for any other commercial purpose whatsoever without prior written permission from UNIDO and UNEP.

While the information contained herein is believed to be accurate, it is of necessity presented in a summary and general fashion. The decision to implement one of the options presented in this document requires careful consideration of a wide range of situation-specific parameters, many of which may not be addressed by this document. Responsibility for this decision and all its resulting impacts rests exclusively with the individual or entity choosing to implement the option. UNIDO, UNEP, their consultants and the reviewers and their employees do not make any warranty or representation, either expressed or implied, with respect to the accuracy, completeness or utility of this document; nor do they assume any liability for events resulting from the use of, or reliance upon, any information, material or procedure described herein, including but not limited to any claims regarding health, safety, environmental effects, efficacy, performance, or cost made by the source of information.

Acknowledgment

We would like to acknowledge the assistance given by the governmental sectors and the National Ozone Unit Officers of Egypt and the Housing & Building National Research Center (HBRC) for their support in the implementation of the project and their assistance in facilitating communication with different stakeholders.

We also acknowledge the International Technical Review Team “EUROPEAN INDUSTRY ASSOCIATION EUROVENT” that assist the project team in reviewing the process, results and report of the project.

Acknowledgement also goes particularly to HBRC for providing the testing yard, facilities (Electrical feeding, water supply ... etc.) and other logistic facilities at their installation in Toshky.

The project team also acknowledges the OEM manufacturers who built the IEC-H prototypes and DX systems to be tested at the location.

- Delta Construction & Manufacturing DCM
- TIBA Engineering Industries Co.
- VOLTA EGYPT
- SS Air Technology

Acknowledgement also goes to the team’s technicians, technical assistance staff and drivers which assisted in the project successful completion in this remote location.

Project Team

This Project is contracted between the United Nations Industrial Development Organization "UNIDO" and Housing & Building National Research Center "HBRC". Whereas, UNIDO has been designated by the **Multilateral Fund for the Implementation of the Montreal Protocol** as Implementing Agency; and has agreed to provide assistance to the Egyptian Government in carrying out the project entitled "HCFC Phase-Out Management Plan (HPMP) Egypt (Stage II)".

The National Ozone Unit – Ministry of Environment, Egypt: The ministry team provided guidance and direction and participated at project meetings and discussions. The project is funded by the HCFC Phase- out Management Plan (HPMP) of Egypt.

The Project Management: UNIDO and UN Environment provided overall management and coordination of the project, established the link with the technology providers, and oversaw the development of the report of the project. The Project was managed by Mr. Ole Nielsen, Dr. Iino Fukuya, Dr. Yunrui Zhou, Program Officer – UNIDO and Eng. Ayman El-Talouny, International Partnership Coordinator, Ozone Action Program – UN Environment. The Coordination Consultant, Eng. Ahmed El-Korashy provided logistical support and coordination for the project.

EUROVENT (European Industry Association): Due to the absence of local testing standard or guidelines for IEC applications, the service of an International Advisory Partner was needed to offer recommendations, testing reference and quality review of the testing process.

The Project general Manager and Technical Consultant and writer of the report, Dr. Alaa Olama advised OEMs during prototype design and construction. Devised testing methodology and testing TOR, consulted with OEMs to provide technical solutions for problems as they arose wrote the report and provided analysis of data.

HBRC organized testing including testing results in both climatic zones, tabulated and created the excel sheets including figures, drawings and review and edit of the report

The project personnel provided by the HBRC are as follows:

Name	Project Function	Gender
Prof. Sayed Shebl Mohamed	Team Leader	Male
Eng. Sally Aladdin Ali	Expert Testing Engineer	Female
Eng. Aya Mohamed Zaki	Expert Testing Engineer	Female
Eng. Mariam Sayed Shebl	Expert Architecture Photographer	Female
Mrs. Elham Eid Said	Secretarial Work	Female
Mr. Mohamed Hassan Ahmed	Secretarial Work	Male
Mr. Farid Rashed Ibrahim	Specialized Testing Technician	Male
Mr. Ahmed Maher Mohamed	Specialized Testing Technician	Male
Mr. AbuElHagag Abbas Mohamed	Specialized Testing Technician	Male
Mr. Qassem Gad	Specialized Testing Technician	Male
Eng. Ahmed Ezzat Mahmoud	Specialized IT Assistant	Male
Mr. Mohamed Ibrahim Abdel Moiety	Driver	Male

Executive Summary:

This project is contracted to support the Egyptian Government in implementing the “HCFC Phase-Out Management Plan (HPMP) Egypt (Stage II).” As part of the project requirements, each Original Equipment Manufacturer (OEM) was tasked with independently developing custom-built prototypes of Direct/Indirect Evaporative Cooling Hybrid Air Conditioners (IEC-H) and a central Direct Expansion (DX) unit. These units were then tested and compared under real operating conditions in three of Egypt's eight climatic zones (CZ).

The 2022 final report presented test results from CZ 2 and CZ 5. This current report provides the performance results from CZ 8, Egypt's hottest and driest climatic zone.

The testing included a 24-hour performance comparison between a full fresh air IEC-H unit and the DX unit. Key parameters assessed included dry bulb and wet bulb temperatures exiting the IEC-H and DX units, Energy Efficiency Ratios (EERs), and the refrigeration capacities of each unit. Each OEM's IEC-H and DX units were tested simultaneously over the 24-hour period to ensure consistent comparative data.

All OEM results indicated that their IEC-H units achieved better Energy Efficiency Ratios (EER) compared to their respective DX units in the CZ 8 testing conditions. The highest and lowest EERs across all OEMs are highlighted below. This report on CZ 8 demonstrates that the IEC-H system outperforms the DX system thermodynamically, as it consistently achieves higher EERs.

Although the air discharge of both units for each OEM were the same, compressor capacity for each OEM varied considerably. OEMs used different capacity compressor in their IEC-H units compared to their respective DX unit tested. The tests showed that the capacity of the IEC-H unit when compared to the capacity of the respective DX unit also varied considerably. For a certain OEM, for some it was higher and for others inferior. The report breaks new ground for NIK air conditioning technologies and provides an alternative full fresh air system for air conditioning application that exceeds the efficiency of existing DX systems.

This report marks a significant advancement for NIK air conditioning technology by presenting an alternative full fresh air system that surpasses the efficiency of traditional DX systems. Although the final reports for CZ 2 & 5 (2022) and this report for CZ 8 (2024) provide a solid foundation for developing guidelines for a direct/indirect evaporative cooling code in Egypt, the report recommends further research. Specifically, it suggests deriving a mathematical model to predict EERs and refrigeration capacities for IEC-H prototypes across Egypt's remaining five climatic zones. The technical analysis of the results are included in the report issued by the technical consultant of the project.

Chapter 1: Tabulation formats for compiling and presenting the results of the project for the prototypes of four OEMs in Climatic Zone 8

1.1. The layout of the testing yard

The Housing and Building National Research Center (HBRC) has undertaken extensive preparations to establish a fully equipped testing yard in Climatic Zone 8, specifically in Aswan-Toshky. This location was chosen for its unique climatic conditions, providing a suitable environment for testing the Direct/Indirect Evaporative Cooling Hybrid (IEC-H) prototypes and Direct Expansion (DX) units. Below is a summary of the key preparations completed to ensure the site is fully operational and secure:

I. Infrastructure Setup:

- Testing Yard: Essential yard for running out the tests was arranged and coordinate with the Ministry of Water Resources & Irrigation to include both IEC-H and DX units in the same run.
- Electrical Cables, Electrical Panel and Water Supply: Essential site infrastructure was established, including electrical panel and cables and water piping systems. The water supply setup was coordinated through contracts with the Ministry of Water Resources & Irrigation to ensure adequate water availability for testing.
- Power Stability: Due to high summer energy demands in the region, a generator was rented to maintain stable power for the operation of the IEC-H prototypes and DX units. The generator, which required heavy equipment for transport, was essential to compensate for power instability during peak summer loads.

II. Security and Access:

- Safety Gate: A secure gate was installed at the testing yard to control access and ensure the safety of personnel and equipment.
- Road Preparation: Roads leading to the testing site were prepared to facilitate smooth access for equipment and personnel transport.

III. Logistics and Support:

- Weather Station Setup: The technical team installed a weather station at the site to monitor and log climate conditions essential for the testing data.
- Water Pipelines and Pump Purchase: water pipelines and pump was acquired to supply the IEC-H units with the necessary water feed.

IV. Transportation and Accommodation:

- HBRC arranged hotel accommodations in Abu Simbel for team members, and vehicles were rented to transport the team between the hotel and testing site daily.
- Four on-site rooms were prepared to house technicians and drivers from HBRC and the OEMs.
- Forklifts were rented to unload and move the tested prototypes and units within the

testing yard.

V. Continuous Communication:

HBRC ensured consistent communication with OEMs throughout the testing phase to coordinate the secure arrival of personnel and equipment. Additionally, HBRC facilitated OEM members' local transportation by liaising with car rental agencies. HBRC supported OEMs with accommodation and flight reservations through the HBRC Relationship Department.

VI. Coordination and Site Inspections:

Prior to the testing phase, HBRC conducted three site inspections to ensure all arrangements were in place. One of these visits included the HBRC Chairman, Chairman Deputy, and the Project Team Leader to oversee the setup and ensure readiness.

Through these efforts, HBRC has established a well-prepared testing yard in Aswan-Toshky, fully equipped to support comprehensive testing in Egypt's Climatic Zone 8.

VII. Location of the Testing Yard

The testing yard was set up in Climatic Zone 8, located in Aswan-Toshky (latitude: 22°49' 02" N, longitude: 31°28' 16" E, altitude: 196.07 meters above sea level) as in Figure (1). The tests were conducted under this region's extreme climatic conditions, which are characterized by high temperatures and low humidity.

The layout and equipment setup for the testing yard included the following components and arrangements, as illustrated in Figure (2): Schematic diagram:

VIII. Tested Units:

- IEC Hybrid Unit: A Direct/Indirect Evaporative Cooling Hybrid (IEC-H) prototype.
- DX Unit: A Direct Expansion (DX) unit configured to match the airflow rate of the IEC-H unit.

Both the IEC-H prototype and DX unit were configured to operate with a low Global Warming Potential (GWP) refrigerant, R-32, and were set up for full fresh air intake, maintaining the same airflow rate for accurate comparison. Each OEM's equipment was tested simultaneously over a continuous 24-hour period, with data recorded every hour. The IEC-Hybrid prototype and DX Unit were positioned parallel, with both units set to intake fresh air from the same ambient source to ensure consistency in air conditions. Each unit was equipped with air ducts to facilitate controlled air discharge.

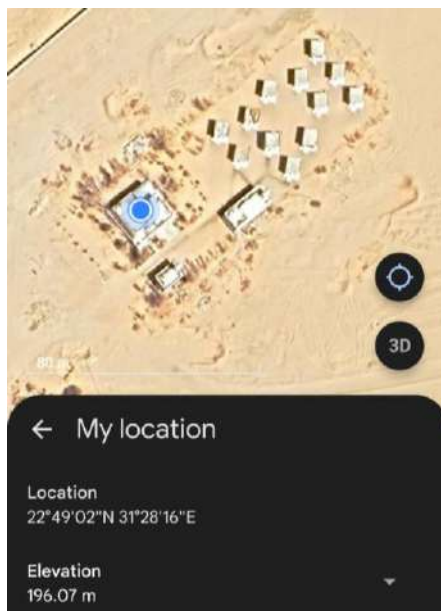


Figure (1): Testing Location

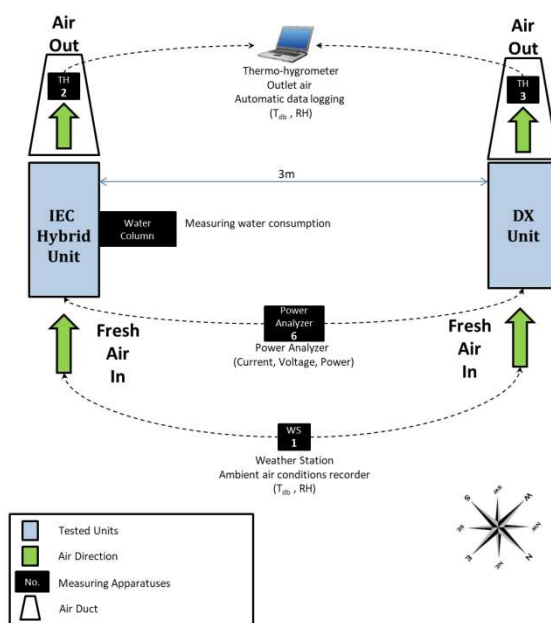


Figure (2): Schematic Diagram of the testing Units and Measuring Instruments

IX. Measurement Apparatus:

- Thermo-Hygrometers: Placed at the outlet of both the IEC-H prototypes and DX units, the thermo-hygrometers recorded the dry bulb temperature ($T_{db_{out}}$) and relative humidity (RH_{out}) of the outlet air, automatically logging these values hourly for detailed analysis of the air conditioning performance.
- Weather Station (WS): Located on roof top of one building in the site away from the

exit of tested units. The weather station continuously recorded ambient air conditions, specifically the dry bulb temperature ($T_{db,amb}$) and relative humidity (RH_{amb}), wind speed, wind direction, solar radiation, and barometric pressure providing a reference for evaluating the effectiveness of the cooling systems under local climate conditions.

- Power and Water Consumption Monitoring: Each DX unit was connected to a power meter to monitor the total power consumption ($P_{w,TotDX}$). While Each IEC-H prototype was connected to a power analyzer to monitor the total power consumption ($P_{w,TotIEC-H}$). Additionally, four power meters were connected to the IEC-H prototype to monitor the power consumption of the pump, supply fan, exhaust fan, and the compressor. A water level (W_{LVL}) sensor measured the water consumed by the IEC-H prototype, with hourly data logged to calculate the total water usage across the 24-hour test period.
- All measuring apparatuses are calibrated in accredited laboratories; the calibration certificates are included in Annex 2.

X. Supporting Equipment:

- Generator: A generator was provided to ensure stable power supply, as local electricity was inconsistent due to high summer loads. Heavy equipment was used to transport and position the generator on site.
- Water Pump: Installed to supply the IEC-H prototypes with the required water feed for evaporative cooling.
- Forklifts and Vehicles: Forklifts were rented to transport and position the units at the designated testing locations, while vehicles facilitated transport of personnel and equipment between the testing site and accommodations.

XI. Data Collection and Analysis:

- The tests were conducted for each OEM over a continuous 24-hour period, with all measurements (temperature, humidity, power consumption, and water usage) recorded on an hourly basis. This allowed for a comprehensive analysis of each unit's performance in terms of energy efficiency, cooling capacity, and resource consumption.
- This setup enabled a detailed comparison between the IEC-H and DX units, facilitating performance evaluation in Climatic Zone 8's challenging environmental conditions. The hourly readings and controlled testing environment ensured reliable data, which will contribute to assessing the thermodynamic efficiency of the IEC-H system compared to traditional DX systems under real-world conditions.

1.2. Method of tabulating results

The purpose of this report is to outline the methodology used to tabulate results for performance tests conducted on four OEMs

- VOLTA Egypt
- Delta Construction & Manufacturing (DCM)

- Smart Sustainable Air Technology (SS Air Technology)
- TIBA Engineering Industries Co. (TIBA).

These tests were conducted to assess the airflow characteristics of the IEC-H prototypes and DX units associated with each OEM. Testing was carried out on specific dates and with airflow rates held constant to ensure consistency in results.

The results for each OEM were tabulated as per **Annex 1: Results of Tests of All OEMs**

I. Test Details and Schedule:

Testing was conducted over four days, with each OEM's units being evaluated on a specific date:

- **OEM 2:** August 26, 2024
- **OEM 3:** August 28-29, 2024
- **OEM 7 :** August 30-31, 2024
- **OEM 6:** August 31 – September 1, 2024

The testing dates modified from the scheduled plan as per specified in Table (1):

Table (1): The testing dates modified from the scheduled plan

Date	Scheduled Action	Changes in Scheduled Plan	Remarks
24 rd August	Arrival of some of HBRC team & OEM 2 Team at Abu-Simbel Airport Arrival of OEM 2 units Connecting of OEM2 units	No Changes	N.A
25 th August	Testing of OEM 2 units*	Testing postponed to the next day	Unstable electricity in the site. Power generator is rented to solve the problem.
26 th August	Disconnecting of OEM 2 units* Arrival of OEM 3 units Connecting of OEM 3 units	Testing of OEM 2 units started @ 12:00 am	A storm started at 6:30 pm, which sharply increased the ambient relative humidity and decreased the ambient dry bulb temperature
27 th August	Testing of OEM 3 units*	Testing postponed to the next day	Dew to the storm occurred on the previous day, the

Date	Scheduled Action	Changes in Scheduled Plan	Remarks
			ambient relative humidity was higher than usual values in this location.
28 th August	Disconnecting of OEM 3 units*	Testing of OEM 3 units started @ 10:00 am	
29 th August	Arrival of OEM 7 units Connecting of OEM 7 units	No Changes	OEM 7 used the DX unit of OEM 3 company A storm started at 8:00 pm
30 th August	Testing of OEM 7 units	Testing of OEM 7 started @ 9:00 am	Testing of OEM 7 was going to be started at 12:00 am, The storm caused a heavy rain and power shortage all over the city. The testing was postponed to 9:00 am when the weather became more stable Due to the storm, the ambient relative humidity throughout the testing day was higher than usual
31 st August	Disconnecting of OEM 7 units Arrival of OEM 6 units Connection of TIBA units	Testing of OEM 6 units started @ 8:00 pm	N.A
1 st September	Testing of OEM 6 units*	Testing started at the previous day Disconnection of the units	N.A
2 nd September	departure of HBRC team & OEM 6 Team at Abu-Simbel Airport		N.A
Note: (*): Changed from the original Schedule			

II. Standard Conditions for Testing:

To ensure comparability between results, the airflow rates for both the IEC-H prototype and DX unit were set as follows:

- **OEM 2:** 1189 CFM
- **OEM 3:** 1320 CFM
- **OEM 7:** 1320 CFM
- **OEM 6:** 1800 CFM

These values were used consistently throughout testing to provide a controlled environment for comparing the performance of each OEM's equipment under similar conditions.

III. Tabulating Results:

Results were monitored and automatically logged to provide clarity and ease of analysis. The tabulation process was organized according to the following principles:

- a. **Date and OEM Identification:** Each set of results is associated with the specific OEM tested on a particular date, ensuring easy traceability and review of test data.
- b. **Airflow Measurements:** The airflow rate was a critical variable in this testing process, and it was carefully documented for both the IEC-H prototype and DX units of each OEM. The values were kept constant as per the standard conditions, ensuring consistency.
- c. **Measured Metrics:** For each OEM, performance metrics (such as ambient conditions, primary air outlet temperature and relative humidity, water consumption, and power consumption) were recorded for the IEC-H prototype and DX unit and organized into a table format. These values were measured under the constant airflow conditions outlined above to provide comparable results across all OEMs.
- d. **Calculated Parameters:** The testing process involved comprehensive measurements at both ambient conditions and during operation of the IEC-H prototype and DX unit. These parameters were essential for evaluating the performance of each OEM's system. Below is a summary of the specific metrics calculated in each case.
- e. **Ambient Condition Calculated parameters:** The following parameters were calculated at ambient conditions to establish baseline environmental data for each test:
 - **Pressure at Given Altitude (Pa):** Calculated based on the testing location's altitude to adjust for atmospheric pressure.
 - **Saturation Vapor Pressure (hPa):** The maximum vapor pressure at the ambient temperature.
 - **Partial Vapor Pressure (Pa):** The pressure exerted by water vapor present in the ambient air.

- Humidity Ratio: The ratio of the mass of water vapor to the mass of dry air.
 - Partial Pressure of Dry Air (Pa): The pressure component of dry air in the ambient conditions.
 - Density of Ambient Air (kg/m^3): Calculated based on pressure, temperature, and humidity conditions.
 - Enthalpy of Ambient Air (kJ/kg): Total heat content of the ambient air per unit mass.
- f. IEC-H Prototype and DX Unit Calculated parameters: For the IEC-H prototype and DX unit, the following parameters were calculated to evaluate its performance under operating conditions:
- Saturation Vapor Pressure (hPa): Calculated for the air exiting the tested unit to assess moisture content.
 - Partial Vapor Pressure (Pa): The pressure component of water vapor in the outlet air.
 - Humidity Ratio: Measured for the air exiting the tested unit.
 - Partial Pressure of Dry Air (Pa): Calculated for the outlet air.
 - Density of Outlet Primary Air (kg/m^3): The density of the air leaving the IEC-H prototype.
 - Enthalpy of Outlet Primary Air (kJ/kg): Total heat content of the outlet air per unit mass.
 - Water Consumed (mm^3/hr): The amount of water used by the IEC-H prototype during operation.
 - Total Power Consumption (kW): The energy consumed during the operation of the IEC-H prototype.
 - Mass Flow Rate (kg/s): The rate at which air is supplied through the tested unit.
 - Total Refrigeration Capacity (BTU/hr): The cooling capacity of the tested unit.
 - Coefficient of Performance (COP): The ratio of cooling capacity to power consumption, indicating efficiency.
 - Energy Efficiency Ratio (EER) (BTU/W.hr): The cooling capacity per unit power input.

IV. Accuracy of Measuring Instruments:

In order to ensure reliable results, all measurements were carried out using instruments that have been calibrated at accredited laboratories. The accuracy of the measurements was scrutinized to determine the degree to which each calculated or measured value closely approximates the actual value. Since a measuring instrument can only record values within its specific precision limits, the selection and calibration of each instrument played a critical role in the accuracy of the results.

All instruments used in this testing were calibrated, and calibration certificates to this report to verify compliance with international standards. Calibration certificates are listed in Annex (2).

The accuracy of our measurements was guaranteed through the following procedures:

- **Collecting Data:** All measurement data were electronically recorded using the equipment's software, which facilitated the direct transfer of information to tools such as spreadsheets for further analysis.
- **Sorting Values:** Data points were sorted systematically to help determine the range of values collected, providing an initial view of consistency and variability.
- **Average Value Calculation:** The average value of each set of measurements was calculated, representing a central value that serves as a reference point for accuracy.
- **Calculating Absolute Deviations:** Each individual measurement was subtracted from the average value, producing a set of absolute deviations. These deviations illustrate how close each individual reading is to the average, providing insight into data consistency.
- **Determining Precision:** Precision was calculated as the average value plus or minus the average deviation, reflecting the repeatability and reliability of the measurements.
- **Calculating Uncertainty:** To determine overall measurement uncertainty, all potential sources of uncertainty were identified, and the uncertainty contributions from each source were combined for an overall estimation.
- **Annex 3:** provides details instrument used, including the model number, serial number, and measured parameter.

1.3. Ambient Conditions During the Tests:

The tests conducted on the OEM units (OEM 2, OEM 3, OEM 7, and OEM 6) between August 25, 2024, and September 1, 2024, were subject to varying ambient conditions, which significantly impacted the relative humidity levels throughout the testing period. Understanding these conditions and their relationship to relative humidity is essential for evaluating the performance results accurately.

a. Testing of OEM 2 Units (August 26, 2024)

- **Initial Delay:** Testing was initially scheduled for August 25 but was postponed due to unstable electricity at the site, requiring a power generator.
- **Weather Impact on August 26:** A storm began at 6:30 pm, which had a notable impact on the ambient conditions. The storm led to a sharp increase in relative humidity and a decrease in the ambient dry bulb temperature, creating a more humid environment than expected for this location.
- **Effect on Testing:** Higher relative humidity due to the storm likely affected the **OEM 2** unit's performance, as the system would have to account for increased moisture in the air. This may have impacted both cooling capacity and energy efficiency.

b. Testing of OEM 3 Units (August 28-29, 2024)

- Ambient Conditions on August 27: Testing was delayed by another day due to residual effects of the previous day's storm. The relative humidity remained unusually high because of dew formation, a direct consequence of the storm.
- Testing on August 28: Testing began at 10:00 am on August 28. Due to the delay, the ambient relative humidity returned to normal conditions.
- Effect on Testing: **OEM 3** units were tested under normal conditions.

c. Testing of OEM 7 Units (August 30-31, 2024)

- Weather on August 29: **OEM 7's** units arrived and were connected, with no changes in the initial plan. However, on the evening of August 29, a storm started around 8:00 pm.
- Testing Delays on August 30: Testing for **OEM 7** was initially planned for midnight but was postponed to 9:00 am due to heavy rain and a power outage caused by the storm. As a result of the storm, relative humidity remained high throughout the day.
- Effect on Testing: Prolonged high relative humidity during the **OEM 7** unit testing would impact cooling efficiency and dehumidification load. The ambient conditions likely demanded more energy for maintaining required conditions, potentially influencing the power consumption and efficiency metrics.

d. Testing of OEM 6 Units (August 31 - September 1, 2024)

- Testing Start on August 31: The **OEM 6** units were installed and tested starting at 8:00 pm. No specific issues with ambient conditions were noted on this date.
- Continuation on September 1: Testing continued briefly into September 1 before the disconnection of the units.
- Effect on Testing: no storm or other significant weather impact on August 31. Therefore, it is reasonable to assume that ambient relative humidity levels returned to typical values, allowing **OEM 6** units to be tested under more normal conditions.

Summary of Ambient Condition Impact on Relative Humidity

The testing period experienced significant weather fluctuations, particularly during the first few days. The following conclusions can be drawn regarding the relationship between ambient conditions and relative humidity during testing:

- Storm Events: Storms on August 26 and August 29 caused spikes in relative humidity levels, which lingered for the following day or more. These high humidity levels would likely affected the performance metrics of the tested units.
- Impact on Performance: Increased humidity generally necessitates more energy for dehumidification, which could reduce the efficiency of the IEC-H prototypes. The increased humidity also impacts air density and enthalpy, which are critical factors in calculating the total refrigeration capacity and efficiency of the units.

- Environmental Control Considerations: These variations in ambient conditions emphasize the importance of accounting for external weather impacts in HVAC performance testing; as such conditions can affect system efficiency and load characteristics.

1.4. Summary of Results:

I. Results of OEM 2 (August 26, 2024):

a. Energy Saving:

- Power Consumption of DX Unit (over 1 day): **225501.9 Watts**
- Power Consumption of IEC-H Unit (over 1 day): **276501 Watts**
- **Energy Saved by IEC-H Prototype w.r.t DX Unit (%) ≈ 18.5 %**

b. Outlet Primary Air:

- DX Unit (Maximum Outlet Primary Temperature): **15.2 °C**
- IEC-H Prototype (Maximum Outlet Primary Temperature): **14.1 °C**
- DX Unit (Minimum Outlet Primary Temperature): **8.1 °C**
- IEC-H Prototype (Minimum Outlet Primary Temperature): **8.1 °C**

c. EER:

- DX Unit (Maximum EER): **7.3 BTU/W.hr**
- IEC-H Prototype (Maximum EER): **8.6 BTU/W.hr**
- DX Unit (Minimum EER): **4.5 BTU/W.hr**
- IEC-H Prototype (Minimum EER): **5.4 BTU/W.hr**

d. Total Refrigeration Capacity

- DX Unit (Maximum Total Refrigeration Capacity): **77,652 BTU/hr**
- IEC-H Prototype (Maximum Total Refrigeration Capacity): **79,101 BTU/hr**
- DX Unit (Minimum Total Refrigeration Capacity): **52,269 BTU/hr**
- IEC-H Prototype (Minimum Total Refrigeration Capacity): **50,537 BTU/hr**

II. Testing of OEM 3 (August 28-29, 2024):

a. Energy Saving:

- Power Consumption of DX Unit (over 1 day): **286451 Watts**
- Power Consumption of IEC-H Unit (over 1 day): **149606.7 Watts**
- **Energy Saved by IEC-H Prototype w.r.t DX Unit (%) ≈ 47.8 %**

b. Outlet Primary Air:

- DX Unit (Maximum Outlet Primary Temperature): **14.7 °C**

- IEC-H Prototype (Maximum Outlet Primary Temperature): **14 °C**
- DX Unit (Minimum Outlet Primary Temperature): **9.1 °C**
- IEC-H Prototype (Minimum Outlet Primary Temperature): **10.6 °C**

c. EER:

- DX Unit (Maximum EER): **8.1 BTU/W.hr**
- IEC-H Prototype (Maximum EER): **14.9 BTU/W.hr**
- DX Unit (Minimum EER): **5.8 BTU/W.hr**
- IEC-H Prototype (Minimum EER): **8.6 BTU/W.hr**

d. Total Refrigeration Capacity

- DX Unit (Maximum Total Refrigeration Capacity): **93,129 BTU/hr**
- IEC-H Prototype (Maximum Total Refrigeration Capacity): **90,984 BTU/hr**
- DX Unit (Minimum Total Refrigeration Capacity): **66,797 BTU/hr**
- IEC-H Prototype (Minimum Total Refrigeration Capacity): **49,524 BTU/hr**

III. Results of OEM 7 (August 30-31, 2024):

a. Energy Saving:

- Power Consumption of DX Unit (over 1 day): **278840 Watts**
- Power Consumption of IEC-H Unit (over 1 day): **189891 Watts**
- **Energy Saved by IEC-H Prototype w.r.t DX Unit (%) ≈ 31.9 %**

b. Outlet Primary Air:

- DX Unit (Maximum Outlet Primary Temperature): **17.3 °C**
- IEC-H Prototype (Maximum Outlet Primary Temperature): **17.4 °C**
- DX Unit (Minimum Outlet Primary Temperature): **13.4 °C**
- IEC-H Prototype (Minimum Outlet Primary Temperature): **12.3 °C**

c. EER:

- DX Unit (Maximum EER): **8.7 BTU/W.hr**
- IEC-H Prototype (Maximum EER): **11.6 BTU/W.hr**
- DX Unit (Minimum EER): **4.7 BTU/W.hr**
- IEC-H Prototype (Minimum EER): **6.8 BTU/W.hr**

d. Total Refrigeration Capacity

- DX Unit (Maximum Total Refrigeration Capacity): **96,172 BTU/hr**
- IEC-H Prototype (Maximum Total Refrigeration Capacity): **91,961 BTU/hr**

- DX Unit (Minimum Total Refrigeration Capacity): **57,482 BTU/hr**
- IEC-H Prototype (Minimum Total Refrigeration Capacity): **52,535 BTU/hr**

IV. Results of OEM 6 (August 31 – September 1, 2024):

a. Energy Saving:

- Power Consumption of DX Unit (over 1 day): **245209 Watts**
- Power Consumption of IEC-H Unit (over 1 day): **137732 Watts**
- **Energy Saved by IEC-H Prototype w.r.t DX Unit (%) ≈ 43.8 %**

b. Outlet Primary Air:

- DX Unit (Maximum Outlet Primary Temperature): **21.0 °C**
- IEC-H Prototype (Maximum Outlet Primary Temperature): **17.4 °C**
- DX Unit (Minimum Outlet Primary Temperature): **11.6 °C**
- IEC-H Prototype (Minimum Outlet Primary Temperature): **7.5 °C**

c. EER:

- DX Unit (Maximum EER): **11.2 BTU/W.hr**
- IEC-H Prototype (Maximum EER): **16.9 BTU/W.hr**
- DX Unit (Minimum EER): **7.4 BTU/W.hr**
- IEC-H Prototype (Minimum EER): **13 BTU/W.hr**

d. Total Refrigeration Capacity

- DX Unit (Maximum Total Refrigeration Capacity): **102,573 BTU/hr**
- IEC-H Prototype (Maximum Total Refrigeration Capacity): **123,792 BTU/hr**
- DX Unit (Minimum Total Refrigeration Capacity): **67,309 BTU/hr**
- IEC-H Prototype (Minimum Total Refrigeration Capacity): **39,442 BTU/hr**

1.5. Challenges and Problems Associated with the Testing:

During the testing period from August 25 to September 1, 2024, several challenges and technical problems arose that affected the testing schedule and potentially impacted the results. These issues ranged from environmental conditions, such as storms and humidity fluctuations, to technical and power-related challenges. Below is a summary of the main challenges encountered.

I. Unstable Electricity Supply

The testing site experienced unstable electricity, which led to several delays and operational difficulties:

- **OEM 2 Units:** Prior to the start of testing on August 25, the pump of the OEM 2 unit subjected to electrical shortage due to fluctuations in the power supply. This issue necessitated the postponement of testing and the rental of a power generator to stabilize the electricity supply. The delay disrupted the schedule and may have impacted the readiness of the unit for testing.
- **OEM 3 Units:** Similarly, OEM 3 units encountered issues with unstable electricity before testing could begin. This issue delayed the testing schedule, as additional steps were required to stabilize the power supply.
- **OEM 7 Units:** OEM 7 units also experienced power connection issues, causing further delays and the need for troubleshooting before testing could proceed.

These power-related challenges underscored the need for a stable and reliable electricity supply at the testing site. The lack of consistent power created interruptions and delays, which impacted the testing timeline and added unforeseen variables that could influence the performance metrics of each OEM's equipment.

II. Weather-Related Challenges

Several storms during the testing period added further complications:

- **August 26 Storm:** A storm on the evening of August 26 sharply increased the ambient relative humidity and lowered the dry bulb temperature. This change in weather conditions impacted the testing environment for the **OEM 2** units, adding an additional load on the system to handle the increased moisture in the air.
- **August 29 Storm:** Another storm on the night of August 29 caused heavy rain, which led to high humidity conditions and power outages throughout the city. This affected the testing of **OEM 7** units, which had to be postponed until the weather stabilized on the morning of August 30. The high humidity levels lingered, influencing the environmental conditions during the testing.

The weather-related challenges significantly impacted relative humidity levels, leading to higher latent loads and potentially skewing results for parameters such as cooling efficiency, power consumption, and the overall coefficient of performance (COP). These fluctuations made it challenging to maintain consistent ambient conditions across all tests.

III. Technical Problems with Testing Equipment

In addition to power and environmental issues, several technical problems with the tested unit emerged:

- **OEM 2 Pump Malfunction:** Due to the initial unstable electricity, the pump encountered electrical issues before testing started. This necessitated repairs and recalibration, further delaying the testing schedule.
- **OEM 6 Fan Issues:** Prior to the start of testing, the fan encountered technical problems, which required troubleshooting and repair.

- **OEM 7 Power Connection:** the units faced connection problems with the power meters, delaying the setup and testing process. This issue required additional adjustments to ensure the unit was properly connected and ready for testing.

These delays and last-minute repairs also increased the workload for the testing team, potentially influencing the precision and timing of data collection.

IV. Impact of Challenges on Testing Results

Scheduling Delays: The frequent delays due to power instability, weather conditions, and equipment malfunctions disrupted the original testing schedule, resulting in adjustments that affected both the timeline and the operational flow.

These challenges highlight the complex and unpredictable nature of conducting environmental testing, especially when external factors like weather and power supply play a significant role. Moving forward, improved infrastructure for stable electricity, thorough pre-testing equipment checks, and contingency plans for weather fluctuations would enhance the reliability and consistency of test results. The issues encountered during this testing period underscore the importance of accounting for external factors when interpreting data and drawing conclusions from performance evaluations.

Chapter 2: Review and Recommend How to Update National Guidelines to Include New Technologies

2.1. Review of the results of testing in CZ 2, 5 and 8:

I. Developing Guidelines and Codes for Direct/Indirect Evaporative Cooling (IEC)

Establish specific guidelines and codes for IEC Systems: Given the promising results of IEC systems under various climatic conditions in Egypt, it is recommended that specific guidelines and codes for Direct Indirect Evaporative Cooling (IEC) be developed. These codes should define the design, testing, and performance requirements for IEC systems to ensure safety, efficiency, and adaptability across different climatic zones.

Include IEC Performance Metrics: The guidelines should specify essential performance metrics for IEC systems, such as Energy Efficiency Ratio (EER), cooling capacity, and water consumption. Testing results from climatic zones 2, 5 and 8 demonstrate that IEC systems perform well compared to conventional DX systems, particularly in high-temperature and low-humidity conditions.

II. Guidelines for Not-In-Kind (NIK) Cooling Technologies

Adopt Flexible Frameworks for Emerging Technologies: Not-In-Kind (NIK) cooling technologies, such as IEC, represent a significant shift from traditional vapor-compression systems. National guidelines should include frameworks that allow for the inclusion of other NIK technologies as they evolve, ensuring that national codes remain relevant and up-to-date.

Focus on Environmental Impact: As NIK technologies are generally less reliant on high-GWP refrigerants; the guidelines should emphasize lower GWP refrigerant options (such as R-32 or R-454B) and the potential for reduced greenhouse gas emissions. This aligns with international efforts to phase out HCFCs and other high-GWP substances.

III. Expand Testing Requirements Across Climatic Zones

Broaden Testing to All Egyptian Climatic Zones: Current testing has been conducted in climatic zones 2, 5 and 8, highlighting the adaptability of IEC systems in varying humidity and temperature conditions. To fully capture the potential of IEC across Egypt, guidelines should mandate testing in additional zones, where high dry bulb temperatures and low humidity conditions prevail. This would provide comprehensive data on the efficiency and practicality of IEC systems across the country.

IV. Establish Calibration and Certification Protocols

Regular Calibration of IEC Systems: Guidelines should include protocols for the calibration and maintenance of IEC systems to ensure ongoing accuracy in performance and efficiency measurements. This will maintain the systems' reliability over time and across different operational conditions.

Certification for Installers and Manufacturers: A certification program for installers and manufacturers of IEC systems should be established to standardize installation practices and ensure compliance with national guidelines.

V. Promote Awareness and Training for IEC Technology

Educational Campaigns: Implement educational and outreach campaigns targeting HVAC professionals, developers, and policymakers to promote the advantages of IEC technology, such as reduced energy consumption and environmental impact. The outreach conducted as part of this project demonstrated strong interest, highlighting the need for a wider, formalized program.

Technical Training: Provide specialized training for HVAC engineers and technicians on the design, installation, and maintenance of IEC systems. This training should emphasize the differences between IEC and conventional DX systems, including unique operational and environmental considerations.

VI. Economic Feasibility Analysis Requirements

Incorporate Life-Cycle Cost Analysis: The guidelines should mandate a comprehensive life-cycle cost analysis for IEC systems to evaluate their long-term economic benefits compared to traditional DX systems. This includes capital investment, operational costs, maintenance, water consumption, and savings in energy usage.

Financial Incentives: To encourage adoption, the government may consider offering financial incentives, such as tax credits or rebates, for projects implementing IEC technology. This would offset the initial higher investment cost, which the report identified as a barrier despite favorable IRRs and NPVs for IEC system.

VII. Define Quality Assurance and Testing Procedures

Quality Assurance Standards: National guidelines should include quality assurance standards specifically for IEC systems, based on both local and international benchmarks such as EUROVENT recommendations. These standards would ensure consistent product quality and reliable performance data.

Specific Testing Procedures: Define testing procedures for key metrics, including cooling capacity, EER, and water consumption, to provide standardized data that

would help in evaluating the systems' efficiency across various conditions. This would help build a reference for further developments and improvements in IEC systems.

VIII. Conclusion

Updating national guidelines to include Direct Indirect Evaporative Cooling (IEC) and Not-In-Kind (NIK) technologies would provide a framework to support the adoption of more energy-efficient and environmentally friendly cooling options in Egypt. By implementing specific codes, expanding testing protocols, and providing financial and educational support, the guidelines can facilitate a transition towards sustainable cooling solutions aligned with Egypt's environmental goals and the HCFC Phase-Out Management Plan.

2.2. Recommendations for Updating National Guidelines

I. Develop Specific Guidelines and a Code for IEC Technology

Create national code for Design, Installation, and Performance: Introduce a national code specifically for IEC systems that covers design specifications, installation practices, and performance criteria. This code should provide clear definitions and minimum performance standards for IEC systems under different climatic conditions.

Align with International Standards: Reference international standards such as EUROVENT and ASHRAE for guidance on classification, testing, and certification of IEC systems. Adapt these standards to suit local conditions and market needs in Egypt.

II. Expand Testing and Performance Evaluation All Climate Zones

Broaden Testing to All Climate Zones: Current testing has been focused on specific zones (2, 5 and 8), which limits the understanding of IEC system performance in other climates. Guidelines should require testing in additional zones. This will validate IEC technology performance across the diverse climatic conditions of Egypt.

Standardize Testing Conditions and Procedures: Establish standardized testing procedures for IEC systems to ensure consistency and reliability in performance data. This includes defining metrics such as cooling capacity, water consumption, and EER under controlled conditions.

III. Promote Lower-GWP Refrigerants and Environmental Sustainability

Mandate Low-GWP Refrigerants: Given that IEC systems often work with lower GWP refrigerants or avoid traditional refrigerants altogether, the guidelines should prioritize refrigerants with minimal environmental impact, such as R-32 or R-454B. This supports Egypt's HCFC Phase-Out Management Plan (HPMP) and aligns with global efforts to reduce greenhouse gas emissions.

Encourage Water and Energy Efficiency: Define water and energy efficiency benchmarks for IEC systems, given the increased use of water in evaporative cooling. National guidelines should require manufacturers to disclose water and energy consumption data for transparency.

IV. Incorporate Life-Cycle Cost Analysis and Economic Feasibility Assessments

Require Life-Cycle Cost Analysis for Project Approval: Include a requirement for life-cycle cost analysis to assess the economic feasibility of IEC systems compared to traditional DX systems. This analysis should consider initial investment, maintenance costs, water consumption, and energy savings over the system's lifespan.

Financial Incentives for IEC Adoption: Encourage the adoption of IEC systems by offering financial incentives, such as tax credits or rebates, for projects that utilize IEC or other NIK cooling technologies. This can offset initial higher costs and accelerate the market transition toward more sustainable technologies.

V. Develop Calibration and Quality Assurance Protocols

Regular Calibration and Maintenance Standards: Establish guidelines for the regular calibration and maintenance of IEC systems, especially for components like fans, pumps, and water distribution systems. This will ensure systems operate efficiently and provide reliable performance over time.

Certification for Installers and Technicians: To maintain installation quality, establish a certification program for HVAC installers and technicians specifically for IEC systems. This would ensure proper handling of IEC technology and compliance with national standards.

VI. Raise Awareness and Provide Training for IEC and NIK Technologies

Educational Campaigns for Stakeholders: Develop educational programs to increase awareness about the benefits of IEC and NIK technologies among HVAC professionals, policymakers, and the public. Highlight key advantages like energy efficiency, environmental sustainability, and cost-effectiveness.

Technical Training for Engineers and Technicians: Offer specialized training on the design, installation, and maintenance of IEC systems. This training should emphasize the differences between IEC and conventional DX systems, covering topics like water management, fan and pump controls, and evaporative cooling principles.

VII. Quality Assurance and Certification for IEC Technology

Quality Standards and Labeling for IEC Units: Introduce mandatory quality standards and efficiency labeling for IEC systems to provide a transparent comparison for consumers and to encourage manufacturers to maintain high performance standards.

Certification of IEC System Components: Ensure that all components used in IEC systems meet quality standards. Certification should cover key parts such as evaporative cooling pads, water pumps, and control systems.

VIII. Continuous Monitoring and Data Collection for IEC System Performance

Establish a National Database for IEC Performance Data: Collect data on IEC systems' performance across various climatic zones to continuously assess their efficiency and environmental impact. This data can help refine performance benchmarks and inform future updates to the guidelines.

Require Reporting of Operational Data: Implement requirements for reporting operational data, including water and energy usage, for large-scale IEC installations. This can provide insight into long-term performance and help in optimizing designs for future projects.

IX. Incorporate Environmental and Sustainability Criteria

Water Usage Management in Arid Regions: Due to the water requirements of IEC technology, introduce guidelines on water conservation strategies, such as water recycling or closed-loop systems, especially in arid regions. This will make IEC systems more sustainable in areas with water scarcity.

Carbon Footprint Reduction Targets: Set carbon footprint reduction targets for new HVAC projects utilizing IEC and other NIK technologies to align with national sustainability goals.

X. Summary

These recommendations aim to provide a comprehensive update to national guidelines, promoting the adoption of IEC and other NIK technologies as sustainable alternatives to traditional air conditioning systems. By addressing design standards, testing protocols, economic feasibility, environmental impact, and educational initiatives, these updated guidelines can drive a transition toward energy-efficient, environmentally friendly cooling solutions tailored to Egypt's diverse climate.

Chapter 3: Reporting on the Outreach Campaign

3.1. The outreach campaign:

Date: November 3, 2024

Location: Housing & Building National Research Center (HBRC), Cairo, Egypt

I. Introduction

The outreach campaign on Direct/Indirect Evaporative Cooling (IEC) technology was held on November 3, 2024, at HBRC in Cairo, Egypt. This event, supported by UNIDO, UNEP, the National Ozone Unit (NOU), aimed to raise awareness of the technological advances and environmental benefits of IEC systems, specifically focusing on their role in phasing out HCFC in the commercial air conditioning sector. The campaign was part of Egypt's HCFC Phase-out Management Plan (HPMP) under UNIDO's management, emphasizing sustainable alternatives to traditional cooling technologies; **Annex 4**.

II. Campaign Objective

The campaign focused on promoting IEC technology as a sustainable cooling solution. It encouraged stakeholders to contribute to the phase-out of HCFCs in the commercial air conditioning sector by adopting this innovative, energy-efficient technology. The event included presentations on technical findings, testing outcomes, and future recommendations to integrate IEC technology within the national guidelines.

III. Program Agenda:

The event's schedule included:

- Registration
- Welcome & Remarks by Prof. Sayed Shebl (Project Team Leader).
- Prof. Ezzat Lewis discussed the critical role of the Multilateral Fund, NOU, UNIDO, and UNEP in supporting Egypt's transition away from HCFCs and promoting sustainable cooling technologies.
- Presentation of Project Findings by Prof. Alaa Olama (Technical Consultant) and Prof. Sayed Shebl, summarizing key results from recent testing.
- Public Hearing Session, allowing stakeholders to discuss and question the research findings and recommendations.

IV. Key Presentations

Prof. Ezzat Lewis's emphasized the support provided by the Multilateral Fund and the collaboration between NOU, UNIDO, and UNEP in funding and guiding the project. He

highlighted their role in addressing climate and environmental challenges through sustainable cooling solutions, facilitating Egypt's compliance with international environmental agreements, and fostering innovation in the HVAC industry.

The research team, led by Prof. Alaa Olama and Prof. Sayed Shebl, presented the following findings:

- **Testing in Multiple Climatic Zones:** The IEC systems were evaluated across different climatic conditions, including zones 2, 5, and recently, zone 8 (Aswan - Toshky). The latter presented extreme conditions, providing valuable insights into the systems' performance under high dry bulb temperatures and low humidity.
- **Performance Metrics:** Results indicated that IEC-H units generally demonstrated higher Energy Efficiency Ratios (EER) than traditional DX system, underscoring the technology's superior efficiency.
- **Economic Advantages:** IEC systems, despite their relatively lower initial compressor capacity, showed favorable cooling capacity and economic feasibility. Comparative financial analysis from previous testing in climatic zones 2 and 5 showed that IEC systems offer substantial operational savings over DX systems.
- **Challenges in Testing:** During testing in zone 8, environmental factors such as dust storms impacted results, causing transient spikes in relative humidity and occasional compressor instability. These anomalies were addressed to ensure data accuracy, highlighting the need for robust testing environments.

V. Discussions

About 30 persons attended the 4 hours Outreach campaign.

The following are the most important questions and answers made during the campaign:

- a. Question:** Eng. Mohamed Mansour asked about the humidity ratios and relative humidity of the ambient air.

Answer: Dr. Olama responded, explaining the humidity measurements taken and their correlation with the two storms that occurred during testing, which significantly raised the area's humidity levels.

- b. Question:** Eng. Abdel Sallam Mahrous, a consulting engineer, inquired about which OEMs demonstrated the highest EERs.

Answer: Prof. Olama clarified that a key principle of the program is to refrain from sharing data aimed at identifying the best-performing prototypes or DX units. For this reason, the OEMs are represented by code numbers rather than by their names.

- c. Question:** Eng. Maarouf, a consulting engineer, asked whether the maintenance requirements for IEC-H units, if produced regularly, would be higher or lower than

those for DX units.

Answer: Prof. Olama responded that IEC-H units have higher maintenance costs compared to DX units due to the increased expenses associated with maintaining the evaporation pads.

- d. Question:** Posed by Eng. Abdel Sallam Mahrous, to provide clarification on the distinct roles of various UN agencies and bodies.

Answer: Dr. Ezzat Lewis, head of the Egyptian NOU, provided clarification on the distinct roles of various UN agencies and bodies. Dr. Ezzat elaborated on future funding opportunities for programs in Egypt and discussed the mechanisms for funding replenishment for individual countries.

- e. Question:** asked by Eng. Hassan el Mogi, chairman of the consulting firm El-AMAAR, when will the IEC-H specification code be ready to be used by consulting engineers?

Answer: Prof. Olama clarified that the first guidelines on IEC evaporative cooling will first be written as guidance for a forthcoming code, and then a complete code will be written when the third testing program is made and all Climatic Zones in Egypt are covered.

- f. Question:** An unnamed engineer asked if there is a plan to establish a code and legislate the use of IEC-H systems across Egypt's eight climatic zones.

Answer: Prof. Olama responded that there is hope for a future program phase that will enable OEMs and HVAC practitioners to use a formula to predict compressor sizes and key design parameters of IEC-H units for all eight climatic zones in Egypt. Once performance can be reliably predicted across these zones, binding legislation could be implemented to promote an energy-efficient cooling system nationwide using low-GWP and HC refrigerants.

VI. Outcomes and Future Recommendations

The outreach campaign emphasized the advantages of adopting IEC technology, presenting it as both a technically and economically viable alternative for Egypt's climate. The following recommendations were proposed:

- **Development of National Guidelines and Code:** Given the successful testing results, there is a need to develop national codes specifically for IEC systems, covering design, performance standards, and testing protocols. These guidelines should be applicable across all climatic zones in Egypt, especially focusing on zones with extreme conditions.
- **Education and Training Initiatives:** Stakeholder training programs were suggested to ensure proper understanding and implementation of IEC systems, encouraging industry-wide adoption of these sustainable cooling solutions.

VII. Conclusion

The outreach campaign successfully raised awareness about IEC technology and fostered a collaborative atmosphere among government agencies, industry professionals, and environmental organizations. The attendees expressed interest in the future development of national guidelines, continued testing, and integration of IEC systems in Egypt's HVAC sector. The campaign underscored the potential of IEC technology as a key component of Egypt's environmental strategy to reduce HCFC reliance and promote sustainable development.

Chapter 4: Conclusions and Future Work

The testing and evaluation of Direct/Indirect Evaporative Cooling (IEC) Hybrid prototypes across different climatic zones in Egypt (CZ 2, CZ 5, and CZ 8) have demonstrated the effectiveness and energy efficiency of IEC technology as a sustainable alternative to traditional Direct Expansion (DX) systems. The IEC-H systems consistently outperformed DX units in terms of Energy Efficiency Ratio (EER) and overall cooling capacity, even under Egypt's extreme climatic conditions. This performance advantage, along with the reduced environmental impact due to the use of lower Global Warming Potential (GWP) refrigerants, positions IEC technology as a promising solution for reducing reliance on HCFCs in Egypt's commercial air conditioning sector.

4.1. Key findings:

Superior EER: IEC-H systems showed higher EER compared to DX systems, particularly in arid climates with high dry bulb temperatures and low relative humidity, like those in CZ 8.

Economic Benefits: The life-cycle cost analysis showed that IEC-H systems offer significant operational savings, making them economically viable options for long-term applications.

Operational Resilience: The IEC-H systems performed effectively despite challenges such as dust storms and large fluctuations in humidity in a single day, reinforcing their suitability for Egypt's diverse and challenging climates.

This report provides a strong foundation for developing national guidelines and standards for IEC technology in Egypt. By transitioning to IEC-H systems, Egypt can align with its HCFC Phase-out Management Plan (HPMP) and support global efforts to reduce greenhouse gas emissions.

4.2. Suggested Stage III

To further strengthen the implementation and scaling of IEC technology, the following future work is recommended:

- a. **Mathematical Modeling for IEC Performance Prediction:** Develop a mathematical model to predict EER and refrigeration capacity of IEC-H prototypes across Egypt's remaining five climatic zones. This model would enable stakeholders to estimate IEC-H performance in various conditions, supporting more targeted and optimized deployments.
- b. **Comprehensive Testing Across All Climatic Zones:** Conduct additional testing in other climatic zones (beyond CZ 2, CZ 5, and CZ 8) to gather comprehensive data that will inform national guidelines. This will ensure that the IEC systems' performance is fully

validated across Egypt's diverse climatic conditions.

- c. **Development of National Standards and Codes:** Draft national standards and codes for IEC systems, encompassing design requirements, performance standards, and testing protocols. These standards should include specific guidelines for water and energy efficiency to maximize the sustainability of IEC systems.
- d. **Stakeholder Training and Capacity Building:** Provide training and educational programs for HVAC professionals, policy makers, and industry stakeholders to promote the adoption of IEC technology. Training should cover IEC-specific installation, maintenance, and operational practices to ensure proper implementation.
- e. **Establishment of a National Database for IEC System Performance:** Create a centralized database to monitor IEC performance across different regions and installations. This data will be valuable for ongoing analysis, improvements, and updates to the national standards as the technology matures.
- f. **Financial Incentives and Support Mechanisms:** Encourage the adoption of IEC technology by implementing financial incentives, such as rebates, tax credits, or low-interest loans, for projects that use IEC or other Not-In-Kind (NIK) cooling technologies. Financial support will help offset the initial costs and accelerate market adoption.
- g. **Further Research on Water Conservation in Arid Regions:** Investigate water conservation strategies for IEC systems in arid regions, including water recycling or closed-loop designs, to address water usage concerns in water-scarce areas.
- h. **By addressing these areas, Egypt can build a robust framework for integrating IEC technology nationwide, fostering a more sustainable, energy-efficient cooling industry and making significant progress toward environmental and climate goals.**

Annex 1: Results of Tests of All OEMs:

A.1. Results of OEM 2:

Basic Information			
Tested Units Name	DX (Direct Expansion Unit)		
	IEC Hybrid (Indirect Evaporative Cooling Hybrid Unit)		
OEM No.	2		
Refrigerant	R-32		
Air Flow Rate	0.561 m3/s for DX and IEC hybrid Units		
Capacity	DX	2	Compressors
	IEC hybrid	2	Compressors
Water Bath Area	1000*900		mm2
Climatic Zone	8 (South Egypt)		
Altitude	196.07 meter (From Sea Level)		
Location	22°49' 02" N 31°28' 16" E		
Test Date	26-Aug-24		

Used Apparatus

Used Apparatus	Code of Used Apparatus	Measured Property	Measurement Unit
Weather Station, Dry bulb temperature	WS; T-amb	Ambient dry bulb temperature for both Units	°C
Weather Station, Relative Humidity	WS; Rh-amb	Ambient Relative humidity for both Units	%
Air Quality 4 - Dry bulb temperature	AQ4; T-amb	Ambient dry bulb temperature for both Units	°C
Air Quality 4 - Relative Humidity	AQ4; RH-amb	Ambient Relative humidity for both Units	%
Air Quality 6 - Dry bulb temperature	AQ6; T-amb	Ambient dry bulb temperature for both Units	°C
Air Quality 6 - Relative Humidity	AQ6; RH-amb	Ambient Relative humidity for both Units	%
Fluke 975 - Dry bulb temperature	F975; T-amb	Ambient dry bulb temperature for both Units	°C
Air Quality 1 - Dry bulb temperature	AQ1; T-out; DX	Outlet dry bulb temperature for DX Unit	°C
Air Quality 1 - Relative Humidity	AQ1; RH-out; DX	Outlet Relative humidity for DX Unit	%
Air Quality 3 - Dry bulb temperature	AQ3; T-out; DX	Outlet dry bulb temperature for DX Unit	°C
Air Quality 3 - Relative Humidity	AQ3; RH-out; DX	Outlet Relative humidity for DX Unit	%
Lutron 1 - Dry bulb temperature	L1; T-out; DX	Outlet dry bulb temperature for DX Unit	°C
Lutron 1 - Relative Humidity	L1; RH-out; DX	Outlet Relative humidity for DX Unit	%
Air Quality 2 - Dry bulb temperature	AQ2; T-out; IEC-H	Outlet dry bulb temperature for IEC Hybrid Prototype	°C
Air Quality 2 - Relative Humidity	AQ2; RH-out; IEC-H	Outlet Relative humidity for IEC Hybrid Prototype	%
Lutron 2 - Dry bulb temperature	L2; T-out; IEC-H	Outlet dry bulb temperature for IEC Hybrid Prototype	°C
Lutron 2 - Relative Humidity	L2; RH-out; IEC-H	Outlet Relative humidity for IEC Hybrid Prototype	%
UNI T - Dry bulb temperature	U; T-out; IEC-H	Outlet dry bulb temperature for IEC Hybrid Prototype	°C
UNI T - Relative Humidity	U; RH-out; IEC-H	Outlet Relative humidity for IEC Hybrid Prototype	%
Tabular level gauge for measuring the Water level change	W.Lvl; IEC-H	make up of evaporated water of the IEC hybrid unit	mm/hr
Water volume in Litres/hour (calculated)	W.Vol; IEC-H	hourly consumption rate of evaporated water for IEC hybrid unit	Litres/hr
Compressor power meter - IEC hybrid unit	Comp.; IEC-H	Power consumption of the Compressor of the IEC hybrid Unit	Watts
Pump power meter - IEC hybrid unit	Pump; IEC-H	Power consumption of the Pump of the IEC hybrid Unit	Watts
Evaporative Fan power meter - IEC hybrid unit	Evap. Fan; IEC-H	Power consumption of the Evaporator Fan of the IEC hybrid Prototype	Watts
Supply fan power meter - IEC hybrid unit	Sup. Fan; IEC-H	Power consumption of the Supply Fan of the IEC hybrid Prototype	Watts
Power meter of total power consumption of IEC hybrid Unit	Pw.Tot; IEC-H	Total Input power of IEC Hybrid Prototype	Watts
Power meter of total power consumption of DX Unit	Pw.Tot; DX	Total Input power of DX Unit	Watts

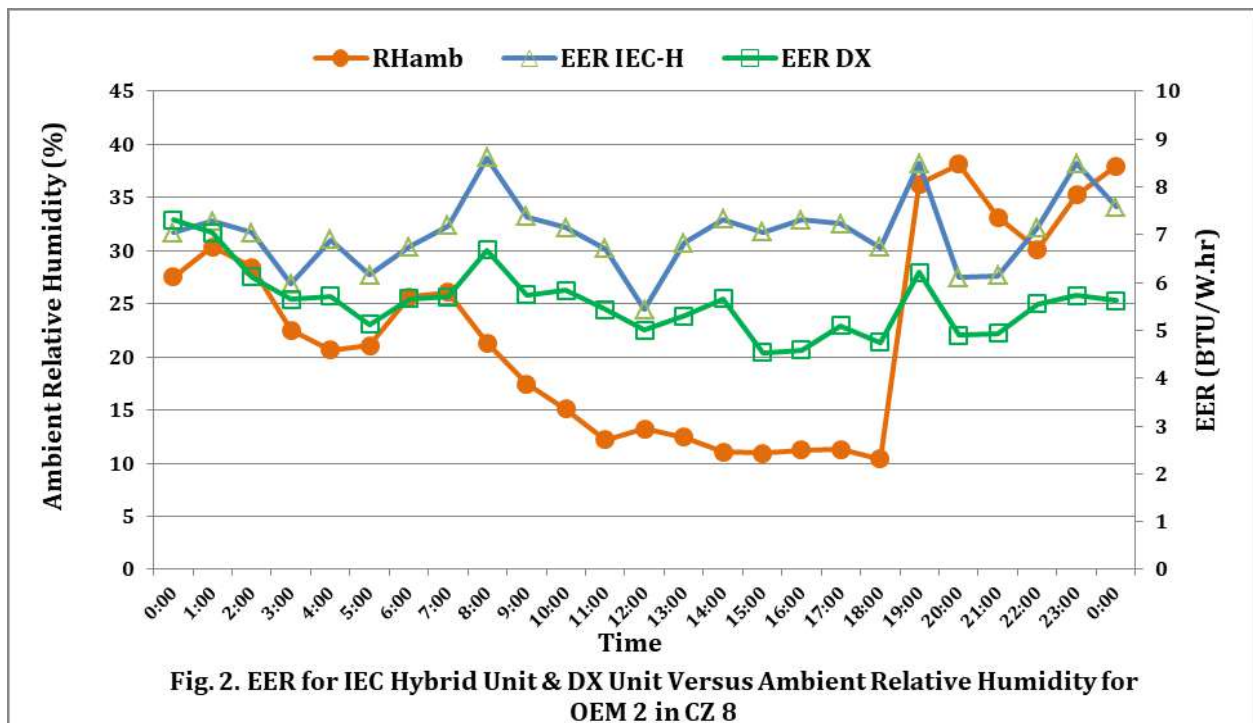
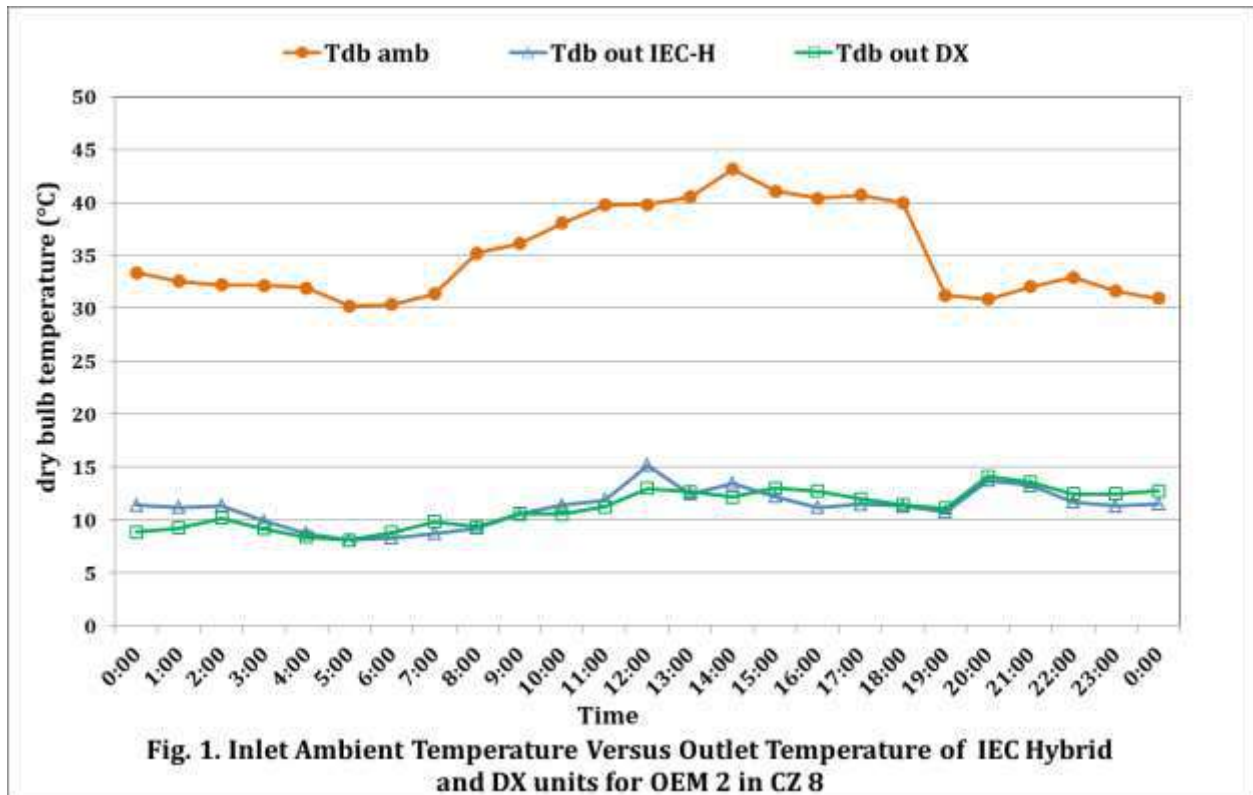
Time	Ambient Conditions								
	Dry Bulb Temperature; °F	Relative Humidity; %	Pressure at the given altitude Pa	Saturation vapor pressure hPa	Partial vapor pressure Pa	Humidity Ratio	Partial pressure of dry air Pa	Density of Ambient Air; kg/m3	Enthalpy of Ambient Air; kJ/kg
	Tdb amb	RH amb	P	Psat amb	Pv amp	ω amb	Pd amb	ρ amb	h amb
0:00	33.4	27.5	98992.08	51.37	1412.61	0.009004	97579.47	1.118995	56.62
1:00	32.6	30.3	98992.08	49.04	1487.67	0.009490	97504.41	1.121691	57.02
2:00	32.2	28.4	98992.08	48.15	1369.18	0.008724	97622.90	1.123396	54.73
3:00	32.2	22.5	98992.08	48.09	1083.54	0.006884	97908.54	1.124720	49.99
4:00	31.9	20.7	98992.08	47.35	978.46	0.006209	98013.62	1.126187	47.98
5:00	30.2	21.1	98992.08	42.98	906.88	0.005751	98085.21	1.132809	45.08
6:00	30.4	25.7	98992.08	43.35	1112.66	0.007071	97879.42	1.131356	48.61
7:00	31.4	26.1	98992.08	45.89	1196.26	0.007608	97795.82	1.127279	51.00
8:00	35.2	21.3	98992.08	56.93	1214.46	0.007726	97777.62	1.113128	55.23
9:00	36.1	17.5	98992.08	59.82	1044.80	0.006635	97947.28	1.110611	53.34
10:00	38.1	15.1	98992.08	66.51	1004.37	0.006375	97987.71	1.103823	54.66
11:00	39.8	12.2	98992.08	72.78	890.30	0.005645	98101.78	1.098395	54.48
12:00	39.8	13.2	98992.08	73.07	966.94	0.006136	98025.14	1.097809	55.82
13:00	40.6	12.5	98992.08	75.94	946.76	0.006006	98045.32	1.095356	56.23
14:00	43.2	11.0	98992.08	87.07	960.69	0.006095	98031.40	1.086295	59.10
15:00	41.1	10.9	98992.08	78.09	853.73	0.005411	98138.35	1.093916	55.23
16:00	40.4	11.3	98992.08	75.34	848.84	0.005380	98143.24	1.096292	54.46
17:00	40.7	11.3	98992.08	76.55	865.02	0.005483	98127.07	1.095176	55.03
18:00	40.0	10.4	98992.08	73.75	767.04	0.004857	98225.04	1.098036	52.71
19:00	31.3	36.3	98992.08	45.57	1654.11	0.010570	97337.97	1.125762	58.46
20:00	30.9	38.2	98992.08	44.61	1702.45	0.010884	97289.63	1.126941	58.87
21:00	32.1	33.1	98992.08	47.75	1582.05	0.010102	97410.03	1.123030	58.10
22:00	33.0	30.1	98992.08	50.16	1509.78	0.009633	97482.30	1.120130	57.80
23:00	31.7	35.2	98992.08	46.61	1642.36	0.010494	97349.72	1.124335	58.67
0:00	31.0	38.0	98992.08	44.80	1700.78	0.010873	97291.30	1.126670	58.92

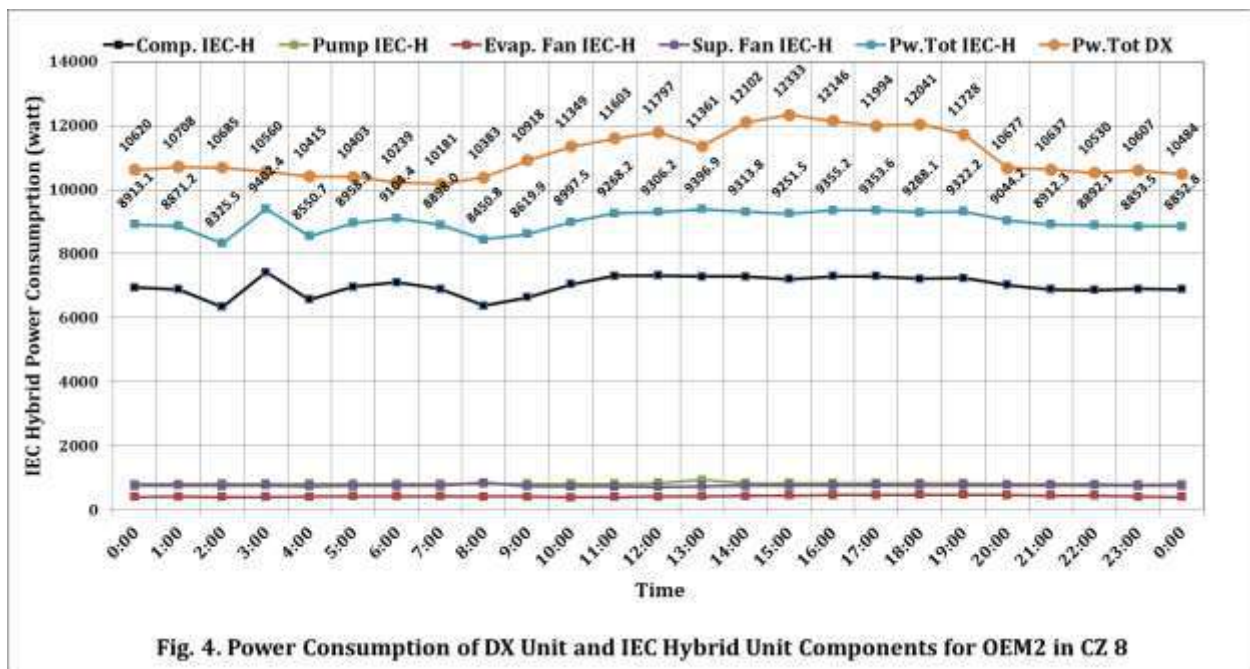
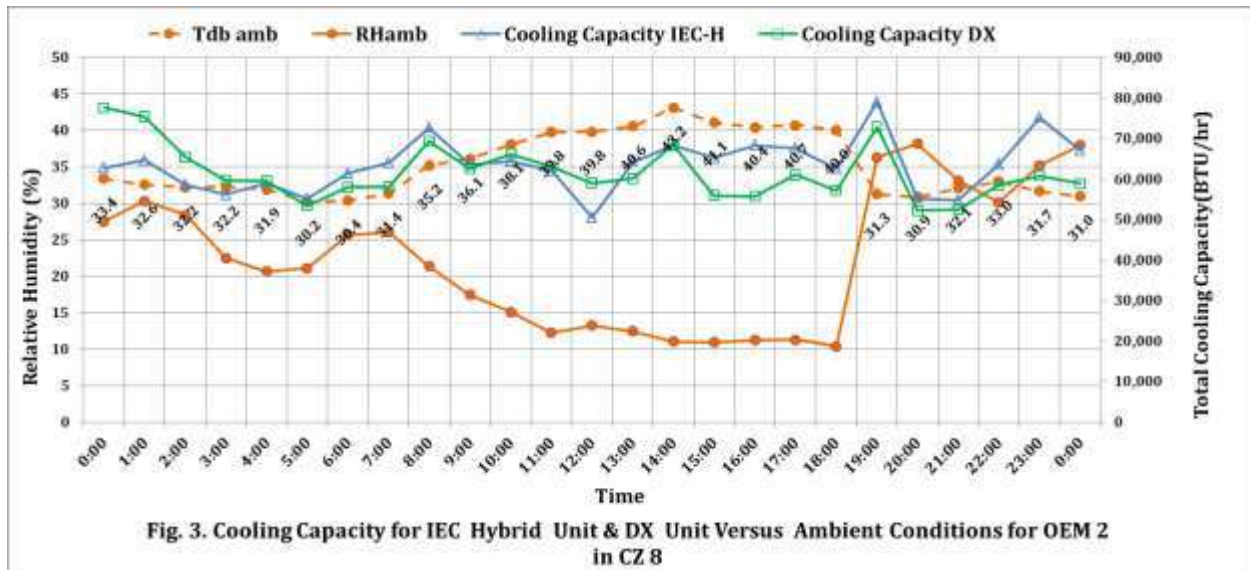
IEC Hybrid Unit									
Dry Bulb Temperature; °F	Relative Humidity; %	Saturation vapor pressure hPa	Partial vapor pressure Pa	Humidity Ratio	Partial pressure of dry air Pa	Density of Ambient Air; kg/m3	Enthalpy of outlet Air; kJ/kg	Water Consumed; mm/hour	Water Consumed; m3/hour
Tdb out IEC-H	RH out IEC-H	Psat out IEC-H	Pv out IEC-H	ω out IEC-H	Pd out IEC-H	ρ out IEC-H	h out IEC-H	W.Lvl IEC-H	W.Vol IEC-H
11.4	82.9	13.51	1120.40	0.007120	97871.68	1.206622	29.4494051	0	0
11.2	83.5	13.30	1111.18	0.007061	97880.90	1.207655	29.06239976	10	0.009
11.4	83.1	13.45	1117.70	0.007103	97874.38	1.206918	29.33780956	23	0.0207
9.9	81.3	12.20	991.63	0.006294	98000.45	1.213758	25.80553815	14	0.0126
8.7	77.6	11.28	874.57	0.005544	98117.51	1.219328	22.73249885	27	0.0243
8.1	77.6	10.80	837.77	0.005309	98154.31	1.222247	21.49751699	35	0.0315
8.3	79.8	10.97	875.31	0.005549	98116.78	1.221058	22.33824467	20	0.018
8.8	81.8	11.30	924.76	0.005865	98067.32	1.218950	23.57481653	30	0.027
9.2	79.1	11.66	922.50	0.005851	98069.58	1.216946	24.01248916	33	0.0297
10.6	75.1	12.75	957.78	0.006077	98034.30	1.211063	25.93646559	30	0.027
11.4	71.2	13.48	959.76	0.006090	98032.32	1.207507	26.81549931	30	0.027
11.9	70.3	13.90	976.87	0.006199	98015.21	1.205451	27.56636153	40	0.036
15.2	66.2	17.27	1142.94	0.007265	97849.14	1.190758	33.65140652	18	0.0162
12.5	68.3	14.46	988.28	0.006272	98003.80	1.202866	28.36086296	12	0.0108
13.5	63.6	15.47	984.16	0.006246	98007.93	1.198549	29.34465218	30	0.027
12.2	64.2	14.24	914.36	0.005799	98077.72	1.204191	26.9287023	20	0.018
11.2	64.2	13.30	854.45	0.005416	98137.63	1.208844	24.91249156	20	0.018
11.5	65.5	13.57	888.80	0.005635	98103.29	1.207411	25.7711045	20	0.018
11.3	66.5	13.42	892.01	0.005656	98100.07	1.208104	25.65370663	20	0.018
10.8	65.4	12.92	845.26	0.005357	98146.82	1.210732	24.32460083	30	0.027
13.8	82.7	15.75	1301.59	0.008287	97690.49	1.195978	34.77342262	34	0.0306
13.3	85.3	15.24	1300.52	0.008280	97691.56	1.198071	34.24575608	30	0.027
11.7	83.7	13.75	1151.34	0.007319	97840.74	1.205350	30.22289336	20	0.018
11.3	68.8	13.42	923.32	0.005856	98068.76	1.207959	26.15915299	37	0.0333
11.5	83.8	13.60	1139.18	0.007241	97852.91	1.206112	29.85571674	30	0.027

IEC Hybrid Unit									
Compressor power consumption; Watts	Pump power consumption; Watts	Evaporative Fan power consumption; Watts	Supply Fan power consumption; Watts	IEC Hybrid Unit total power consumption; Watts	Mass flow rate; kg/s	Total Cooling Capacity kW	Total Cooling Capacity BTU/hr	Coefficient of Performance W/W	Energy Efficiency Ratio BTU/W.hr
Comp. IEC-H	Pump IEC-H	Evap. Fan IEC-H	Sup. Fan IEC-H	Pw.Tot IEC-H	m'	Qtot IEC-H	Qtot IEC-H	COP	EER
6947	805.2	405.0	756.0	8913.1	0.6769	18.3921	62756.4974	2.0635	7.0409
6884	808.7	412.1	766.4	8871.2	0.6775	18.9419	64632.5528	2.1352	7.2857
6348	810.7	410.2	756.6	8325.5	0.6771	17.1899	58654.3430	2.0647	7.0452
7427	809.3	401.7	764.4	9402.4	0.6809	16.4666	56186.3805	1.7513	5.9757
6573	810.3	416.7	750.8	8550.7	0.6840	17.2720	58934.6249	2.0200	6.8924
6970	811.1	423.8	753.4	8958.3	0.6857	16.1713	55178.7587	1.8052	6.1595
7106	814.1	429.0	755.3	9104.4	0.6850	17.9961	61405.3547	1.9766	6.7446
6898	815.7	428.4	756.0	8898.0	0.6838	18.7569	64001.0616	2.1080	7.1927
6378	817	410.8	845.0	8450.8	0.6827	21.3113	72717.1897	2.5218	8.6048
6642	817	416.7	744.3	8619.9	0.6794	18.6212	63538.1718	2.1603	7.3711
7045	816.3	397.8	738.4	8997.5	0.6774	18.8631	64363.4589	2.0965	7.1535
7315	817	405.6	730.6	9268.2	0.6763	18.2028	62110.4004	1.9640	6.7014
7323	841.8	413.4	728.0	9306.2	0.6680	14.8110	50537.0716	1.5915	5.4305
7285	941.2	424.5	746.2	9396.9	0.6748	18.8041	64162.3799	2.0011	6.8281
7283	834.1	440.7	756.0	9313.8	0.6724	20.0065	68264.9438	2.1481	7.3295
7210	837	446.6	757.9	9251.5	0.6756	19.1163	65227.4849	2.0663	7.0505
7301	836.7	458.9	758.6	9355.2	0.6782	20.0381	68372.9817	2.1419	7.3086
7294	832.4	459.6	767.7	9353.6	0.6774	19.8196	67627.2174	2.1189	7.2301
7216	834.5	470.0	767.7	9288.1	0.6777	18.3364	62566.5424	1.9742	6.7362
7239	837.1	472.6	773.5	9322.2	0.6792	23.1821	79100.5569	2.4868	8.4852
7021	801.2	457.6	764.4	9044.2	0.6709	16.1707	55176.7739	1.7880	6.1008
6893	801.8	447.9	769.6	8912.3	0.6721	16.0343	54711.3703	1.7991	6.1389
6868	799.5	450.5	774.2	8892.1	0.6762	18.6459	63622.3092	2.0969	7.1549
6896	790.7	414.1	752.7	8853.5	0.6777	22.0311	75173.1799	2.4884	8.4908
6888	802.6	408.9	753.4	8852.8	0.6766	19.6684	67111.4290	2.2217	7.5808

DX Unit						
Dry Bulb Temperature; °C	Relative Humidity; %	Saturation vapor pressure hPa	Partial vapor pressure Pa	Humidity Ratio	Partial pressure of dry air Pa	Density of Ambient Air; kg/m3
Tdb out DX	RH out DX	Psat out IEC-H	Pv out IEC-H	ω out IEC-H	Pd out IEC-H	ρ out IEC-H
8.9	79.4	11.38	903.35	0.005728	98088.73	1.218618
9.2	82.5	11.66	962.54	0.006107	98029.54	1.216759
10.2	82.2	12.42	1020.27	0.006477	97971.82	1.212483
9.2	81.7	11.61	948.93	0.006020	98043.15	1.217110
8.4	80.0	11.02	881.85	0.005591	98110.23	1.220738
8.1	82.0	10.80	885.65	0.005615	98106.43	1.222022
8.8	82.1	11.35	932.35	0.005914	98059.74	1.218626
9.9	82.7	12.17	1006.05	0.006386	97986.03	1.213834
9.4	85.1	11.77	1001.82	0.006359	97990.26	1.216002
10.6	76.7	12.78	979.93	0.006219	98012.15	1.210818
10.6	75.9	12.75	967.98	0.006142	98024.10	1.211016
11.2	74.6	13.33	994.99	0.006315	97997.09	1.208052
13.0	71.1	14.98	1065.38	0.006767	97926.70	1.200269
12.7	73.4	14.69	1078.43	0.006851	97913.65	1.201469
12.2	75.5	14.18	1071.07	0.006803	97921.01	1.203749
13.0	73.8	15.01	1108.23	0.007042	97883.85	1.199932
12.7	73.8	14.72	1086.68	0.006904	97905.41	1.201291
12.0	73.3	14.03	1028.51	0.006530	97963.57	1.204649
11.5	75.8	13.54	1025.84	0.006513	97966.24	1.206919
11.1	74.7	13.21	987.54	0.006268	98004.54	1.208653
14.1	84.0	16.12	1354.45	0.008628	97637.64	1.194209
13.6	86.2	15.54	1340.20	0.008536	97651.89	1.196635
12.5	85.4	14.46	1235.11	0.007859	97756.97	1.201728
12.5	85.0	14.46	1228.84	0.007818	97763.24	1.201757
12.8	86.4	14.75	1273.92	0.008109	97718.16	1.200288

DX Unit						
Enthalpy of outlet Air; kJ/kg	DX Unit total power consumption; Watts	Mass flow rate; kg/s	Total Cooling Capacity kW	Total Cooling Capacity BTU/hr	Coefficient of Performance W/W	Energy Efficiency Ratio BTU/W.hr
h out IEC-H	Pw.Tot DX	m'	Qtot IEC-H	Qtot IEC-H	COP	EER
23.33146224	10620	0.6836	22.7574	77651.6399	2.1429	7.3118
24.65825319	10708	0.6826	22.0910	75377.6363	2.0630	7.0394
26.53940038	10685	0.6802	19.1726	65419.7484	1.7944	6.1226
24.37101048	10560	0.6828	17.4916	59683.7185	1.6564	5.6519
22.51126106	10415	0.6848	17.4435	59519.7306	1.6748	5.7148
22.26783086	10403	0.6856	15.6402	53366.7119	1.5034	5.1299
23.76482472	10239	0.6836	16.9850	57955.2822	1.6589	5.6602
26.00454545	10181	0.6810	17.0236	58086.8891	1.6721	5.7054
25.4278966	10383	0.6822	20.3292	69366.1543	1.9579	6.6807
26.3282235	10918	0.6793	18.3513	62617.3113	1.6808	5.7352
26.10124023	11349	0.6794	19.4031	66206.2279	1.7097	5.8337
27.21544419	11603	0.6777	18.4799	63055.8848	1.5927	5.4344
30.15211431	11797	0.6734	17.2855	58980.6322	1.4652	4.9996
30.05839136	11361	0.6740	17.6381	60183.7649	1.5525	5.2974
29.39629044	12102	0.6753	20.0584	68442.1241	1.6574	5.6554
30.88111486	12333	0.6732	16.3881	55918.4320	1.3288	4.5340
30.22603827	12146	0.6739	16.3320	55727.1258	1.3446	4.5881
28.53747868	11994	0.6758	17.9047	61093.3669	1.4928	5.0937
27.95178484	12041	0.6771	16.7625	57195.9184	1.3921	4.7501
26.95950109	11728	0.6781	21.3557	72868.5815	1.8209	6.2132
36.00983074	10677	0.6700	15.3185	52268.7818	1.4347	4.8955
35.1987533	10637	0.6713	15.3753	52462.8553	1.4455	4.9321
32.36492534	10530	0.6742	17.1457	58503.6967	1.6283	5.5559
32.26300953	10607	0.6742	17.8028	60745.8126	1.6784	5.7270
33.30239352	10484	0.6734	17.2526	58868.2981	1.6456	5.6151





A.2. Results of OEM 3:

Basic Information			
Tested Units Name	DX (Direct Expansion Unit)		
	IEC Hybrid (Indirect Evaporative Cooling Hybrid Unit)		
OEM No.	3		
Refrigerant	R-32		
Air Flow Rate	1320 C.F.M for DX and IEC hybrid Units		
Capacity	DX	2	Compressors
	IEC hybrid	1	Compressor
Water Bath Area	1728.5*623		mm2
Climatic Zone	8 (South Egypt)		
Altitude	196.07 meter (From Sea Level)		
Location	22°49' 02" N 31°28' 16" E		
Test Date	28-Aug-24		

Used Apparatus

Used Apparatus	Code of Used Apparatus	Measured Property	Measurement Unit
Weather Station, Dry bulb temperature	WS; T-amb	Ambient dry bulb temperature for both Units	°C
Weather Station, Relative Humidity	WS; Rh-amb	Ambient Relative humidity for both Units	%
Air Quality 5 - Dry bulb temperature	AQ4; T-amb	Ambient dry bulb temperature for both Units	°C
Air Quality 5 - Relative Humidity	AQ4; RH-amb	Ambient Relative humidity for both Units	%
Air Quality 6 - Dry bulb temperature	AQ6; T-amb	Ambient dry bulb temperature for both Units	°C
Air Quality 6 - Relative Humidity	AQ6; RH-amb	Ambient Relative humidity for both Units	%
Fluke 975 - Dry bulb temperature	F975; T-amb	Ambient dry bulb temperature for both Units	°C
Air Quality 1 - Dry bulb temperature	AQ1; T-out; DX	Outlet dry bulb temperature for DX Unit	°C
Air Quality 1 - Relative Humidity	AQ1; RH-out; DX	Outlet Relative humidity for DX Unit	%
Air Quality 2 - Dry bulb temperature	AQ3; T-out; DX	Outlet dry bulb temperature for DX Unit	°C
Air Quality 2 - Relative Humidity	AQ3; RH-out; DX	Outlet Relative humidity for DX Unit	%
UNI T - Dry bulb temperature	U; T-out; DX	Outlet dry bulb temperature for DX Unit	°C
UNI T - Relative Humidity	U; RH-out; DX	Outlet Relative humidity for DX Unit	%
Lutron 1 - Dry bulb temperature	L1; T-out; DX	Outlet dry bulb temperature for DX Unit	°C
Lutron 1 - Relative Humidity	L1; RH-out; DX	Outlet Relative humidity for DX Unit	%
Air Quality 3 - Dry bulb temperature	AQ2; T-out; IEC-H	Outlet dry bulb temperature for IEC Hybrid Prototype	°C
Air Quality 3 - Relative Humidity	AQ2; RH-out; IEC-H	Outlet Relative humidity for IEC Hybrid Prototype	%
Air Quality 4 - Dry bulb temperature	AQ2; T-out; IEC-H	Outlet dry bulb temperature for IEC Hybrid Prototype	°C
Air Quality 4 - Relative Humidity	AQ2; RH-out; IEC-H	Outlet Relative humidity for IEC Hybrid Prototype	%
Lutron 2 - Dry bulb temperature	L2; T-out; IEC-H	Outlet dry bulb temperature for IEC Hybrid Prototype	°C
Lutron 2 - Relative Humidity	L2; RH-out; IEC-H	Outlet Relative humidity for IEC Hybrid Prototype	%
Tabular level gauge for measuring the Water level change	W.Lvl; IEC-H	make up of evaporated water of the IEC hybrid unit	mm/hr
Water volume in Litres/hour (calculated)	W.Vol; IEC-H	hourly consumption rate of evaporated water for IEC hybrid unit	Litres/hr
Compressor power meter - IEC hybrid unit	Comp.; IEC-H	Power consumption of the Compressor of the IEC hybrid Unit	Watts
Pump power meter - IEC hybrid unit	Pump; IEC-H	Power consumption of the Pump of the IEC hybrid Unit	Watts
Evaporative Fan power meter - IEC hybrid unit	Evap. Fan; IEC-H	Power consumption of the Evaporator Fan of the IEC hybrid Prototype	Watts
Supply fan power meter - IEC hybrid unit	Sup. Fan; IEC-H	Power consumption of the Supply Fan of the IEC hybrid Prototype	Watts
Power meter of total power consumption of IEC hybrid Unit	Pw.Tot; IEC-H	Total Input power of IEC Hybrid Prototype	Watts
Power meter of total power consumption of DX Unit	Pw.Tot; DX	Total Input power of DX Unit	Watts

Time	Ambient Conditions								
	Dry Bulb Temperature; °F	Relative Humidity; %	Pressure at the given altitude Pa	Saturation vapor pressure hPa	Partial vapor pressure Pa	Humidity Ratio	Partial pressure of dry air Pa	Density of Ambient Air; kg/m3	Enthalpy of Ambient Air; kJ/kg
	Tdb amb	RH amb	P	Psat amb	Pv amp	ω amb	Pd amb	ρ amb	h amb
10:00	42.2	19.1	98992.08	82.85	1579.72	0.010087	97412.37	1.086982	68.43
11:00	44.3	15.9	98992.08	92.43	1472.65	0.009393	97519.44	1.080236	68.79
12:00	44.7	14.2	98992.08	94.35	1339.82	0.008534	97652.27	1.079426	66.98
13:00	45.6	13.0	98992.08	98.82	1284.63	0.008178	97707.45	1.076607	66.97
14:00	45.8	12.0	98992.08	99.83	1201.34	0.007641	97790.74	1.076275	65.79
15:00	47.1	11.2	98992.08	106.66	1198.19	0.007621	97793.89	1.071919	67.06
16:00	46.5	11.1	98992.08	103.46	1151.89	0.007323	97840.19	1.074122	65.68
17:00	44.7	12.1	98992.08	94.35	1141.67	0.007257	97850.41	1.080247	63.68
18:00	43.0	12.2	98992.08	86.39	1051.11	0.006675	97940.97	1.086433	60.44
19:00	41.8	15.1	98992.08	81.13	1222.35	0.007776	97769.73	1.089857	62.06
20:00	39.0	18.6	98992.08	69.91	1302.70	0.008294	97689.38	1.099294	60.54
21:00	38.8	19.0	98992.08	69.17	1314.14	0.008368	97677.94	1.099950	60.53
22:00	37.9	20.0	98992.08	65.89	1317.76	0.008392	97674.32	1.103118	59.67
23:00	38.9	18.0	98992.08	69.54	1251.68	0.007965	97740.40	1.099861	59.59
0:00	37.4	17.0	98992.08	64.13	1090.14	0.006926	97901.94	1.105859	55.39
1:00	36.5	18.0	98992.08	61.06	1099.03	0.006983	97893.05	1.109035	54.62
2:00	35.5	18.0	98992.08	57.80	1040.36	0.006606	97951.73	1.112879	52.64
3:00	34.9	19.0	98992.08	55.91	1062.38	0.006748	97929.70	1.114952	52.39
4:00	34.5	21.6	98992.08	54.69	1179.47	0.007500	97812.61	1.115901	53.91
5:00	33.9	23.0	98992.08	52.90	1216.59	0.007739	97775.49	1.117922	53.91
6:00	33.8	25.2	98992.08	52.60	1323.80	0.008431	97668.28	1.117826	55.58
7:00	34.9	24.0	98992.08	55.91	1341.96	0.008548	97650.12	1.113757	57.01
8:00	37.9	23.0	98992.08	65.89	1515.42	0.009670	97476.66	1.102281	62.95
9:00	40.4	18.0	98992.08	75.34	1356.13	0.008639	97635.95	1.094161	62.86
10:00	41.6	16.0	98992.08	80.28	1284.47	0.008177	97707.61	1.090289	62.89

IEC Hybrid Unit								
Dry Bulb Temperature; °F	Relative Humidity; %	Saturation vapor pressure hPa	Partial vapor pressure Pa	Humidity Ratio	Partial pressure of dry air Pa	Density of Ambient Air; kg/m3	Enthalpy of outlet Air; kJ/kg	Water Consumed; mm/hour
Tdb out IEC-H	RH out IEC-H	Psat out IEC-H	Pv out IEC-H	ω out IEC-H	Pd out IEC-H	p out IEC-H	h out IEC-H	W.Lvl IEC-H
14.0	81.0	16.02	1297.63	0.008262	97694.45	1.194886	34.98094337	0
13.3	80.3	15.27	1225.97	0.007800	97766.11	1.198274	33.06585291	10
13.5	80.2	15.44	1238.85	0.007883	97753.23	1.197518	33.44542911	23
13.4	78.8	15.37	1210.93	0.007703	97781.15	1.197925	32.92316943	14
13.0	78.5	15.01	1178.78	0.007496	97813.30	1.199608	32.02674264	27
13.0	77.3	15.01	1160.27	0.007377	97831.82	1.199693	31.72595702	35
12.7	79.0	14.65	1157.65	0.007360	97834.44	1.201244	31.30989144	20
12.7	79.2	14.69	1163.12	0.007395	97828.96	1.201079	31.4326942	30
12.3	80.2	14.34	1149.78	0.007309	97842.30	1.202683	30.84266148	33
13.3	82.2	15.24	1253.28	0.007976	97738.81	1.198288	33.47629318	30
13.4	84.1	15.41	1295.22	0.008246	97696.86	1.197398	34.32946638	30
13.8	85.3	15.78	1345.44	0.008570	97646.64	1.195638	35.52255208	40
13.7	86.1	15.64	1346.34	0.008576	97645.74	1.196190	35.40108645	18
14.0	86.5	15.95	1380.29	0.008795	97611.79	1.194784	36.26157105	12
10.9	82.9	13.01	1079.03	0.006855	97913.05	1.209222	28.202277	30
11.3	83.8	13.42	1125.08	0.007151	97867.00	1.207025	29.42342696	20
10.6	83.3	12.78	1064.72	0.006763	97927.36	1.210425	27.69921696	20
11.4	83.8	13.45	1126.67	0.007161	97865.41	1.206876	29.48318097	20
13.5	83.0	15.47	1284.36	0.008176	97707.73	1.197170	34.22043981	20
13.7	82.3	15.64	1287.42	0.008196	97704.66	1.196460	34.44038634	30
13.6	82.7	15.61	1291.39	0.008222	97700.69	1.196581	34.47114019	34
13.6	83.1	15.58	1294.82	0.008244	97697.26	1.196704	34.493044	30
14.0	82.0	16.02	1313.65	0.008365	97678.43	1.194812	35.24215594	20
13.5	82.0	15.44	1265.61	0.008055	97726.47	1.197395	33.88115959	37
13.7	81.3	15.71	1277.30	0.008131	97714.78	1.196229	34.34357657	30

IEC Hybrid Unit										
Water Consumed; m3/hour	Compressor power consumption; Watts	Pump power consumption; Watts	Evaporative Fan power consumption; Watts	Supply Fan power consumption; Watts	IEC Hybrid Unit total power consumption; Watts	Mass flow rate; kg/s	Total Cooling Capacity kW	Total Cooling Capacity BTU/hr	Coefficient of Performance W/W	Energy Efficiency Ratio BTU/W.hr
W.Vol IEC-H	Comp. IEC-H	Pump IEC-H	Evap. Fan IEC-H	Sup. Fan IEC-H	Pw.Tot IEC-H	m'	Qtot IEC-H	Qtot IEC-H	COP	EER
0	4282.1	542.1	239.2	878.6	6057.4	0.7444	24.8980	84955.3823	4.1104	14.0251
0.010768555	4295.3	539.7	231.4	899.7	6089.5	0.7465	26.6647	90983.9017	4.3788	14.9412
0.024767677	4305.8	540.1	234.0	893.1	6149.2	0.7460	25.0142	85352.1263	4.0679	13.8802
0.015075977	4283.1	537.3	237.9	870.0	6107.4	0.7463	25.4110	86705.8366	4.1607	14.1967
0.029075099	4330.8	534.7	241.8	906.4	6097.7	0.7473	25.2317	86094.2556	4.1379	14.1191
0.037689943	4331.7	533.7	246.4	906.3	6064.5	0.7474	26.4094	90112.4670	4.3547	14.8589
0.02153711	4343.6	534.7	243.1	901.5	6066.7	0.7483	25.7204	87761.5122	4.2396	14.4662
0.032305665	4341.7	534.2	243.8	898.5	6068.6	0.7482	24.1260	82321.2025	3.9756	13.5651
0.035536232	4334.2	532.7	241.2	899.5	6065.0	0.7492	22.1779	75674.1976	3.6567	12.4772
0.032305665	4397.8	548.7	243.8	902.6	6141.5	0.7465	21.3390	72811.5803	3.4746	11.8557
0.032305665	4417.4	547.8	244.4	903.2	6203.0	0.7459	19.5518	66713.5207	3.1520	10.7551
0.04307422	4419	548.8	245.1	881.9	6230.8	0.7448	18.6238	63547.1949	2.9890	10.1989
0.019383399	4344.6	551.6	247.7	890.2	6123.4	0.7452	18.0833	61702.6531	2.9532	10.0766
0.012922266	4379.6	550.6	249.0	881.5	6156.4	0.7443	17.3649	59251.6248	2.8207	9.6245
0.032305665	4151.3	553	249.6	876.1	5862.5	0.7533	20.4808	69883.4422	3.4935	11.9204
0.02153711	4131.9	551.5	249.6	879.9	5863.4	0.7519	18.9468	64649.2243	3.2314	11.0259
0.02153711	4235.2	553.4	249.0	878.1	6091.0	0.7541	18.8034	64159.8962	3.0871	10.5336
0.02153711	3931.9	551.5	252.9	877.2	5670.0	0.7518	17.2209	58760.1151	3.0372	10.3633
0.02153711	3954.4	547.4	251.6	877.9	5792.0	0.7458	14.6856	50109.5059	2.5355	8.6515
0.032305665	3938.5	546.4	253.5	870.9	5732.0	0.7454	14.5140	49523.9553	2.5321	8.6399
0.036613087	3877	543.2	252.9	875.4	5613.0	0.7454	15.7376	53699.0605	2.8038	9.5669
0.032305665	3781.9	543.9	252.2	879.3	5669.0	0.7455	16.7842	57270.0208	2.9607	10.1023
0.02153711	4232	550.3	248.3	882.0	5932.0	0.7443	20.6274	70383.6012	3.4773	11.8651
0.039843654	4207	545.6	247.0	887.8	5936.0	0.7459	21.6146	73752.0675	3.6413	12.4245
0.032305665	4140.4	547	245.1	884.7	5825.0	0.7452	21.2734	72587.8429	3.6521	12.4614

DX Unit						
Dry Bulb Temperature; °C	Relative Humidity; %	Saturation vapor pressure hPa	Partial vapor pressure Pa	Humidity Ratio	Partial pressure of dry air Pa	Density of Ambient Air; kg/m3
Tdb out DX	RH out DX	Psat out DX	Pv out DX	ω out DX	Pd out DX	ρ out DX
13.6	73.0	15.60	1138.85	0.007239	97853.24	1.197316
13.8	72.2	15.78	1139.65	0.007244	97852.43	1.196582
14.1	72.4	16.12	1165.97	0.007413	97826.11	1.195108
14.7	71.5	16.75	1197.86	0.007619	97794.22	1.192471
14.4	70.9	16.41	1163.13	0.007395	97828.95	1.193978
14.6	71.1	16.57	1178.19	0.007492	97813.89	1.193287
14.5	71.6	16.54	1183.73	0.007528	97808.35	1.193365
14.0	72.0	15.96	1148.29	0.007300	97843.79	1.195813
14.2	71.1	16.14	1148.09	0.007298	97844.00	1.195086
13.8	71.7	15.75	1129.93	0.007182	97862.15	1.196731
13.8	75.6	15.73	1189.43	0.007564	97802.65	1.196562
13.4	77.7	15.40	1196.48	0.007610	97795.60	1.197887
13.0	77.4	14.95	1157.72	0.007360	97834.37	1.199949
13.4	80.5	15.37	1237.58	0.007875	97754.50	1.197803
10.6	74.3	12.78	949.36	0.006023	98042.72	1.210960
10.3	74.5	12.53	933.36	0.005920	98058.73	1.212316
9.9	75.0	12.16	911.12	0.005778	98080.96	1.214347
9.5	75.4	11.85	893.78	0.005667	98098.30	1.216039
9.3	76.1	11.71	891.51	0.005653	98100.57	1.216803
9.1	76.2	11.52	877.18	0.005561	98114.91	1.217948
9.5	76.4	11.85	905.63	0.005743	98086.45	1.215984
10.5	76.9	12.65	972.81	0.006173	98019.27	1.211492
11.8	78.5	13.86	1088.34	0.006914	97903.75	1.205112
11.5	74.0	13.59	1006.14	0.006387	97985.94	1.206763
12.0	72.2	14.05	1014.29	0.006439	97977.79	1.204609

DX Unit						
Enthalpy of outlet Air; kJ/kg	DX Unit total power consumption; Watts	Mass flow rate; kg/s	Total Cooling Capacity kW	Total Cooling Capacity BTU/hr	Coefficient of Performance W/W	Energy Efficiency Ratio BTU/W.hr
h out DX	Pw.Tot DX	m'	Qtot DX	Qtot DX	COP	EER
31.98067507	11637	0.7459	27.1865	92764.1492	2.3362	7.9715
32.17203516	11826	0.7454	27.2934	93128.8955	2.3079	7.8749
32.93076979	11898	0.7445	25.3471	86487.7810	2.1304	7.2691
34.06104187	12015	0.7429	24.4500	83426.8114	2.0350	6.9436
33.1647953	11801	0.7438	24.2668	82801.8365	2.0563	7.0165
33.56260419	11944	0.7434	24.9030	84972.5539	2.0850	7.1142
33.62727262	11838	0.7434	23.8288	81307.3782	2.0129	6.8683
32.49065914	11896	0.7450	23.2321	79271.0700	1.9529	6.6637
32.66551876	11840	0.7445	20.6807	70565.4829	1.7467	5.9599
31.98854965	11755	0.7455	22.4204	76501.5765	1.9073	6.5080
32.93022734	11584	0.7454	20.5812	70225.8899	1.7767	6.0623
32.7136392	11497	0.7462	20.7550	70819.0817	1.8053	6.1598
31.62511555	11497	0.7475	20.9628	71527.9201	1.8233	6.2214
33.35674085	11425	0.7462	19.5764	66797.3873	1.7135	5.8466
25.83448963	11189	0.7544	22.2965	76078.8041	1.9927	6.7994
25.27126425	11116	0.7552	22.1657	75632.6406	1.9940	6.8039
24.45539947	11137	0.7565	21.3183	72741.0648	1.9142	6.5315
23.7950707	11116	0.7576	21.6607	73909.3861	1.9486	6.6489
23.58076083	11001	0.7580	22.9917	78450.9821	2.0900	7.1313
23.09602817	10954	0.7587	23.3822	79783.3456	2.1346	7.2835
23.9861115	10952	0.7575	23.9355	81671.2366	2.1855	7.4572
26.06068097	10949	0.7547	23.3557	79692.9130	2.1331	7.2786
29.32841221	11174	0.7507	25.2450	86139.3776	2.2593	7.7089
27.69234025	11198	0.7518	26.4363	90204.4201	2.3608	8.0554
28.33265448	11212	0.7504	25.9332	88487.9106	2.3130	7.8922

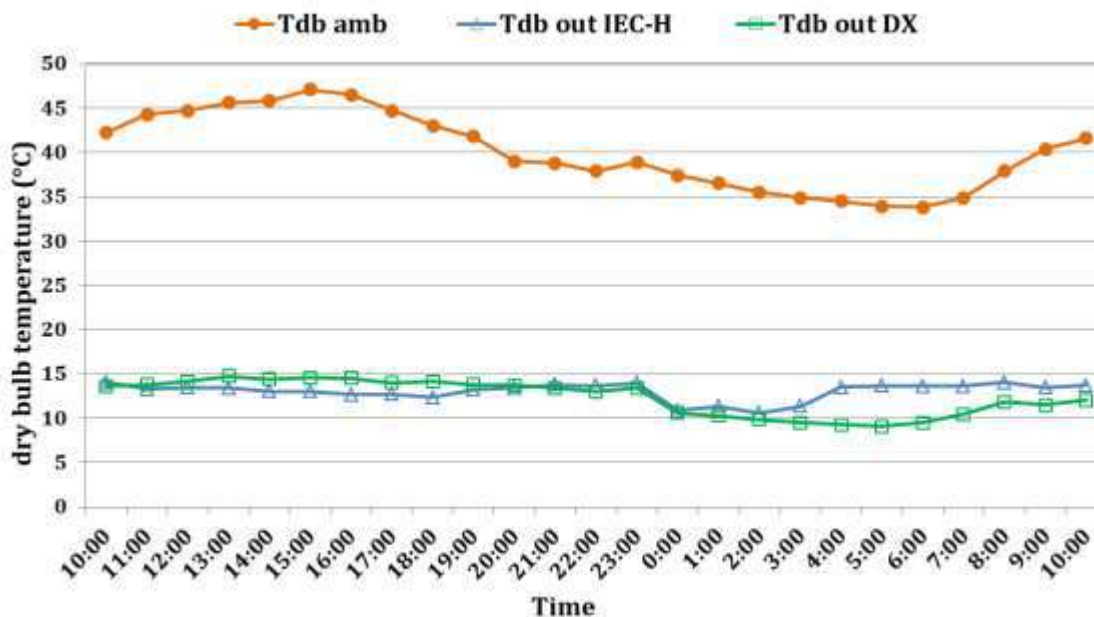


Fig. 1. Inlet Ambient Temperature Versus Outlet Temperature of IEC Hybrid and DX units for OEM3 in CZ 8

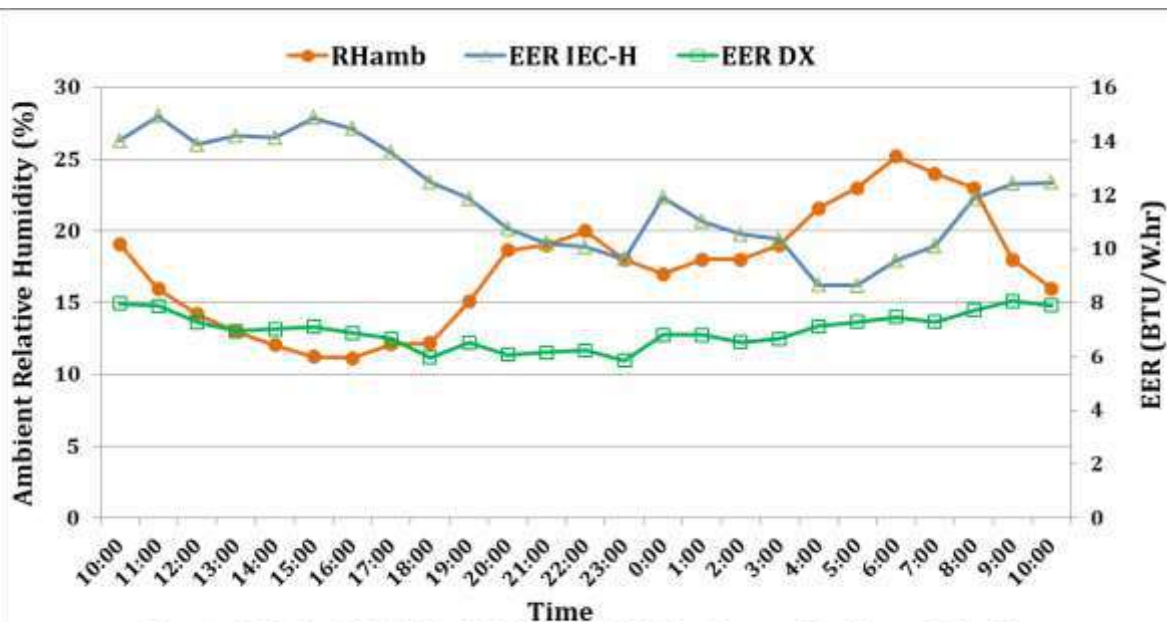
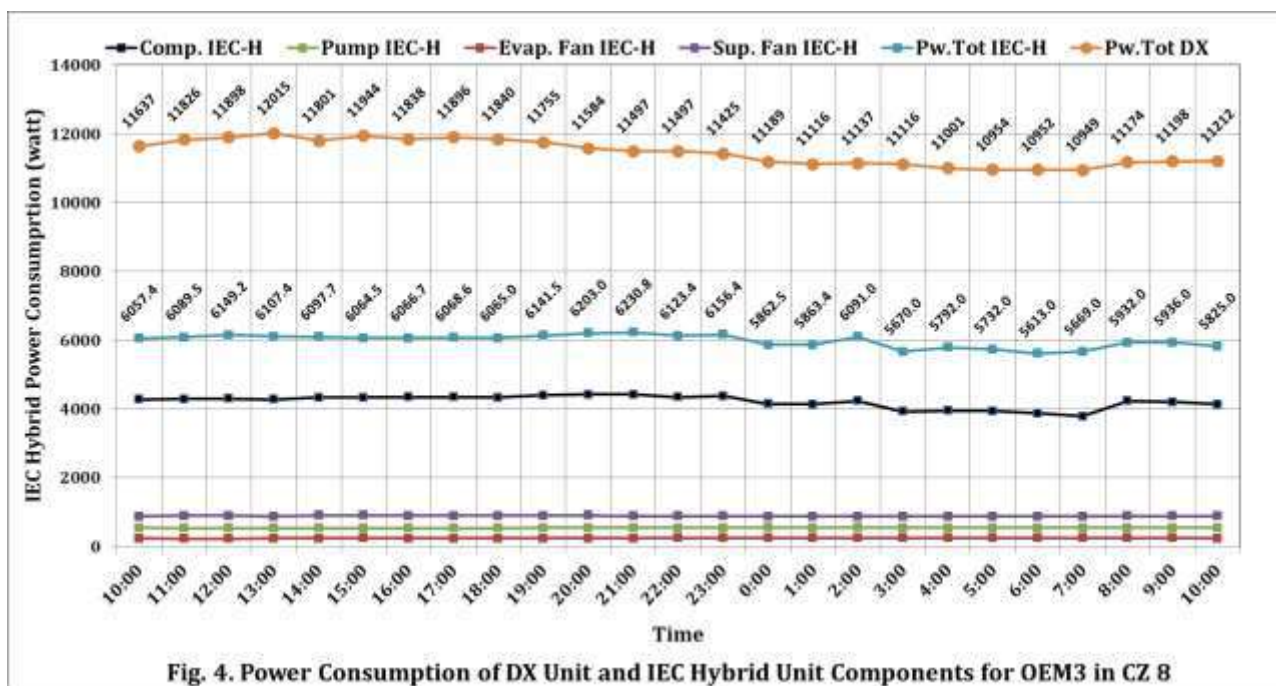
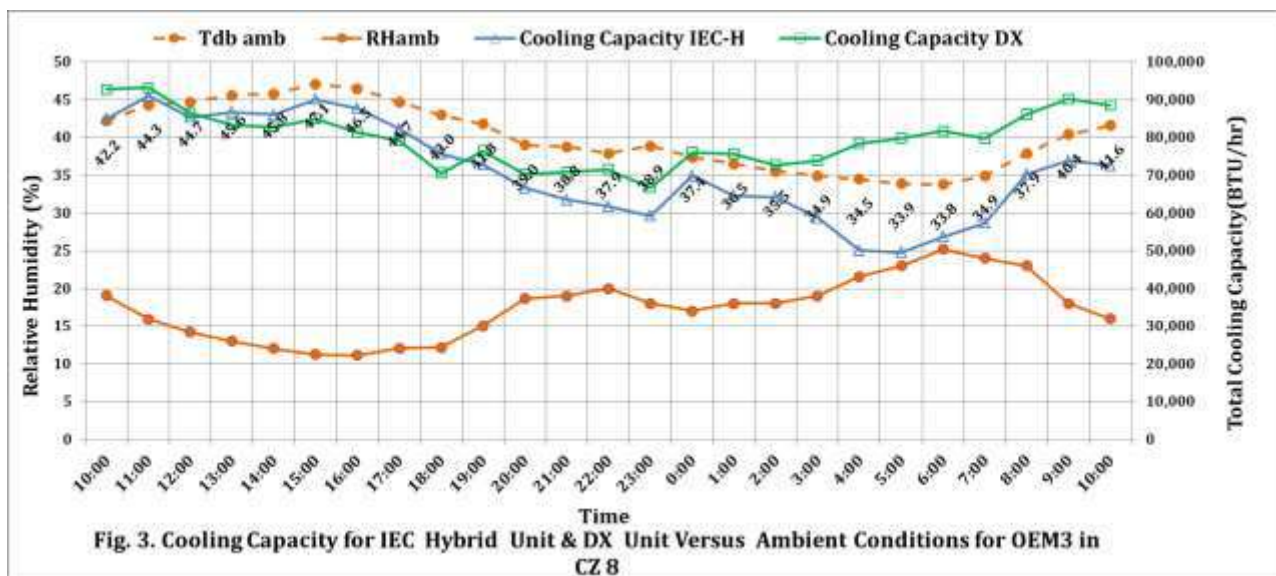


Fig. 2. EER for IEC Hybrid Unit & DX Unit Versus Ambient Relative Humidity for OEM3 in CZ 8



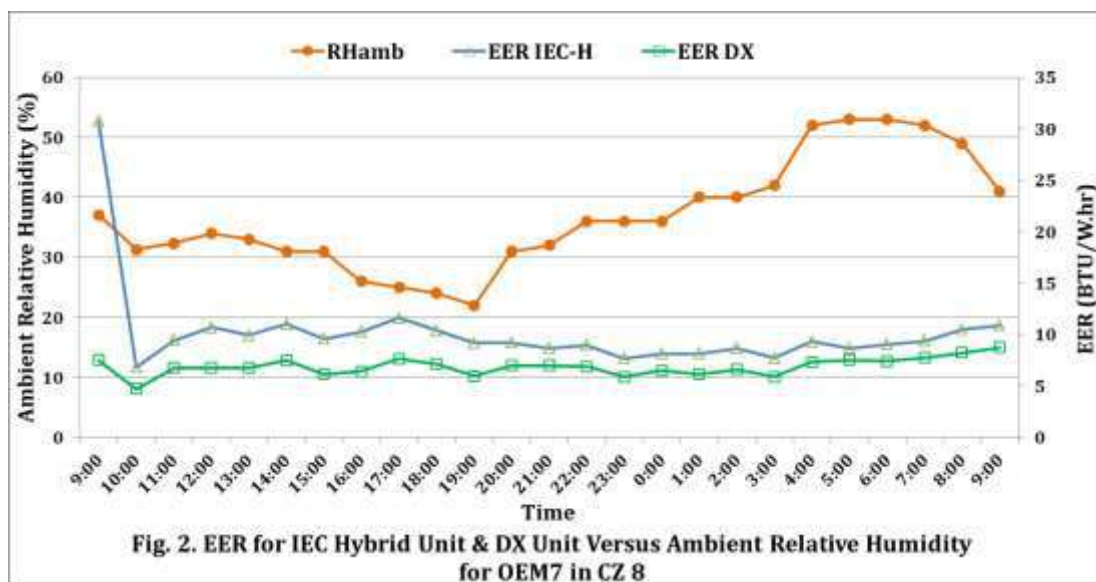
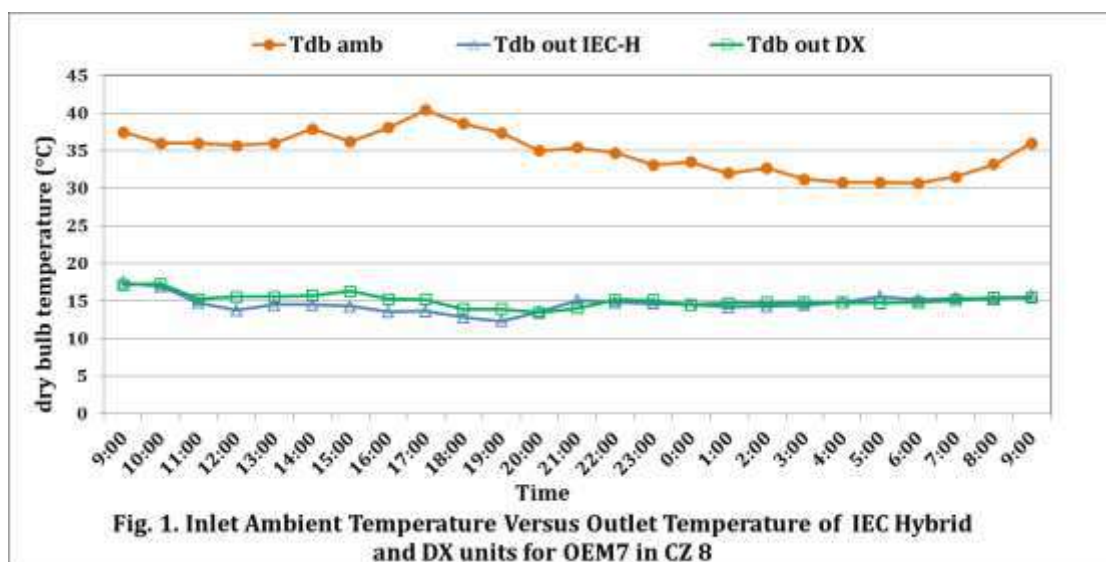
A.3. Results of OEM 7:

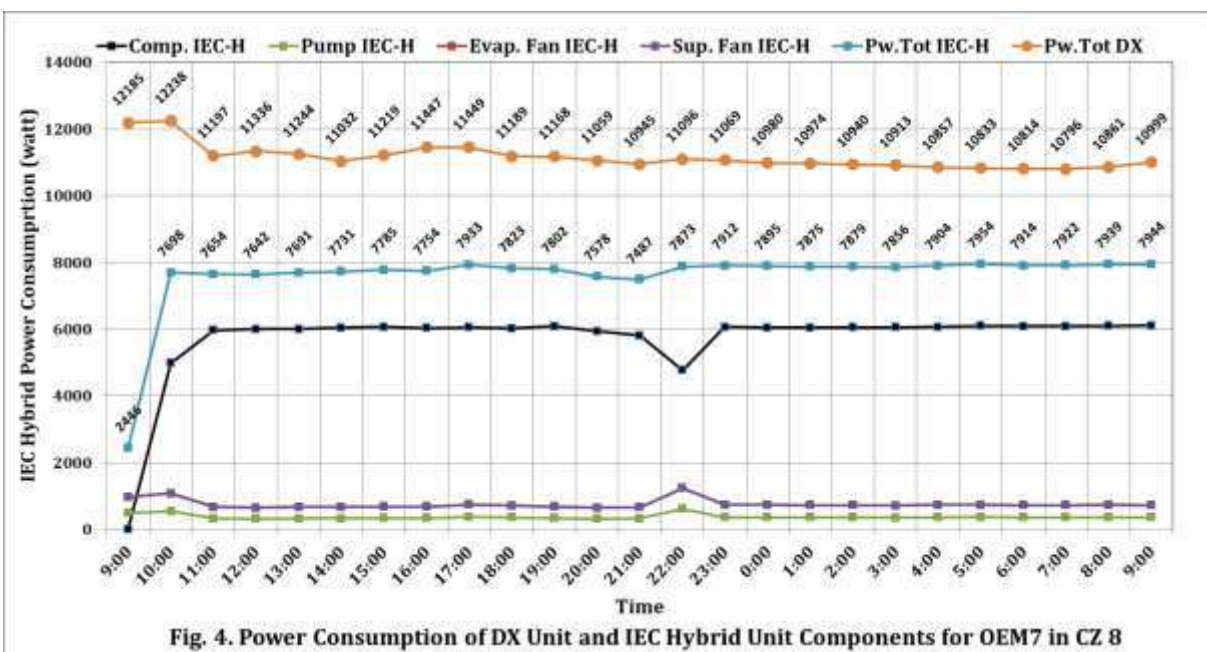
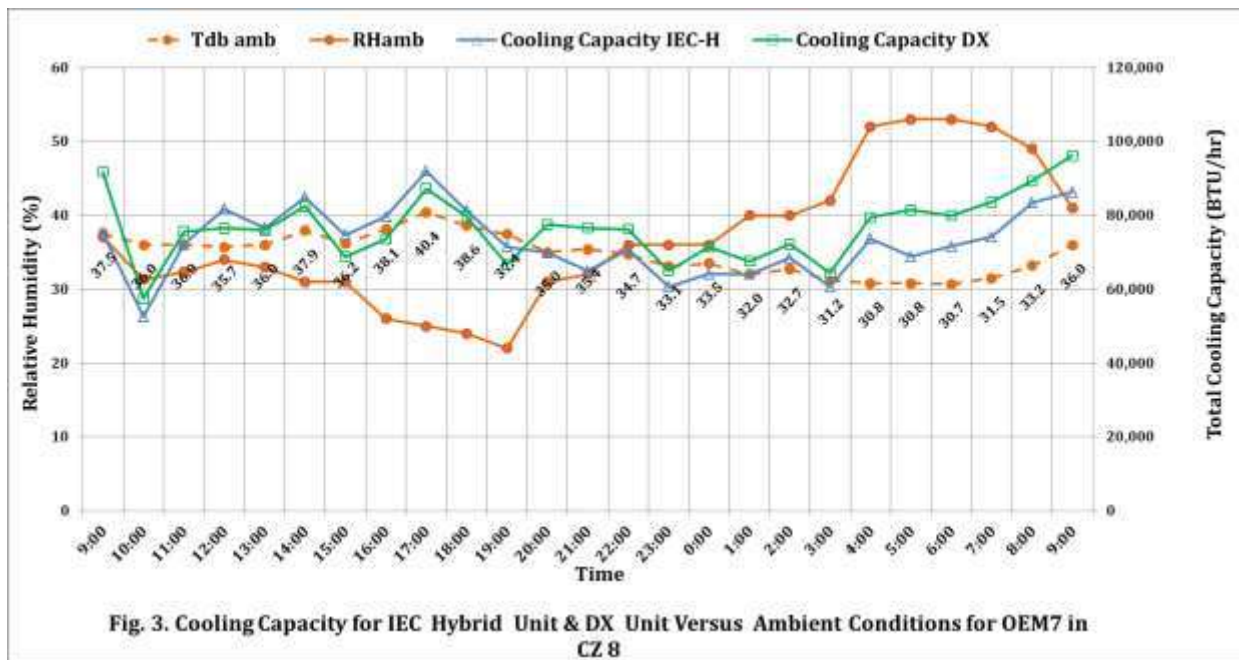
Basic Information			
Tested Units Name	DX (Direct Expansion Unit)		
	IEC Hybrid (Indirect Evaporative Cooling Hybrid Unit)		
OEM No.	7		
Refrigerant	R-32		
Air Flow Rate	1320 C.F.M for DX and IEC hybrid Units		
Capacity	DX	2	Compressors
	IEC hybrid	1	Compressor
Water Bath Area	560X1020		mm2
Climatic Zone	8 (South Egypt)		
Altitude	196.07 meter (From Sea Level)		
Location	22°49' 02" N 31°28' 16" E		
Test Date	30-Aug-24		

Used Apparatus

Used Apparatus	Code of Used Apparatus	Measured Property	Measurement Unit
Weather Station, Dry bulb temperature	WS; T-amb	Ambient dry bulb temperature for both Units	°C
Weather Station, Relative Humidity	WS; Rh-amb	Ambient Relative humidity for both Units	%
Air Quality 5 - Dry bulb temperature	AQ5; T-amb	Ambient dry bulb temperature for both Units	°C
Air Quality 5 - Relative Humidity	AQ5; RH-amb	Ambient Relative humidity for both Units	%
Air Quality 6 - Dry bulb temperature	AQ6; T-amb	Ambient dry bulb temperature for both Units	°C
Air Quality 6 - Relative Humidity	AQ6; RH-amb	Ambient Relative humidity for both Units	%
Fluke 975 - Dry bulb temperature	F975; T-amb	Ambient dry bulb temperature for both Units	°C
Air Quality 1 - Dry bulb temperature	AQ1; T-out; DX	Outlet dry bulb temperature for DX Unit	°C
Air Quality 1 - Relative Humidity	AQ1; RH-out; DX	Outlet Relative humidity for DX Unit	%
Air Quality 2 - Dry bulb temperature	AQ2; T-out; DX	Outlet dry bulb temperature for DX Unit	°C
Air Quality 2 - Relative Humidity	AQ2; RH-out; DX	Outlet Relative humidity for DX Unit	%
UNI T 1 - Dry bulb temperature	U1; T-out; DX	Outlet dry bulb temperature for DX Unit	°C
UNI T 1 - Relative Humidity	U1; RH-out; DX	Outlet Relative humidity for DX Unit	%
Lutron 1 - Dry bulb temperature	L1; T-out; DX	Outlet dry bulb temperature for DX Unit	°C
Lutron 1 - Relative Humidity	L1; RH-out; DX	Outlet Relative humidity for DX Unit	%
Air Quality 3 - Dry bulb temperature	AQ3; T-out; IEC-H	Outlet dry bulb temperature for IEC Hybrid Prototype	°C
Air Quality 3 - Relative Humidity	AQ3; RH-out; IEC-H	Outlet Relative humidity for IEC Hybrid Prototype	%
Air Quality 4 - Dry bulb temperature	AQ4; T-out; IEC-H	Outlet dry bulb temperature for IEC Hybrid Prototype	°C
Air Quality 4 - Relative Humidity	AQ4; RH-out; IEC-H	Outlet Relative humidity for IEC Hybrid Prototype	%
UNI T 2 - Dry bulb temperature	U2; T-out; IEC-H	Outlet dry bulb temperature for IEC Hybrid Prototype	°C
UNI T 2 - Relative Humidity	U2; RH-out; IEC-H	Outlet Relative humidity for IEC Hybrid Prototype	%
Lutron 2 - Dry bulb temperature	L2; T-out; IEC-H	Outlet dry bulb temperature for IEC Hybrid Prototype	°C

Lutron 2 - Relative Humidity	L2; RH-out; IEC-H	Outlet Relative humidity for IEC Hybrid Prototype	%
Tabular level gauge for measuring the Water level change	W.Lvl; IEC-H	make up of evaporated water of the IEC hybrid unit	mm/hr
Water volume in Litres/hour (calculated)	W.Vol; IEC-H	hourly consumption rate of evaporated water for IEC hybrid unit	Litres/hr
Compressor power meter - IEC hybrid unit	Comp.; IEC-H	Power consumption of the Compressor of the IEC hybrid Unit	Watts
Pump power meter - IEC hybrid unit	Pump; IEC-H	Power consumption of the Pump of the IEC hybrid Unit	Watts
Evaporative Fan power meter - IEC hybrid unit	Evap. Fan; IEC-H	Power consumption of the Evaporator Fan of the IEC hybrid Prototype	Watts
Supply fan power meter - IEC hybrid unit	Sup. Fan; IEC-H	Power consumption of the Supply Fan of the IEC hybrid Prototype	Watts
Power meter of total power consumption of IEC hybrid Unit	Pw.Tot; IEC-H	Total Input power of IEC Hybrid Prototype	Watts
Power meter of total power consumption of DX Unit	Pw.Tot; DX	Total Input power of DX Unit	Watts





Time	Ambient Conditions								
	Dry Bulb Temperature; °F	Relative Humidity; %	Pressure at the given altitude Pa	Saturation vapor pressure hPa	Partial vapor pressure Pa	Humidity Ratio	Partial pressure of dry air Pa	Density of Ambient Air; kg/m3	Enthalpy of Ambient Air; kJ/kg
	Tdb amb	RH amb	P	Psat amb	Pv amp	ω amb	Pd amb	ρ amb	h amb
9:00	37.5	37.1	98992.08	64.48	2389.88	0.015388	96602.20	1.099993	77.24
10:00	36.0	31.3	98992.08	59.41	1861.45	0.011920	97130.63	1.107581	66.79
11:00	36.0	32.3	98992.08	59.41	1920.86	0.012308	97071.22	1.107328	67.79
12:00	35.7	34.0	98992.08	58.44	1986.86	0.012740	97005.22	1.108123	68.59
13:00	36.0	33.0	98992.08	59.41	1960.47	0.012567	97031.62	1.107160	68.45
14:00	37.9	31.0	98992.08	65.89	2042.53	0.013104	96949.55	1.100049	71.79
15:00	36.2	31.0	98992.08	60.06	1861.95	0.011924	97130.13	1.106863	67.00
16:00	38.1	26.0	98992.08	66.60	1731.72	0.011075	97260.37	1.100657	66.77
17:00	40.4	25.0	98992.08	75.34	1883.51	0.012064	97108.57	1.091946	71.68
18:00	38.6	24.0	98992.08	68.43	1642.20	0.010493	97349.88	1.099270	65.79
19:00	37.4	22.0	98992.08	64.13	1410.77	0.008993	97581.31	1.104499	60.70
20:00	35.0	31.0	98992.08	56.22	1742.97	0.011148	97249.11	1.111682	63.78
21:00	35.4	32.0	98992.08	57.48	1839.36	0.011776	97152.72	1.109829	65.80
22:00	34.7	36.0	98992.08	55.30	1990.78	0.012765	97001.30	1.111705	67.62
23:00	33.1	36.0	98992.08	50.58	1820.98	0.011656	97171.11	1.118244	63.13
0:00	33.5	36.0	98992.08	51.73	1862.20	0.011925	97129.88	1.116608	64.23
1:00	32.0	40.0	98992.08	47.55	1901.85	0.012184	97090.23	1.121926	63.36
2:00	32.7	40.0	98992.08	49.46	1978.38	0.012684	97013.70	1.119028	65.36
3:00	31.2	42.0	98992.08	45.44	1908.42	0.012227	97083.66	1.124846	62.64
4:00	30.8	52.0	98992.08	44.42	2309.60	0.014859	96682.48	1.124588	68.97
5:00	30.8	53.0	98992.08	44.42	2354.02	0.015151	96638.06	1.124396	69.71
6:00	30.7	53.0	98992.08	44.16	2340.63	0.015063	96651.45	1.124824	69.38
7:00	31.5	52.0	98992.08	46.22	2403.40	0.015477	96588.68	1.121599	71.27
8:00	33.2	49.0	98992.08	50.87	2492.48	0.016066	96499.61	1.114992	74.54
9:00	36.0	41.0	98992.08	59.41	2435.73	0.015691	96556.35	1.105135	76.47

IEC Hybrid Unit								
Dry Bulb Temperature; °F	Relative Humidity; %	Saturation vapor pressure hPa	Partial vapor pressure Pa	Humidity Ratio	Partial pressure of dry air Pa	Density of Ambient Air; kg/m3	Enthalpy of outlet Air; kJ/kg	Water Consumed; mm/hour
Tdb out IEC-H	RH out IEC-H	Psat out IEC-H	Pv out IEC-H	ω out IEC-H	Pd out IEC-H	ρ out IEC-H	h out IEC-H	W.Lvl IEC-H
17.4	92.3	19.87	1833.31	0.011737	97158.77	1.178612	47.21910525	0
16.9	92.3	19.28	1780.47	0.011392	97211.62	1.180782	45.85888147	50
14.8	90.1	16.81	1514.35	0.009663	97477.73	1.190817	39.28059584	100
13.8	89.3	15.73	1404.91	0.008955	97587.18	1.195573	36.44224867	100
14.5	89.0	16.51	1469.95	0.009375	97522.13	1.192158	38.27228531	100
14.5	89.1	16.51	1470.78	0.009381	97521.31	1.192155	38.2857968	100
14.3	88.4	16.30	1440.46	0.009185	97551.62	1.193123	37.58538915	100
13.6	87.4	15.52	1356.08	0.008639	97636.00	1.196632	35.44083252	100
13.6	86.9	15.60	1356.09	0.008639	97636.00	1.196319	35.51753913	80
12.8	88.7	14.76	1309.42	0.008338	97682.66	1.200090	33.88904029	80
12.3	88.6	14.31	1267.07	0.008065	97725.01	1.202282	32.7148644	80
13.6	90.3	15.58	1406.06	0.008962	97586.02	1.196193	36.30782049	75
15.1	90.5	17.11	1548.26	0.009883	97443.82	1.189525	40.11783613	70
14.8	91.1	16.86	1536.10	0.009804	97455.98	1.190510	39.68822553	100
14.7	90.9	16.67	1514.69	0.009665	97477.39	1.191332	39.15827392	75
14.5	91.4	16.51	1508.75	0.009627	97483.33	1.191981	38.90757293	80
14.2	91.6	16.17	1480.18	0.009442	97511.90	1.193460	38.10736121	80
14.3	91.6	16.27	1490.61	0.009509	97501.47	1.192997	38.38038957	70
14.4	91.5	16.43	1503.10	0.009590	97488.99	1.192317	38.73823723	70
14.8	92.0	16.83	1548.36	0.009883	97443.72	1.190558	39.86356968	75
15.6	93.4	17.72	1654.88	0.010575	97337.21	1.186773	42.43163952	70
15.1	93.4	17.16	1602.17	0.010233	97389.92	1.189073	41.05348143	70
15.4	93.7	17.47	1636.41	0.010455	97355.67	1.187783	41.89756618	80
15.3	93.5	17.33	1620.29	0.010350	97371.79	1.188372	41.50474299	70
15.6	92.5	17.75	1641.11	0.010485	97350.97	1.186733	42.23093238	70

IEC Hybrid Unit										
Water Consumed; m3/hour	Compressor power consumption; Watts	Pump power consumption; Watts	Evaporative Fan power consumption; Watts	Supply Fan power consumption; Watts	IEC Hybrid Unit total power consumption; Watts	Mass flow rate; kg/s	Total Cooling Capacity kW	Total Cooling Capacity BTU/hr	Coefficient of Performance W/W	Energy Efficiency Ratio BTU/W.hr
W.Vol IEC-H	Comp. IEC-H	Pump IEC-H	Evap. Fan IEC-H	Sup. Fan IEC-H	Pw.Tot IEC-H	m'	Qtot IEC-H	Qtot IEC-H	COP	EER
0	0	489.2	978.4	978.4	2446	0.7342	22.0458	75223.4637	9.0130	30.7536
0.02856	4985	542.6	1085.2	1085.2	7698	0.7356	15.3965	52534.9238	2.0001	6.8245
0.05712	5969	337	674	674	7654	0.7418	21.1464	72154.5628	2.7628	9.4270
0.05712	6004	327.6	655.2	655.2	7642	0.7448	23.9405	81688.3109	3.1328	10.6894
0.05712	6007	336.8	673.6	673.6	7691	0.7427	22.4128	76475.8203	2.9142	9.9435
0.05712	6049	336.4	672.8	672.8	7731	0.7427	24.8796	84892.8909	3.2182	10.9808
0.05712	6066	343.8	687.6	687.6	7785	0.7433	21.8659	74609.4228	2.8087	9.5837
0.05712	6040	342.8	685.6	685.6	7754	0.7455	23.3563	79695.0691	3.0122	10.2779
0.045696	6061	374.4	748.8	748.8	7933	0.7453	26.9510	91960.4886	3.3973	11.5921
0.045696	6023	360	720	720	7823	0.7476	23.8477	81371.7438	3.0484	10.4016
0.045696	6093	341.8	683.6	683.6	7802	0.7490	20.9619	71525.1485	2.6867	9.1675
0.04284	5943	327	654	654	7578	0.7452	20.4726	69855.4084	2.7016	9.2182
0.039984	5812	335	670	670	7487	0.7410	19.0339	64946.4383	2.5423	8.6746
0.05712	4770	620.6	1241.2	1241.2	7873	0.7417	20.7175	70691.1148	2.6315	8.9789
0.04284	6067	369	738	738	7912	0.7422	17.7941	60715.8308	2.2490	7.6739
0.045696	6048	369.4	738.8	738.8	7895	0.7426	18.8068	64171.3315	2.3821	8.1281
0.045696	6047	365.6	731.2	731.2	7875	0.7435	18.7723	64053.6786	2.3838	8.1338
0.039984	6060	363.8	727.6	727.6	7879	0.7432	20.0492	68410.8742	2.5446	8.6827
0.039984	6060	359.2	718.4	718.4	7856	0.7428	17.7566	60588.0863	2.2603	7.7123
0.04284	6065	367.8	735.6	735.6	7904	0.7417	21.5842	73648.4633	2.7308	9.3179
0.039984	6096	371.6	743.2	743.2	7954	0.7393	20.1706	68824.9073	2.5359	8.6529
0.039984	6092	364.4	728.8	728.8	7914	0.7408	20.9868	71609.8541	2.6519	9.0485
0.045696	6093	365.8	731.6	731.6	7922	0.7400	21.7350	74162.8495	2.7436	9.3616
0.039984	6100	367.8	735.6	735.6	7939	0.7403	24.4540	83440.6826	3.0802	10.5102
0.039984	6108	367.2	734.4	734.4	7944	0.7393	25.3138	86374.3190	3.1865	10.8729

DX Unit						
Dry Bulb Temperature; °C	Relative Humidity; %	Saturation vapor pressure hPa	Partial vapor pressure Pa	Humidity Ratio	Partial pressure of dry air Pa	Density of Ambient Air; kg/m3
Tdb out DX	RH out DX	Psat out DX	Pv out DX	ω out DX	Pd out DX	ρ out DX
17.2	74.2	19.56	1451.96	0.009259	97540.12	1.181357
17.3	83.3	19.69	1639.83	0.010477	97352.26	1.180099
15.2	81.0	17.30	1400.56	0.008926	97591.53	1.189478
15.6	79.5	17.67	1404.46	0.008952	97587.62	1.188121
15.6	79.7	17.69	1410.70	0.008992	97581.39	1.187990
15.7	81.2	17.84	1447.45	0.009230	97544.63	1.187308
16.3	78.1	18.50	1445.63	0.009218	97546.45	1.184958
15.2	80.2	17.30	1387.58	0.008843	97604.50	1.189537
15.2	78.7	17.27	1359.87	0.008664	97632.21	1.189767
13.9	80.4	15.86	1274.05	0.008110	97718.03	1.195653
13.9	80.3	15.88	1274.93	0.008115	97717.15	1.195545
13.4	80.5	15.37	1237.58	0.007875	97754.50	1.197803
14.0	83.7	16.01	1339.36	0.008531	97652.72	1.194729
15.2	80.3	17.22	1381.77	0.008805	97610.31	1.189873
15.1	80.7	17.14	1382.40	0.008809	97609.68	1.190180
14.5	80.8	16.51	1334.55	0.008500	97657.53	1.192778
14.7	81.1	16.75	1357.86	0.008651	97634.23	1.191739
14.8	81.5	16.78	1368.02	0.008716	97624.06	1.191589
14.8	82.5	16.83	1388.85	0.008851	97603.23	1.191287
14.8	84.1	16.78	1411.23	0.008995	97580.85	1.191392
14.7	84.4	16.75	1413.14	0.009008	97578.94	1.191486
14.8	84.2	16.86	1419.76	0.009051	97572.33	1.191042
15.1	83.7	17.11	1431.93	0.009129	97560.15	1.190057
15.5	83.5	17.55	1466.14	0.009351	97525.95	1.188251
15.4	81.3	17.50	1422.07	0.009066	97570.01	1.188658

DX Unit						
Enthalpy of outlet Air; kJ/kg	DX Unit total power consumption; Watts	Mass flow rate; kg/s	Total Cooling Capacity kW	Total Cooling Capacity BTU/hr	Coefficient of Performance W/W	Energy Efficiency Ratio BTU/W.hr
h out DX	Pw.Tot DX	m'	Qtot DX	Qtot DX	COP	EER
40.68682776	12185	0.7360	26.9046	91802.3062	2.2080	7.5340
43.87464465	12238	0.7352	16.8463	57481.9492	1.3766	4.6970
37.87807442	11197	0.7410	22.1619	75619.6328	1.9793	6.7536
38.27398013	11336	0.7402	22.4355	76553.0116	1.9791	6.7531
38.40148881	11244	0.7401	22.2389	75882.1436	1.9778	6.7487
39.13081276	11032	0.7397	24.1535	82415.1155	2.1894	7.4705
39.68874461	11219	0.7382	20.1635	68800.8472	1.7973	6.1325
37.66592577	11447	0.7410	21.5689	73596.3120	1.8842	6.4293
37.18760842	11449	0.7412	25.5655	87233.1798	2.2330	7.6193
34.43516994	11189	0.7449	23.3527	79682.8757	2.0871	7.1215
34.47499939	11168	0.7448	19.5336	66651.2465	1.7491	5.9681
33.35674085	11059	0.7462	22.7022	77463.2015	2.0528	7.0045
35.65301816	10945	0.7443	22.4403	76569.3703	2.0503	6.9958
37.49430249	11096	0.7413	22.3327	76202.3105	2.0127	6.8675
37.42803828	11069	0.7414	19.0597	65034.4697	1.7219	5.8754
36.05949116	10980	0.7431	20.9357	71435.4218	1.9067	6.5060
36.66963581	10974	0.7424	19.8126	67603.4323	1.8054	6.1603
36.86114719	10940	0.7423	21.1534	72178.2772	1.9336	6.5976
37.25258414	10913	0.7421	18.8438	64297.8159	1.7267	5.8919
37.56727378	10857	0.7422	23.3037	79515.4217	2.1464	7.3239
37.57302345	10833	0.7423	23.8571	81403.6472	2.2023	7.5144
37.78335577	10814	0.7420	23.4479	80007.6327	2.1683	7.3985
38.21237753	10796	0.7414	24.5087	83627.0990	2.2702	7.7461
39.18115937	10861	0.7402	26.1716	89301.2090	2.4097	8.2222
38.40879046	10999	0.7405	28.1852	96171.7890	2.5625	8.7437

A.4. Results of EOM 6:

Basic Information			
Tested Units Name	DX (Direct Expansion Unit)		
	IEC Hybrid (Indirect Evaporative Cooling Hybrid Unit)		
OEM No.	6		
Refrigerant	R-32		
Air Flow Rate	1800 C.F.M for DX and IEC hybrid Units		
Capacity	DX	2	Compressors
	IEC hybrid	1	Compressor
Water Bath Area	(1308.3^2-900.3^2)		mm2
Climatic Zone	8 (South Egypt)		
Altitude	196.07 meter (From Sea Level)		
Location	22°49' 02" N 31°28' 16" E		
Test Date	31-Aug-24		

Used Apparatus

Used Apparatus	Code of Used Apparatus	Measured Property	Measurement Unit
Weather Station, Dry bulb temperature	WS; T-amb	Ambient dry bulb temperature for both Units	°C
Weather Station, Relative Humidity	WS; Rh-amb	Ambient Relative humidity for both Units	%
Air Quality 6 - Dry bulb temperature	AQ6; T-amb	Ambient dry bulb temperature for both Units	°C
Air Quality 6 - Relative Humidity	AQ6; RH-amb	Ambient Relative humidity for both Units	%
Fluke 975 - Dry bulb temperature	F975; T-amb	Ambient dry bulb temperature for both Units	°C
Air Quality 3 - Dry bulb temperature	AQ3; T-out; DX	Outlet dry bulb temperature for DX Unit	°C
Air Quality 3 - Relative Humidity	AQ3; RH-out; DX	Outlet Relative humidity for DX Unit	%
Air Quality 4 - Dry bulb temperature	AQ4; T-out; DX	Outlet dry bulb temperature for DX Unit	°C
Air Quality 4 - Relative Humidity	AQ4; RH-out; DX	Outlet Relative humidity for DX Unit	%
Lutron 1 - Dry bulb temperature	L1; T-out; DX	Outlet dry bulb temperature for DX Unit	°C
Lutron 1 - Relative Humidity	L1; RH-out; DX	Outlet Relative humidity for DX Unit	%
UNI T - Dry bulb temperature	U; T-out; IEC-H	Outlet dry bulb temperature for IEC Hybrid Prototype	°C
UNI T - Relative Humidity	U; RH-out; IEC-H	Outlet Relative humidity for IEC Hybrid Prototype	%
Lutron 2 - Dry bulb temperature	L2; T-out; IEC-H	Outlet dry bulb temperature for IEC Hybrid Prototype	°C
Lutron 2 - Relative Humidity	L2; RH-out; IEC-H	Outlet Relative humidity for IEC Hybrid Prototype	%
Tabular level gauge for measuring the Water level change	W.Lvl; IEC-H	make up of evaporated water of the IEC hybrid unit	mm/hr
Water volume in Litres/hour (calculated)	W.Vol; IEC-H	hourly consumption rate of evaporated water for IEC hybrid unit	Litres/hr
Compressor power meter - IEC hybrid unit	Comp.; IEC-H	Power consumption of the Compressor of the IEC hybrid Unit	Watts
Pump power meter - IEC hybrid unit	Pump; IEC-H	Power consumption of the Pump of the IEC hybrid Unit	Watts
Evaporative Fan power meter - IEC hybrid unit	Evap. Fan; IEC-H	Power consumption of the Evaporator Fan of the IEC hybrid Prototype	Watts
Supply fan power meter - IEC hybrid unit	Sup. Fan; IEC-H	Power consumption of the Supply Fan of the IEC hybrid Prototype	Watts
Power meter of total power consumption of IEC hybrid Unit	Pw.Tot; IEC-H	Total Input power of IEC Hybrid Prototype	Watts
Power meter of total power consumption of DX Unit	Pw.Tot; DX	Total Input power of DX Unit	Watts

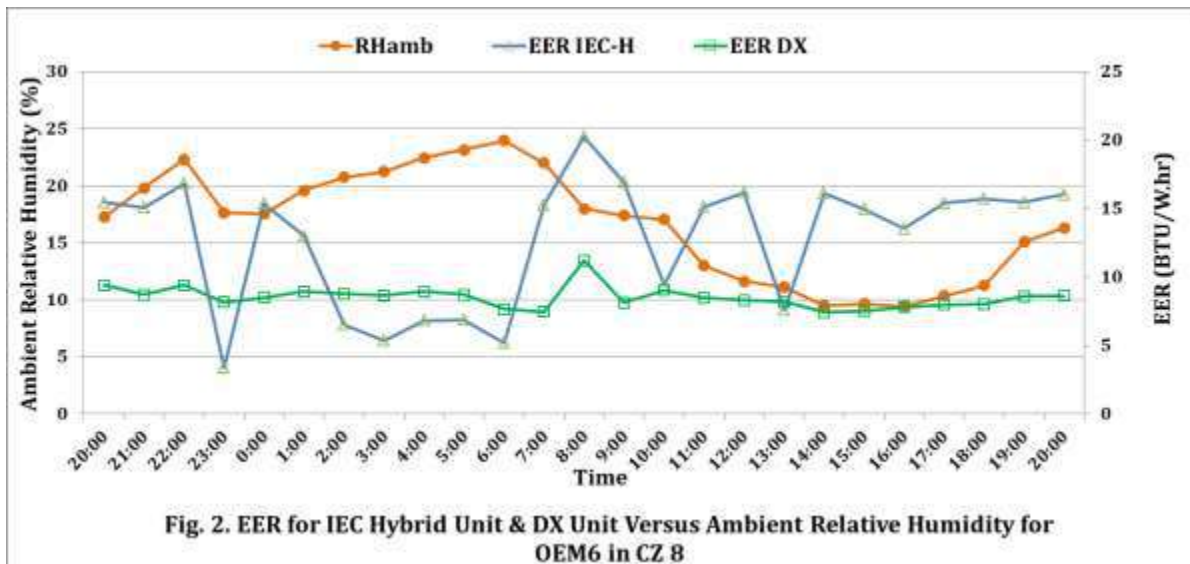
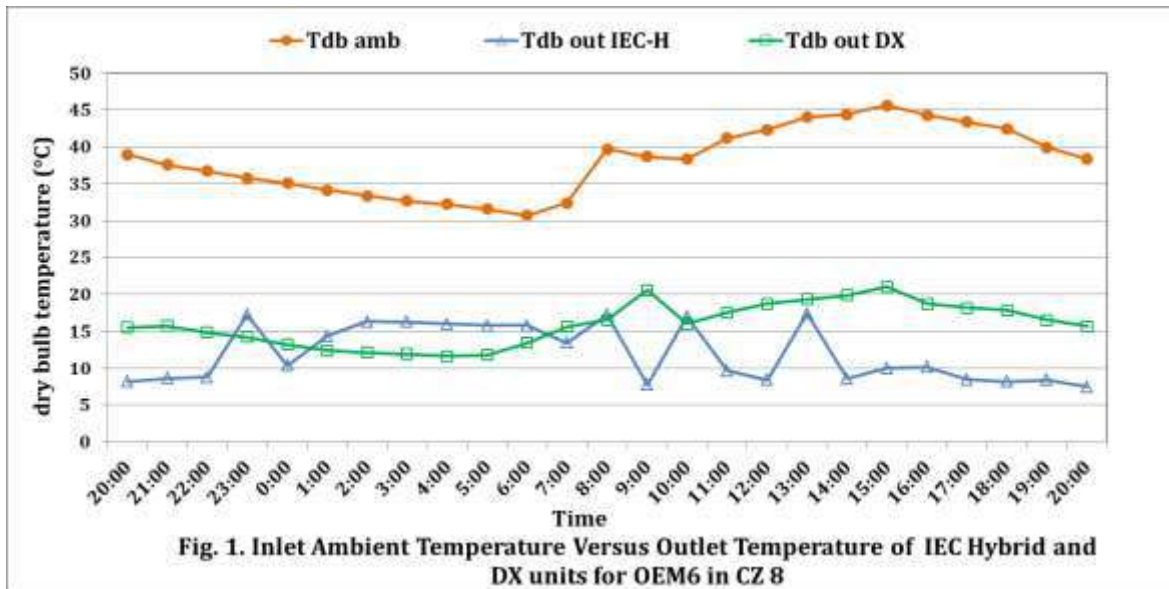
Time	Ambient Conditions								
	Dry Bulb Temperature; °F	Relative Humidity; %	Pressure at the given altitude Pa	Saturation vapor pressure hPa	Partial vapor pressure Pa	Humidity Ratio	Partial pressure of dry air Pa	Density of Ambient Air; kg/m3	Enthalpy of Ambient Air; kJ/kg
	Tdb amb	RH amb	P	Psat amb	Pv amp	ω amb	Pd amb	ρ amb	h amb
20:00	38.9	17.3	98992.08	69.66	1201.68	0.007643	97790.40	1.099955	58.80
21:00	37.6	19.8	98992.08	64.83	1283.55	0.008171	97708.53	1.104328	58.79
22:00	36.7	22.3	98992.08	61.84	1379.04	0.008787	97613.04	1.107010	59.49
23:00	35.8	17.7	98992.08	58.65	1035.20	0.006573	97956.88	1.111940	52.82
0:00	35.1	17.6	98992.08	56.43	990.39	0.006286	98001.69	1.114657	51.37
1:00	34.1	19.6	98992.08	53.59	1050.31	0.006670	97941.78	1.117786	51.41
2:00	33.4	20.8	98992.08	51.44	1067.37	0.006780	97924.71	1.120387	50.94
3:00	32.7	21.3	98992.08	49.37	1049.05	0.006662	97943.03	1.123152	49.90
4:00	32.2	22.5	98992.08	48.18	1081.57	0.006871	97910.51	1.124606	49.99
5:00	31.6	23.2	98992.08	46.39	1074.03	0.006822	97918.06	1.127099	49.19
6:00	30.7	24.0	98992.08	44.16	1057.70	0.006718	97934.38	1.130384	48.04
7:00	32.4	22.0	98992.08	48.63	1069.89	0.006796	97922.19	1.124042	49.97
8:00	39.7	18.0	98992.08	72.58	1306.49	0.008319	97685.59	1.096818	61.32
9:00	38.7	17.4	98992.08	68.79	1197.02	0.007613	97795.06	1.100798	58.48
10:00	38.3	17.1	98992.08	67.45	1150.00	0.007311	97842.08	1.102292	57.33
11:00	41.2	13.0	98992.08	78.60	1021.84	0.006488	97970.24	1.092777	58.13
12:00	42.3	11.7	98992.08	83.43	972.00	0.006168	98020.08	1.089059	58.46
13:00	44.0	11.1	98992.08	91.16	1011.87	0.006424	97980.21	1.083057	60.84
14:00	44.4	9.5	98992.08	92.90	882.59	0.005595	98109.49	1.082342	59.08
15:00	45.6	9.7	98992.08	98.82	953.59	0.006050	98038.49	1.077974	61.47
16:00	44.3	9.5	98992.08	92.43	873.42	0.005537	98118.66	1.082721	58.82
17:00	43.4	10.4	98992.08	88.06	911.41	0.005780	98080.67	1.085756	58.50
18:00	42.4	11.3	98992.08	83.87	943.56	0.005986	98048.52	1.088833	58.09
19:00	39.9	15.1	98992.08	73.49	1109.73	0.007052	97882.35	1.096828	58.29
20:00	38.3	16.3	98992.08	67.45	1099.42	0.006986	97892.67	1.102506	56.49

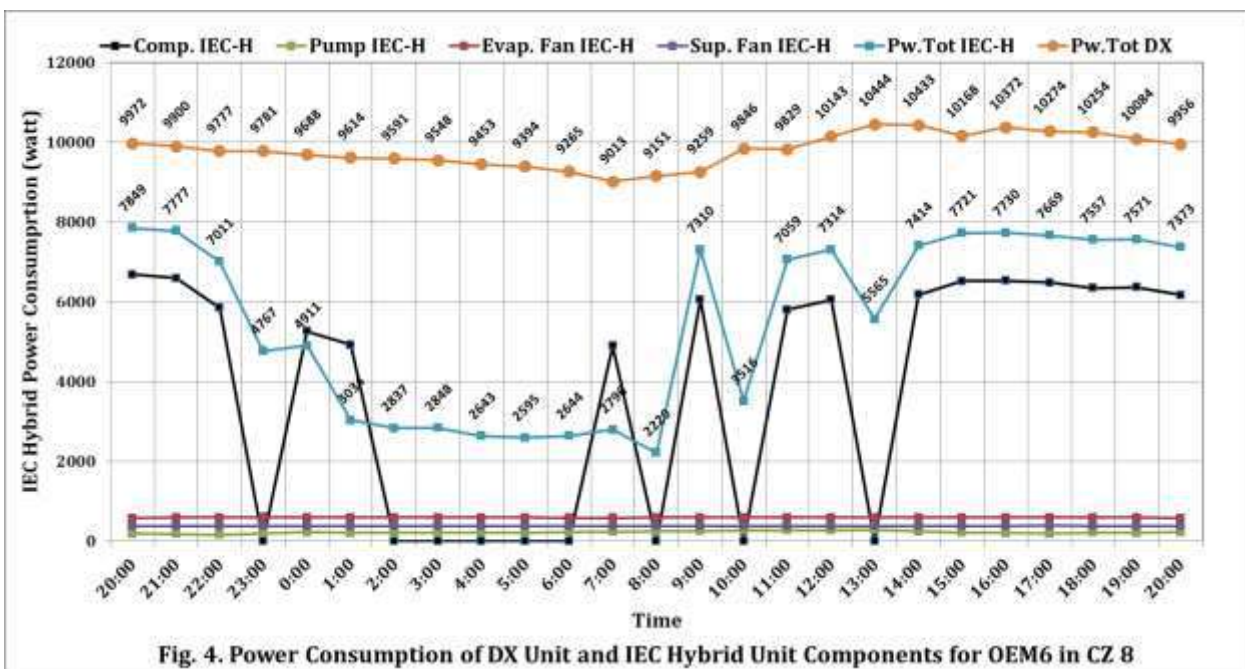
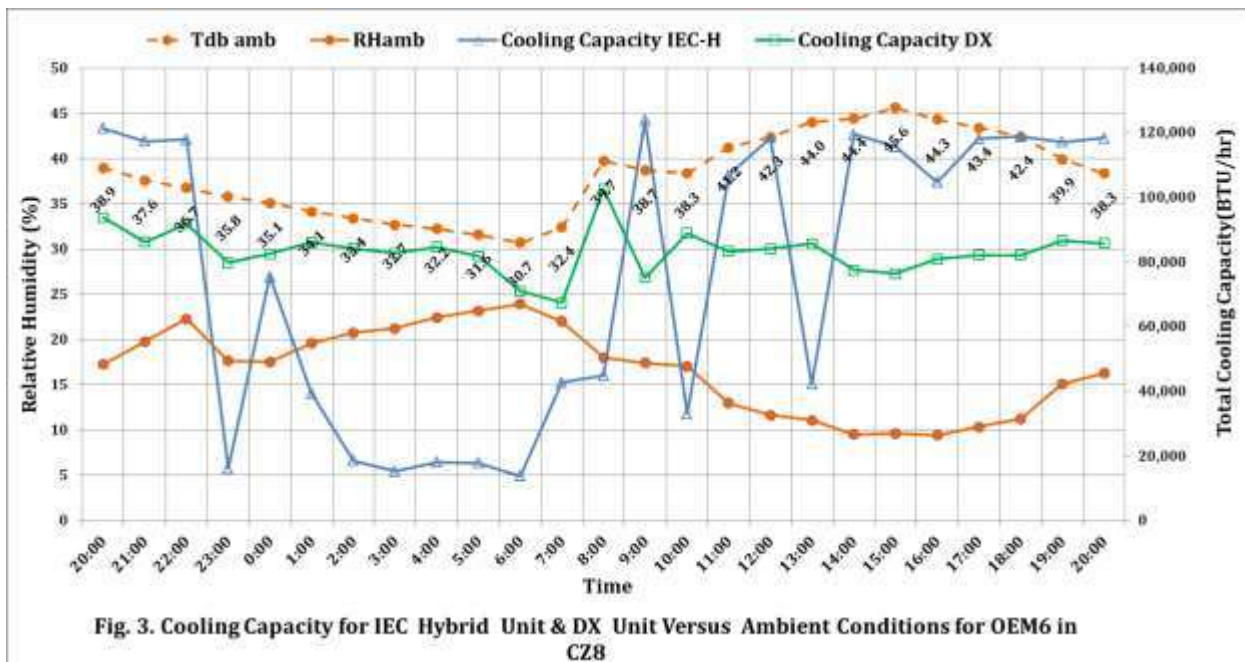
IEC Hybrid Unit								
Dry Bulb Temperature; °F	Relative Humidity; %	Saturation vapor pressure hPa	Partial vapor pressure Pa	Humidity Ratio	Partial pressure of dry air Pa	Density of Ambient Air; kg/m3	Enthalpy of outlet Air; kJ/kg	Water Consumed; mm/hour
Tdb out IEC-H	RH out IEC-H	Psat out IEC-H	Pv out IEC-H	ω out IEC-H	Pd out IEC-H	ρ out IEC-H	h out IEC-H	W.Lvl IEC-H
8.2	94.4	10.84	1022.51	0.006492	97969.57	1.221164	24.52457591	0
8.6	94.9	11.17	1060.38	0.006735	97931.70	1.219037	25.59396471	40
8.8	95.4	11.33	1079.94	0.006860	97912.14	1.218081	26.11358688	40
17.3	96.3	19.69	1895.74	0.012144	97096.34	1.178938	48.09715373	40
10.4	96.6	12.57	1213.65	0.007720	97778.43	1.210800	29.8584185	40
14.4	96.9	16.35	1584.53	0.010118	97407.55	1.192255	39.99616046	40
16.3	97.1	18.53	1799.61	0.011517	97192.47	1.183245	45.53339571	25
16.3	97.3	18.47	1796.66	0.011498	97195.42	1.183463	45.43333048	20
16.0	97.4	18.18	1770.04	0.011324	97222.04	1.184607	44.73784686	35
15.8	97.3	17.89	1741.08	0.011136	97251.00	1.185764	44.00410947	25
15.8	97.4	17.89	1742.87	0.011147	97249.21	1.185756	44.03358563	20
13.4	97.6	15.37	1500.47	0.009573	97491.62	1.196594	37.64679275	15
17.3	96.5	19.69	1899.68	0.012170	97092.40	1.178920	48.16228927	30
7.8	93.7	10.55	988.16	0.006272	98003.92	1.223064	23.5637229	50
17.1	96.8	19.44	1880.64	0.012046	97111.44	1.179819	47.64190001	50
9.7	94.1	11.99	1128.65	0.007173	97863.43	1.214193	27.76717948	70
8.4	93.8	11.02	1033.97	0.006565	97958.11	1.220027	24.96382551	33
17.4	96.2	19.87	1910.82	0.012243	97081.26	1.178261	48.50081279	65
8.6	93.8	11.14	1043.99	0.006630	97948.10	1.219330	25.2782303	40
10.0	94.3	12.28	1157.32	0.007358	97834.77	1.212559	28.58804044	80
10.2	94.8	12.40	1175.20	0.007473	97816.88	1.211834	29.03081702	65
8.5	94.1	11.06	1040.25	0.006606	97951.83	1.219781	25.11610375	40
8.2	94.4	10.84	1023.05	0.006495	97969.03	1.221162	24.53332228	90
8.4	95.1	11.02	1048.30	0.006657	97943.78	1.219960	25.19525683	65
7.5	95.1	10.33	982.58	0.006236	98009.50	1.224398	23.16868544	90

IEC Hybrid Unit										
Water Consumed; m3/hour	Compressor power consumption; Watts	Pump power consumption; Watts	Evaporative Fan power consumption; Watts	Supply Fan power consumption; Watts	IEC Hybrid Unit total power consumption; Watts	Mass flow rate; kg/s	Total Cooling Capacity kW	Total Cooling Capacity BTU/hr	Coefficient of Performance W/W	Energy Efficiency Ratio BTU/W.hr
W.Vol IEC-H	Comp. IEC-H	Pump IEC-H	Evap. Fan IEC-H	Sup. Fan IEC-H	Pw.Tot IEC-H	m'	Qtot IEC-H	Qtot IEC-H	COP	EER
0	6683	196	579	390	7849	1.0374	35.5534	121313.3512	4.5298	15.4564
0.036044352	6600	187	602	389	7777	1.0356	34.3814	117314.1739	4.4208	15.0843
0.036044352	5854	167	602	389	7011	1.0348	34.5407	117857.7697	4.9268	16.8109
0.036044352	0	199	605	385	4767	1.0015	4.7319	16145.7488	0.9926	3.3869
0.036044352	5268	233	601	385	4911	1.0286	22.1287	75506.2948	4.5061	15.3756
0.036044352	4923	212	599	382	3034	1.0128	11.5592	39441.5834	3.8105	13.0020
0.02252772	0	211	601	389	2837	1.0052	5.4382	18555.9175	1.9170	6.5411
0.018022176	0	213	599	387	2848	1.0054	4.4867	15309.1076	1.5754	5.3755
0.031538808	0	217	597	385	2643	1.0063	5.2853	18034.2284	2.0000	6.8244
0.02252772	0	226	594	385	2595	1.0073	5.2212	17815.5601	2.0121	6.8655
0.018022176	0	240	592	386	2644	1.0073	4.0329	13760.9754	1.5250	5.2036
0.013516632	4898	244	592	385	2796	1.0165	12.5242	42734.3244	4.4789	15.2825
0.027033264	0	250	594	385	2220	1.0015	13.1749	44954.6599	5.9338	20.2470
0.04505544	6067	261	593	388	7310	1.0390	36.2798	123791.8201	4.9632	16.9352
0.04505544	0	264	594	387	3516	1.0023	9.7098	33131.1746	2.7612	9.4217
0.063077616	5808	272	593	386	7059	1.0315	31.3159	106854.2003	4.4361	15.1366
0.02973659	6054	278	595	388	7314	1.0364	34.7121	118442.4680	4.7458	16.1934
0.058572072	0	282	595	390	5565	1.0009	12.3551	42157.2319	2.2201	7.5751
0.036044352	6184	250	595	386	7414	1.0358	35.0106	119461.1014	4.7220	16.1122
0.072088704	6518	219	597	387	7721	1.0301	33.8726	115577.9976	4.3869	14.9688
0.058572072	6529	213	597	391	7730	1.0295	30.6717	104656.2261	3.9676	13.5381
0.036044352	6486	193	597	392	7669	1.0362	34.5976	118051.9284	4.5113	15.3932
0.081099792	6350	219	597	391	7557	1.0374	34.8087	118772.2967	4.6062	15.7168
0.058572072	6367	213	601	390	7571	1.0364	34.3010	117039.9237	4.5307	15.4593
0.081099792	6173	232	579	388	7373	1.0401	34.6620	118271.7184	4.7014	16.0419

DX Unit						
Dry Bulb Temperature; °C	Relative Humidity; %	Saturation vapor pressure hPa	Partial vapor pressure Pa	Humidity Ratio	Partial pressure of dry air Pa	Density of Ambient Air; kg/m3
Tdb out DX	RH out DX	Psat out DX	Pv out DX	ω out DX	Pd out DX	ρ out DX
15.5	56.8	17.61	999.64	0.006345	97992.44	1.190174
15.7	62.5	17.87	1117.18	0.007100	97874.90	1.188677
14.9	66.2	16.91	1118.68	0.007109	97873.40	1.192247
14.2	60.1	16.16	970.63	0.006159	98021.45	1.195830
13.2	59.3	15.17	899.33	0.005703	98092.75	1.200195
12.4	61.9	14.40	891.80	0.005654	98100.28	1.203592
12.1	64.7	14.15	915.44	0.005806	98076.64	1.204608
11.9	64.4	13.90	895.31	0.005677	98096.77	1.205828
11.6	64.8	13.66	885.14	0.005612	98106.95	1.207004
11.8	63.0	13.84	872.00	0.005528	98120.08	1.206218
13.4	57.3	15.41	882.31	0.005594	98109.77	1.199296
15.6	52.0	17.72	921.00	0.005841	98071.08	1.190120
16.5	49.2	18.81	926.13	0.005874	98065.95	1.186263
20.6	39.9	24.26	968.97	0.006149	98023.11	1.169648
16.0	52.9	18.18	961.24	0.006099	98030.85	1.188291
17.5	50.3	20.04	1008.08	0.006399	97984.00	1.181810
18.7	43.3	21.57	934.50	0.005928	98057.59	1.177418
19.3	45.2	22.39	1012.68	0.006429	97979.41	1.174650
19.9	43.5	23.24	1010.07	0.006412	97982.02	1.172257
21.0	44.2	24.92	1101.47	0.006999	97890.61	1.167332
18.7	47.0	21.57	1014.29	0.006439	97977.79	1.177058
18.2	48.3	20.86	1008.06	0.006399	97984.02	1.179241
17.8	49.2	20.42	1005.54	0.006383	97986.54	1.180603
16.5	54.5	18.81	1025.20	0.006509	97966.88	1.185812
15.7	55.6	17.80	989.61	0.006281	98002.47	1.189533

DX Unit						
Enthalpy of outlet Air; kJ/kg	DX Unit total power consumption; Watts	Mass flow rate; kg/s	Total Cooling Capacity kW	Total Cooling Capacity BTU/hr	Coefficient of Performance W/W	Energy Efficiency Ratio BTU/W.hr
h out DX	Pw.Tot DX	m'	Qtot DX	Qtot DX	COP	EER
31.6290197	9972	1.0111	27.4681	93725.2113	2.7545	9.3988
33.77549271	9900	1.0098	25.2635	86202.6812	2.5519	8.7073
32.91750321	9777	1.0128	26.9170	91844.5634	2.7531	9.3939
29.80331926	9781	1.0159	23.3837	79788.4959	2.3907	8.1575
27.66762419	9688	1.0196	24.1686	82466.5421	2.4947	8.5122
26.73360102	9614	1.0225	25.2295	86086.6491	2.6242	8.9543
26.84446954	9591	1.0233	24.6612	84147.3666	2.5713	8.7736
26.24860676	9548	1.0244	24.2235	82653.8801	2.5370	8.6567
25.81358545	9453	1.0254	24.7894	84584.8005	2.6224	8.9479
25.80470646	9394	1.0247	23.9600	81754.9442	2.5506	8.7029
27.6295885	9265	1.0188	20.7915	70943.6234	2.2441	7.6572
30.45597842	9013	1.0110	19.7264	67309.4199	2.1887	7.4680
31.48723404	9151	1.0077	30.0610	102572.4759	3.2850	11.2089
36.31550361	9259	0.9936	22.0248	75151.9128	2.3788	8.1166
31.51446214	9846	1.0095	26.0595	88918.7163	2.6467	9.0309
33.83360461	9829	1.0040	24.3903	83223.0293	2.4815	8.4671
33.82429167	10143	1.0002	24.6373	84066.0463	2.4290	8.2881
35.70493996	10444	0.9979	25.0858	85596.4600	2.4019	8.1957
36.27260129	10433	0.9958	22.7104	77490.9879	2.1768	7.4275
38.91559135	10168	0.9917	22.3678	76322.0866	2.1998	7.5061
35.12097607	10372	0.9999	23.7019	80874.1693	2.2852	7.7974
34.4773982	10274	1.0018	24.0699	82129.8107	2.3428	7.9939
34.09737243	10254	1.0029	24.0606	82098.0252	2.3465	8.0064
33.09471104	10084	1.0074	25.3834	86611.6351	2.5172	8.5890
31.63576743	9956	1.0105	25.1189	85709.2007	2.5230	8.6088





Annex 2: Calibration Certificates



CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة

Certificate No: 762/32C012/290/1319/2024

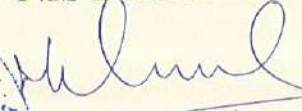
- NIS Lab : Thermal Metrology Laboratory
اسم المعمل
- Issued For : المركز القومى لبحوث الاسكان والبناء - معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية
صالح الى في المباني
- Contact Information of the Customer : 01022852637
بيانات التواصل بالزبون
- Location of Calibration : NIS
مكان اجراء المعايرة
- Device Description : Digital thermo-hygrometer, resolution 0.1°C for temperature & resolution 0.1% for relative humidity
اسم ووصف الجهاز تحت المعايرة
- Manufacturer : Lutron
اسم الشركة المنتجة
- Model/Type : PM-1064SD
موديل الجهاز
- Serial Number : 085019
الرقم المسلسل للجهاز
- Code : -----
كود
- Date of Receipt : 01/05/2024
تاريخ الاستلام
- Date of Calibration : 09/05/2024
تاريخ المعايرة
- Issue Date : 15/05/2024
تاريخ الإصدار
- Due Date : -----
تاريخ إعادة المعايرة

Approved by

Head of Laboratory


Prof. Dr. Essam El-Din Mahmoud

NIS President


Prof. Dr. M. G. Ahmed

Page 1 of 3

CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



▪ Certificate No.	762/32C012/290/1319/2024				
▪ Customer	المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية في المباني				
▪ Calibrated by	Ahmed Sayed Ahmed	▪ Date of Calibration	09/05/2024		
▪ Number of pages	3	▪ File name	2570/13/24/02/HK		
• Device Under Calibration					
Device Description	Digital thermo-hygrometer, resolution 0.1°C for temperature & resolution 0.1% for relative humidity				
Serial Number	085019	Code	-----		
• Enviromental Conditions					
Temperature (°C)	(25±2)	Humidity (%)	(45±15)		
• Calibration Method					
The calibration was carried out according to calibration method No. NIS-32-OP-7.2.1.1-05 " Thermo hygrometers, Data loggers and Thermo hygrographs Calibration Method "					
• Traceability					
Description of Reference Device	Serial Number	Due Date	Certificate No.	Relative Expanded Uncertainty	Traceability
Standard thermo-hygrometer	0060957711	May, 2024	4851/32C012/4 25/1522/2023	0.3 °C, 1%	NIS
• Uncertainty Statement					
The combined standard uncertainty is calculated based on NIS-32-OP-6.4.10-01 which include at least the standard uncertainty reported for the reference standard, the standard uncertainty for the measurement process, the standard uncertainty for any uncorrected errors. The combined standard uncertainty is multiplied by a coverage factor (k) of 2 to provide an expanded uncertainty, which defines a level of confidence of approximately 95 percent (95.45 %). The expanded uncertainty presented in this certificate/report is consistent with the ISO/IEC GUIDE 98-3:2008 "Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)".					
• ISO 17025 Statement					
All NIS laboratories implement the NIS unified quality management system which was built to be in compliance with ISO 17025:2017. It is the customer responsibility to indicate - on the calibration label - the due date for calibration in accordance with the aforementioned ISO/SOP calibration procedure and in compliance with ISO 17025:2017.					
• Conformity Statement					
Conformity Criterion	Not applicable				
Decision	-----				

Calibrated by

Ahmed Sayed

Reviewed by

Samir

CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



Certificate No.	762/32C012/290/1319/2024		
Serial Number	085019	Code	-----

Calibration results of humidity		
Standard relative humidity	Measured relative humidity	Correction
RHs	RHm	$\Delta RH = RHs - RHm$
%	%	%
30.0	28.3	1.7
35.0	33.5	1.5
40.0	38.9	1.1
45.0	42.9	2.1
50.0	47.2	2.8
55.0	52.0	3.0
60.0	56.8	3.2
65.0	61.5	3.5
70.0	66.5	3.5
Uncertainty at C.L. 95 % (K=2): ± 1.7 %		
Calibration results of temperature		
Temperature on ITS-90	Measured temperature	Correction
t_s	t_m	$\Delta t = t_s - t_m$
$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$
25.0	24.4	0.6
30.0	29.7	0.3
35.0	34.3	0.7
40.0	39.3	0.7
45.0	44.1	0.9
Uncertainty at C.L. 95 % (K=2): ± 0.4 $^{\circ}\text{C}$		
* The calibration points are selected according to customer's request		
The data in the above table applies only to those items specifically listed on this calibration certificate		

Calibrated by

Ahmed Basyed

Reviewed by





CERTIFICATE OF CALIBRATION شهادة معايرة

Certificate No: 762/32C012/292/1322/2024

- NIS Lab : Thermal Metrology Laboratory
اسم المعمل
- Issued For : المركز القومى لبحوث الاسكان والبناء - معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية
في المباني
صادر الى
- Contact Information of the Customer : 01022852637
بيانات التواصل بالزبون
- Location of Calibration : NIS
مكان اجراء المعايرة
- Device Description : Digital thermo-hygrometer, resolution 0.1°C for temperature & resolution 0.1% for relative humidity
اسم ووصف الجهاز تحت المعايرة
- Manufacturer : Lutron
اسم الشركة المنتجة
- Model/Type : PM-1064SD
موديل الجهاز
- Serial Number : 085018
الرقم الممسلسل للجهاز
- Code : -----
كود
- Date of Receipt : 01/05/2024
تاريخ الاستلام
- Date of Calibration : 09/05/2024
تاريخ المعايرة
- Issue Date : 15/05/2024
تاريخ الإصدار
- Due Date : -----
تاريخ اعادة المعايرة

Approved by

Head of Laboratory

Prof. Dr. Essam El-Din Mahmoud

NIS President

Prof. Dr. M. G. Ahmed

Page 1 of 3

This certificate is issued in accordance with the laboratory accreditation requirements. It provides traceability of measurement to recognized National standards, and to the units of measurement realized at the NIS or other recognized national standards laboratories. This certificate May not be reproduced other than in full by photographic process. This certificate refers only to the particular item submitted for testing.

CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



• Certificate No.	762/32C012/292/1322/2024				
• Customer	المركز القومى لبحوث الاسكان والبناء معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية في المباني				
• Calibrated by	Ahmed Sayed Ahmed	• Date of Calibration	09/05/2024		
• Number of pages	3	• File name	2570/13/24/04/HK		
• <u>Device Under Calibration</u>					
Device Description	Digital thermo-hygrometer, resolution 0.1°C for temperature & resolution 0.1% for relative humidity				
Serial Number	085018	Code	-----		
• <u>Enviromental Conditions</u>					
Temperature (°C)	(25±2)	Humidity (%)	(45±15)		
• <u>Calibration Method</u>					
The calibration was carried out according to calibration method No. NIS-32-OP-7.2.1.1-05 " Thermo hygrometers, Data loggers and Thermo hygrographs Calibration Method "					
• <u>Traceability</u>					
Description of Reference Device	Serial Number	Due Date	Certificate No.	Relative Expanded Uncertainty	Traceability
Standard thermo-hygrometer	0060957711	May,2024	4851/32C012/4 25/1522/2023	0.3 °C, 1%	NIS
• <u>Uncertainty Statement</u>					
The combined standard uncertainty is calculated based on NIS-32-OP-6.4.10-01 which include at least the standard uncertainty reported for the reference standard, the standard uncertainty for the measurement process, the standard uncertainty for any uncorrected errors. The combined standard uncertainty is multiplied by a coverage factor (k) of 2 to provide an expanded uncertainty, which defines a level of confidence of approximately 95 percent (95.45 %). The expanded uncertainty presented in this certificate/report is consistent with the ISO/IEC GUIDE 98-3:2008 "Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)".					
• <u>ISO 17025 Statement</u>					
All NIS laboratories implement the NIS unified quality management system which was built to be in compliance with ISO 17025:2017. It is the customer responsibility to indicate - on the calibration label - the due date for calibration in accordance with the aforementioned ISO/SOP calibration procedure and in compliance with ISO 17025:2017.					
• <u>Conformity Statement</u>					
Conformity Criterion	Not applicable				
Decision	-----				

Calibrated by
Ahmed Sayed Ahmed

Reviewed by
Elsayed

Page 2 of 3

This certificate is issued in accordance with the laboratory accreditation requirements. It provides traceability of measurement to recognized National standards, and to the units of measurement realized at the NIS or other recognized national standards laboratories. This certificate May not be reproduced other than in full by photographic process. This certificate refers only to the particular item submitted for testing.

CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



Certificate No.	762/32C012/292/1322/2024		
Serial Number	085018	Code	-----

Calibration results of humidity

Standard relative humidity	Measured relative humidity	Correction
RHs	RHm	$\Delta RH = RHs - RHm$
%	%	%
30.0	29.1	0.9
35.0	33.7	1.3
40.0	39.5	0.5
45.0	43.7	1.3
50.0	48.5	1.5
55.0	53.2	1.8
60.0	58.6	1.4
65.0	63.4	1.6
70.0	69.0	1.0

Uncertainty at C.L. 95 % (K=2): ± 1.7 %

Calibration results of temperature

Temperature on ITS-90	Measured temperature	Correction
t_s	t_m	$\Delta t = t_s - t_m$
$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$
25.0	24.8	0.2
30.0	29.8	0.2
35.0	34.7	0.3
40.0	39.7	0.3
45.0	44.6	0.4

Uncertainty at C.L. 95 % (K=2): ± 0.4 $^{\circ}\text{C}$

* The calibration points are selected according to customer's request

The data in the above table applies only to those items specifically listed on this calibration certificate

Calibrated by

Ahmed Sayed

Reviewed by

Ahmed Sayed



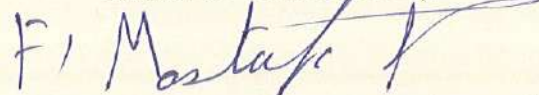
CERTIFICATE OF CALIBRATION شهادة معايرة

Certificate No: 762/32C012/285/1312/2024

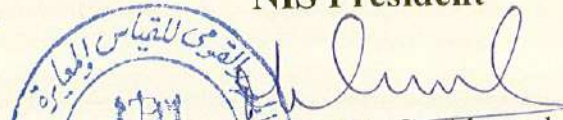
- NIS Lab : Thermal Metrology Laboratory
اسم المعمل
- Issued For : المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء - معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية
صادر الى : في المباني
- Contact Information of the Customer : 01022852637
بيانات التواصل بالزبون
- Location of Calibration : NIS
مكان اجراء المعايرة
- Device Description : Digital thermo-hygrometer, resolution 0.1°C for temperature & resolution 0.1% for relative humidity
اسم ووصف الجهاز تحت المعايرة
- Manufacturer : Lutron
اسم الشركة المنتجة
- Model/Type : PM-1064SD
موديل الجهاز
- Serial Number : 085017
الرقم المسلسل للجهاز
- Code : -----
كود
- Date of Receipt : 01/05/2024
تاريخ الاستلام
- Date of Calibration : 09/05/2024
تاريخ المعايرة
- Issue Date : 15/05/2024
تاريخ الاصدار
- Due Date : -----
تاريخ إعادة المعايرة

Approved by

Head of Laboratory


Prof. Dr. Essam El-Din Mahmoud

NIS President


Prof. Dr. M. G. Ahmed

Page 1 of 3



CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



• Certificate No.	762/32C012/285/1312/2024				
• Customer	المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء - معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية في المباني				
• Calibrated by	Ahmed Sayed Ahmed	• Date of Calibration	09/05/2024		
• Number of pages	3	• File name	2570/13/24/01/HK		
• Device Under Calibration					
Device Description	Digital thermo-hygrometer, resolution 0.1°C for temperature & resolution 0.1% for relative humidity				
Serial Number	085017	Code	-----		
• Enviromental Conditions					
Temperature (°C)	(25±2)	Humidity (%)	(45±15)		
• Calibration Method					
The calibration was carried out according to calibration method No. NIS-32-OP-7.2.1.1-05 " Thermo hygrometers, Data loggers and Thermo hygrographs Calibration Method "					
• Traceability					
Description of Reference Device	Serial Number	Due Date	Certificate No.	Relative Expanded Uncertainty	Traceability
Standard thermo-hygrometer	0060957711	May,2024	4851/32C012/4 25/1522/2023	0.3 °C, 1%	NIS
• Uncertainty Statement					
The combined standard uncertainty is calculated based on NIS-32-OP-6.4.10-01 which include at least the standard uncertainty reported for the reference standard, the standard uncertainty for the measurement process, the standard uncertainty for any uncorrected errors. The combined standard uncertainty is multiplied by a coverage factor (k) of 2 to provide an expanded uncertainty, which defines a level of confidence of approximately 95 percent (95.45 %). The expanded uncertainty presented in this certificate/report is consistent with the ISO/IEC GUIDE 98-3:2008 "Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)".					
• ISO 17025 Statement					
All NIS laboratories implement the NIS unified quality management system which was built to be in compliance with ISO 17025:2017. It is the customer responsibility to indicate - on the calibration label - the due date for calibration in accordance with the aforementioned ISO/SOP calibration procedure and in compliance with ISO 17025:2017.					
• Conformity Statement					
Conformity Criterion	Not applicable				
Decision	-----				

Calibrated by

Ahmed Sayed

Reviewed by

El Sayed

CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



Certificate No.	762/32C012/285/1312/2024		
Serial Number	085017	Code	-----

Calibration results of humidity

Standard relative humidity	Measured relative humidity	Correction
RHs	RHm	$\Delta RH = RHs - RHm$
%	%	%
30.0	29.7	0.3
35.0	34.8	0.2
40.0	39.6	0.4
45.0	44.4	0.6
50.0	48.9	1.1
55.0	53.8	1.2
60.0	59.1	0.9
65.0	64.1	0.9
70.0	69.4	0.6

Uncertainty at C.L. 95 % (K=2): ± 1.7 %

Calibration results of temperature

Temperature on ITS-90	Measured temperature	Correction
t_s	t_m	$\Delta t = t_s - t_m$
$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$
25.0	24.5	0.5
30.0	29.7	0.3
35.0	34.3	0.7
40.0	39.3	0.7
45.0	44.2	0.8

Uncertainty at C.L. 95 % (K=2): ± 0.4 $^{\circ}\text{C}$

* The calibration points are selected according to customer's request

The data in the above table applies only to those items specifically listed on this calibration certificate

Calibrated by

Ahmed S. S. A.

Reviewed by

El-Sayed





CERTIFICATE OF CALIBRATION شهادة معايرة

Certificate No: 762/32C012/294/1324/2024

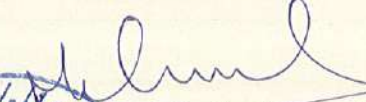
- NIS Lab : Thermal Metrology Laboratory
اسم المعمل
- Issued For : المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء - معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية
صادر الى : في المباني
- Contact Information of the Customer : 01022852637
بيانات التواصل بالهاتف
- Location of Calibration : NIS
مكان اجراء المعايرة
- Device Description : Digital thermo-hygrometer, resolution 0.1°C for temperature & resolution 0.1% for relative humidity
اسم ووصف الجهاز تحت المعايرة
- Manufacturer : Lutron
اسم الشركة المنتجة
- Model/Type : PM-1064SD
موديل الجهاز
- Serial Number : 085016
الرقم المسلسل للجهاز
- Code : -----
كود
- Date of Receipt : 01/05/2024
تاريخ الاستلام
- Date of Calibration : 09/05/2024
تاريخ المعايرة
- Issue Date : 15/05/2024
تاريخ الإصدار
- Due Date : -----
تاريخ إعادة المعايرة

Approved by

Head of Laboratory


Prof. Dr. Essam El-Din Mahmoud

NIS President


Prof. Dr. M. G. Ahmed

Page 1 of 3

CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



▪ Certificate No.	762/32C012/294/1324/2024				
▪ Customer	المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية في المباني				
▪ Calibrated by	Ahmed Sayed Ahmed	▪ Date of Calibration	09/05/2024		
▪ Number of pages	3	▪ File name	2570/13/24/06/HK		
• Device Under Calibration					
Device Description	Digital thermo-hygrometer, resolution 0.1°C for temperature & resolution 0.1% for relative humidity				
Serial Number	085016	Code	-----		
• Enviromental Conditions					
Temperature (°C)	(25±2)	Humidity (%)	(45±15)		
• Calibration Method					
The calibration was carried out according to calibration method No. NIS-32-OP-7.2.1.1-05 " Thermo hygrometers, Data loggers and Thermo hygrographs Calibration Method "					
• Traceability					
Description of Reference Device	Serial Number	Due Date	Certificate No.	Relative Expanded Uncertainty	Traceability
Standard thermo-hygrometer	0060957711	May,2024	4851/32C012/4 25/1522/2023	0.3 °C, 1%	NIS
• Uncertainty Statement					
The combined standard uncertainty is calculated based on NIS-32-OP-6.4.10-01 which include at least the standard uncertainty reported for the reference standard, the standard uncertainty for the measurement process, the standard uncertainty for any uncorrected errors. The combined standard uncertainty is multiplied by a coverage factor (k) of 2 to provide an expanded uncertainty, which defines a level of confidence of approximately 95 percent (95.45 %). The expanded uncertainty presented in this certificate/report is consistent with the ISO/IEC GUIDE 98-3:2008 "Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)".					
• ISO 17025 Statement					
All NIS laboratories implement the NIS unified quality management system which was built to be in compliance with ISO 17025:2017. It is the customer responsibility to indicate - on the calibration label - the due date for calibration in accordance with the aforementioned ISO/SOP calibration procedure and in compliance with ISO 17025:2017.					
• Conformity Statement					
Conformity Criterion	Not applicable				
Decision	-----				

Calibrated by
Ahmed Sayed

Reviewed by
Ahmed Sayed

CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



Certificate No.	762/32C012/294/1324/2024		
Serial Number	085016	Code	-----

Calibration results of humidity

Standard relative humidity	Measured relative humidity	Correction
RHs	RHm	$\Delta RH = RHs - RHm$
%	%	%
30.0	29.3	0.7
35.0	34.0	1.0
40.0	39.9	0.1
45.0	43.8	1.2
50.0	49.0	1.0
55.0	53.6	1.4
60.0	59.1	0.9
65.0	64.2	0.8
70.0	69.6	0.4

Uncertainty at C.L. 95 % (K=2): ± 1.7 %

Calibration results of temperature

Temperature on ITS-90	Measured temperature	Correction
t_s	t_m	$\Delta t = t_s - t_m$
$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$
25.0	24.4	0.6
30.0	30.0	0.0
35.0	34.6	0.4
40.0	39.7	0.3
45.0	44.5	0.5

Uncertainty at C.L. 95 % (K=2): ± 0.4 $^{\circ}\text{C}$

* The calibration points are selected according to customer's request

The data in the above table applies only to those items specifically listed on this calibration certificate

Calibrated by

Ahmed Saeed

Reviewed by

Khaled



CERTIFICATE OF CALIBRATION

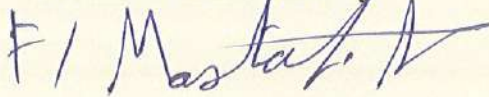
شهادة معايرة

Certificate No: 762/32C012/293/1323/2024

- NIS Lab : Thermal Metrology Laboratory
اسم المعمل
- Issued For : المركز القومى لبحوث الاسكان والبناء - معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية
صالح الى : في المباني
- Contact Information of the Customer : 01022852637
بيانات التواصل بالزبون
- Location of Calibration : NIS
مكان اجراء المعايرة
- Device Description : Digital thermo-hygrometer, resolution 0.1°C for temperature & resolution 0.1% for relative humidity
اسم ووصف الجهاز تحت المعايرة
- Manufacturer : Lutron
اسم الشركة المنتجة
- Model/Type : PM-1064SD
موديل الجهاز
- Serial Number : 085015
الرقم المخصص للجهاز
- Code : -----
كود
- Date of Receipt : 01/05/2024
تاريخ الاستلام
- Date of Calibration : 09/05/2024
تاريخ المعايرة
- Issue Date : 15/05/2024
تاريخ الإصدار
- Due Date : -----
تاريخ إعادة المعايرة

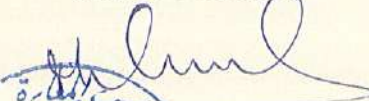
Approved by

Head of Laboratory



Prof. Dr. Essam El-Din Mahmoud

NIS President



Prof. Dr. M. G. Ahmed

Page 1 of 3



This certificate is issued in accordance with the laboratory accreditation requirements. It provides traceability of measurement to recognized National standards, and to the units of measurement realized at the NIS or other recognized national standards laboratories. This certificate May not be reproduced other than in full by photographic process. This certificate refers only to the particular item submitted for testing.

CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



• Certificate No.	762/32C012/293/1323/2024				
• Customer	المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء - معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية في المباني				
• Calibrated by	Ahmed Sayed Ahmed	• Date of Calibration	09/05/2024		
• Number of pages	3	• File name	2570/13/24/05/HK		
• Device Under Calibration					
Device Description	Digital thermo-hygrometer, resolution 0.1°C for temperature & resolution 0.1% for relative humidity				
Serial Number	085015	Code	-----		
• Enviromental Conditions					
Temperature (°C)	(25±2)	Humidity (%)	(45±15)		
• Calibration Method					
The calibration was carried out according to calibration method No. NIS-32-OP-7.2.1.1-05 " Thermo hygrometers, Data loggers and Thermo hygrographs Calibration Method "					
• Traceability					
Description of Reference Device	Serial Number	Due Date	Certificate No.	Relative Expanded Uncertainty	Traceability
Standard thermo-hygrometer	0060957711	May,2024	4851/32C012/4 25/1522/2023	0.3 °C, 1%	NIS
• Uncertainty Statement					
The combined standard uncertainty is calculated based on NIS-32-OP-6.4.10-01 which include at least the standard uncertainty reported for the reference standard, the standard uncertainty for the measurement process, the standard uncertainty for any uncorrected errors. The combined standard uncertainty is multiplied by a coverage factor (k) of 2 to provide an expanded uncertainty, which defines a level of confidence of approximately 95 percent (95.45 %). The expanded uncertainty presented in this certificate/report is consistent with the ISO/IEC GUIDE 98-3:2008 "Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)".					
• ISO 17025 Statement					
All NIS laboratories implement the NIS unified quality management system which was built to be in compliance with ISO 17025:2017. It is the customer responsibility to indicate - on the calibration label - the due date for calibration in accordance with the aforementioned ISO/SOP calibration procedure and in compliance with ISO 17025:2017.					
• Conformity Statement					
Conformity Criterion	Not applicable				
Decision	-----				

Calibrated by

Ahmed Sayed

Reviewed by

Ahmed Sayed

CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



Certificate No.	762/32C012/293/1323/2024		
Serial Number	085015	Code	-----

Calibration results of humidity

Standard relative humidity	Measured relative humidity	Correction
RHs	RHm	$\Delta RH = RHs - RHm$
%	%	%
30.0	28.9	1.1
35.0	33.7	1.3
40.0	39.6	0.4
45.0	43.5	1.5
50.0	48.6	1.4
55.0	53.0	2.0
60.0	58.3	1.7
65.0	63.2	1.8
70.0	68.7	1.3

Uncertainty at C.L. 95 % (K=2): ± 1.7 %

Calibration results of temperature

Temperature on ITS-90	Measured temperature	Correction
t_s	t_m	$\Delta t = t_s - t_m$
$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$
25.0	24.8	0.2
30.0	29.8	0.2
35.0	34.7	0.3
40.0	39.7	0.3
45.0	44.5	0.5

Uncertainty at C.L. 95 % (K=2): ± 0.4 $^{\circ}\text{C}$

* The calibration points are selected according to customer's request

The data in the above table applies only to those items specifically listed on this calibration certificate

Calibrated by

Ahmed Basset

Reviewed by

Samir

Page 3 of 3

This certificate is issued in accordance with the laboratory accreditation requirements. It provides traceability of measurement to recognized National standards, and to the units of measurement realized at the NIS or other recognized national standards laboratories. This certificate May not be reproduced other than in full by photographic process. This certificate refers only to the particular item submitted for testing.



CERTIFICATE OF CALIBRATION شهادة معايرة

Certificate No: 762/32C012/291/1320/2024

- NIS Lab : Thermal Metrology Laboratory
اسم المعمل
- Issued For : المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء - معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية
صادر الى : في المباني
- Contact Information of the Customer : 01022852637
بيانات التواصل بالزبون
- Location of Calibration : NIS
مكان اجراء المعايرة
- Device Description : Digital thermo-hygrometer, resolution 0.1°C for temperature &
اسم ووصف الجهاز تحت المعايرة : resolution 0.1% for relative humidity
- Manufacturer : Lutron
اسم الشركة المنتجة
- Model/Type : PM-1064SD
موديل الجهاز
- Serial Number : 085014
الرقم المعامل للجهاز
- Code : -----
كود
- Date of Receipt : 01/05/2024
تاريخ الاستلام
- Date of Calibration : 09/05/2024
تاريخ المعايرة
- Issue Date : 15/05/2024
تاريخ الإصدار
- Due Date : -----
تاريخ إعادة المعايرة

Approved by

Head of Laboratory

Prof. Dr. Essam El-Din Mahmoud

NIS President

Prof. Dr. M. G. Ahmed



CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة

• Certificate No.	762/32C012/291/1320/2024				
• Customer	المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء - معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية في المباني				
• Calibrated by	Ahmed Sayed Ahmed	• Date of Calibration	09/05/2024		
• Number of pages	3	• File name	2570/13/24/03/HK		
• Device Under Calibration					
Device Description	Digital thermo-hygrometer, resolution 0.1°C for temperature & resolution 0.1% for relative humidity				
Serial Number	085014	Code	-----		
• Enviromental Conditions					
Temperature (°C)	(25±2)	Humidity (%)	(45±15)		
• Calibration Method					
The calibration was carried out according to calibration method No. NIS-32-OP-7.2.1.1-05 " Thermo hygrometers, Data loggers and Thermo hygrographs Calibration Method "					
• Traceability					
Description of Reference Device	Serial Number	Due Date	Certificate No.	Relative Expanded Uncertainty	Traceability
Standard thermo-hygrometer	0060957711	May, 2024	4851/32C012/4 25/1522/2023	0.3 °C, 1%	NIS
• Uncertainty Statement					
The combined standard uncertainty is calculated based on NIS-32-OP-6.4.10-01 which include at least the standard uncertainty reported for the reference standard, the standard uncertainty for the measurement process, the standard uncertainty for any uncorrected errors. The combined standard uncertainty is multiplied by a coverage factor (k) of 2 to provide an expanded uncertainty, which defines a level of confidence of approximately 95 percent (95.45 %). The expanded uncertainty presented in this certificate/report is consistent with the ISO/IEC GUIDE 98-3:2008 "Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)".					
• ISO 17025 Statement					
All NIS laboratories implement the NIS unified quality management system which was built to be in compliance with ISO 17025:2017. It is the customer responsibility to indicate - on the calibration label - the due date for calibration in accordance with the aforementioned ISO/SOP calibration procedure and in compliance with ISO 17025:2017.					
• Conformity Statement					
Conformity Criterion	Not applicable				
Decision	-----				

Calibrated by
Ahmed Sayed

Page 2 of 3

Reviewed by

El Sayed

This certificate is issued in accordance with the laboratory accreditation requirements. It provides traceability of measurement to recognized National standards, and to the units of measurement realized at the NIS or other recognized national standards laboratories. This certificate May not be reproduced other than in full by photographic process. This certificate refers only to the particular item submitted for testing.

CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



Certificate No.	762/32C012/291/1320/2024		
Serial Number	085014	Code	-----

Calibration results of humidity

Standard relative humidity	Measured relative humidity	Correction
RHs	RHm	ARH = RHs - RHm
%	%	%
30.0	28.4	1.6
35.0	33.1	1.9
40.0	38.4	1.6
45.0	42.7	2.3
50.0	47.0	3.0
55.0	51.7	3.3
60.0	58.6	1.4
65.0	61.3	3.7
70.0	66.5	3.5

Uncertainty at C.L. 95 % (K=2): ± 1.7 %

Calibration results of temperature

Temperature on ITS-90	Measured temperature	Correction
t_s	t_m	$At = t_s - t_m$
$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$
25.0	24.7	0.3
30.0	30.0	0.0
35.0	34.6	0.4
40.0	39.5	0.5
45.0	44.3	0.7

Uncertainty at C.L. 95 % (K=2): ± 0.4 $^{\circ}\text{C}$

* The calibration points are selected according to customer's request

The data in the above table applies only to those items specifically listed on this calibration certificate

Calibrated by

Ahmed Saeed

Reviewed by



CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



Certificate No: 8062/32C012/693/2698/2023

- NIS Lab : Thermal Metrology Laboratory
اسم المعمل
- Issued For : المركز القومي لبحوث الاسكان و البناء
صالح الى
- Contact Information of the Customer : 01115196088
بيانات التواصل بالزبون
- Location of Calibration : NIS
مكان اجراء المعايرة
- Device Description : Digital thermohygrometer, resolution 0.1% for relative humidity and resolution 0.1°C for temperature .
اسم ووصف الجهاز تحت المعايرة
- Manufacturer : Lutron
اسم الشركة المنتجة
- Model/Type : HT-305E
موديل الجهاز
- Serial Number : R.029189
الرقم المسلسل للجهاز
- Code : -----
كود
- Date of Receipt : 11/10/2023
تاريخ الاستلام
- Date of Calibration : 18/10/2023
تاريخ المعايرة
- Issue Date : 29/10/2023
تاريخ الإصدار
- Due Date : -----
تاريخ إعادة المعايرة

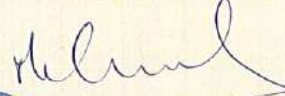
Approved by

Head of Laboratory



Prof. Dr. Essam EL-Din Mahmoud

NIS President



Prof. Dr. Noha E. Khaled

Page 1 of 3



CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



▪ Certificate No.	8062/32C012/693/2698/2023				
▪ Customer	المركز القومي لبحوث الاسكان و البناء				
▪ Calibrated by	Ahmed Sayed Ahmed	▪ Date of Calibration	18/10/2023		
▪ Number of pages	3	▪ File name	5903/40/23/01/AS		
• Device Under Calibration					
Device Description	Digital thermohygrometer, resolution 0.1% for relative humidity and resolution 0.1°C for temperature .				
Serial Number	R.029189	Code	-----		
• Enviromental Conditions					
Temperature (°C)	(25±2)	Humidity (%)	(45±15)		
• Calibration Method					
The calibration was carried out according to calibration method No. NIS-32-OP-7.2.1.1-05 " Thermo hygrometers, Data loggers and Thermo hygrographs Calibration Method "					
• Traceability					
Description of Reference Device	Serial Number	Due Date	Certificate No.	Relative Expanded Uncertainty	Traceability
Standard thermo-hygrometer	0060957711	May,2024	4851/32C012/29 /1059/2023	0.3 °C, 1%	NIS
• Uncertainty Statement					
The combined standard uncertainty is calculated based on NIS-32-OP-6.4.10-01 which include at least the standard uncertainty reported for the reference standard, the standard uncertainty for the measurement process, the standard uncertainty for any uncorrected errors. The combined standard uncertainty is multiplied by a coverage factor (k) of 2 to provide an expanded uncertainty, which defines a level of confidence of approximately 95 percent (95.45 %). The expanded uncertainty presented in this certificate/report is consistent with the ISO/IEC GUIDE 98-3:2008 "Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)".					
• ISO 17025 Statement					
All NIS laboratories implement the NIS unified quality management system which was built to be in compliance with ISO 17025:2017. It is the customer responsibility to indicate - on the calibration label - the due date for calibration in accordance with the aforementioned ISO/SOP calibration procedure and in compliance with ISO 17025:2017.					
• Conformity Statement					
Conformity Criterion	Not applicable				
Decision	-----				

Caibrated by

Ahmed Sayed



Page 2 of 3

Reviewed by

Feblesam

CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة

Certificate No.	8062/32C012/693/2698/2023		
Serial Number	R.029189	Code	-----



Calibration results of humidity

Standard relative humidity	Measured relative humidity	Correction
RHs	RHm	$\Delta RH = RHs - RHm$
%	%	%
40.0	45.3	-5.3
50.0	55.0	-5.0
60.0	64.1	-4.1

Uncertainty a C.L. 95 % (K=2): ± 1.7 %

Calibration results of temperature

Temperature on ITS-90	Measured temperature	Correction
t_s	t_m	$\Delta t = t_s - t_m$
$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$
18.0	18.3	-0.3
19.0	19.3	-0.3
20.0	20.3	-0.3
22.0	22.3	-0.3
24.0	24.2	-0.2
26.0	26.2	-0.2
28.0	28.1	-0.1
30.0	30.1	-0.1

Uncertainty a C.L. 95 % (K=2): ± 0.4 $^{\circ}\text{C}$

* The calibrated points are selected according to the customer's request

The data in the above table applies only to those items specifically listed on this calibration certificate

Calibrated by

Ahmed Sayed

Reviewed by

Ablesam



CERTIFICATE OF CALIBRATION شهادة معايرة



Certificate No:

882/23C012/75/339/2024

■ NIS Lab

اسم المعمل

: High Voltage Metrology Lab.

■ Issued For

صادر الى

: معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية في المباني (مركز بحوث الاسكان والبناء)

■ Contact Information of the Customer

بيانات التواصل بالزبون

: العنوان : 87 شارع التحرير

■ Location of Calibration

مكان اجراء المعايرة

: High Voltage Metrology Lab., NIS.

■ Device Description

اسم ووصف الجهاز تحت المعايرة

: POWER QUALITY AND ENERGY ANALYZER

■ Manufacturer

اسم الشركة المنتجة

: FLUKE

■ Model/Type

موديل الجهاز

: 434

■ Serial Number

الرقم المسلسل للجهاز

: DM9130018

■ Code : ---

كود

■ Date of Receipt

تاريخ الاستلام

: 9/5/2024

■ Date of Calibration

تاريخ المعايرة

: 19/5/2024

■ Issue Date

تاريخ الإصدار

: 22/5/2024

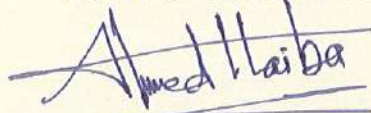
■ Due Date

تاريخ إعادة المعايرة

: -----

Approved by

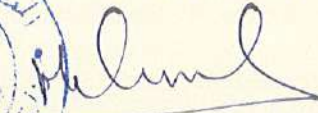
Head of Laboratory



Dr. Eng. Ahmed S. Haiba



NIS President



Prof. Dr. M. G. Ahmed

CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



• Certificate No.	882/23C012/75/339/2024				
• Customer	معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية في المباني (مركز بحوث الاسكان والبناء)				
• Location	High Voltage Metrology Lab., NIS	• Date of Receipt	9/5/2024		
• Calibrated by	Eng. Eman Mohamed Hosny	• Date of Calibration	19/5/2024		
• Number of pages	6	• Issue Date	22/5/2024		
		• Due Date	-----		
• Device Under Calibration					
Device Description	POWER QUALITY AND ENERGY ANALYZER				
Manufacturer	FLUKE	other	-----		
Model/Type	434	other	-----		
Serial Number	DM9130018	other	-----		
Code	-----	other	-----		
Other	-----	-----	-----		
• Enviromental Conditions					
Temperature (°C)	(23±2)	Humidity (%)	(50±10)		
Other	-----	-----	-----		
• Calibration Method					
The calibration was carried out according to E.S. 1021/2020 "معايرة اجهزة القياس الكهربائية"					
• Traceability					
Description of Reference Device	Serial Number	Calibration Date	Certificate No.	Expanded Uncertainty	Traceability
3-Phase Comparator Reference Standard	98-717-1	2/2024	10175/23C012/2 8/148/2024	Uv=0.005%, Ui=0.003%, Up= 0.005%	NIS, Egypt.
• Uncertainty Statement					
The combined standard uncertainty is calculated based on NIS-23-OP-7.6 which include at least the standard uncertainty reported for the reference standard, the standard uncertainty for the measurement process, the standard uncertainty for any uncorrected errors. The combined standard uncertainty is multiplied by a coverage factor (k) of 2 to provide an expanded uncertainty, which defines a level of confidence of approximately 95 percent (95.45 %). The expanded uncertainty presented in this certificate/report is consistent with the ISO/IEC GUIDE 98-3:2008 "Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)".					
• ISO 17025 Statement					
All NIS laboratories implement the NIS unified quality management system which was built to be in compliance with ISO 17025:2017. It is the customer responsibility to indicate - on the calibration label - the due date for calibration in accordance with the aforementioned ISO/SOP calibration procedure and in compliance with ISO 17025:2017.					

Calibrated by

Eman M. Hosny

Reviewed by

Amr A. Mohamed

Page 2 of 6



CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



Certificate No.	882/23C012/75/339/2024	Serial Number	DM9130018
• Conformity Statement			
Conformity Criterion	Not applicable		
Decision	-----		

• Calibration Results

1. AC Voltage Calibration, 50 Hz:-

1.1. Phase (1)

Nominal Value (V)	Measured Value (V) UUC*	Actual Value (V) Ref**	Error*** %	Expanded Uncertainty $\pm$ (mV)
60	59.9	59.890	0.017	58
120	119.8	119.774	0.022	58
220	219.6	219.565	0.016	59
300	299.4	299.403	-0.001	59

1.2. Phase (2)

Nominal Value (V)	Measured Value (V) UUC	Actual Value (V) Ref	Error %	Expanded Uncertainty $\pm$ (mV)
60	59.9	59.890	0.017	58
120	119.8	119.774	0.022	58
220	219.6	219.565	0.016	59
300	299.4	299.403	-0.001	59

1.3. Phase (3)

Nominal Value (V)	Measured Value (V) UUC	Actual Value (V) Ref	Error %	Expanded Uncertainty $\pm$ (mV)
60	59.9	59.890	0.017	58
120	119.8	119.774	0.022	58
220	219.6	219.565	0.016	59
300	299.4	299.403	-0.001	59

*UUC:Unit Under Calibration

**Ref.:Reference value of standard instrument

$$***Error = \frac{\text{Measured Value} - \text{Actual Value}}{\text{Actual Value}} \times 100$$

The data in the above table applies only to those items specifically listed on this calibration certificate

Calibrated by

Eman M. Hosny

Reviewed by

Samah A. Mohamed

Page 3 of 6



CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



Certificate No.	882/23C012/75/339/2024	Serial Number	DM9130018
• Conformity Statement			
Conformity Criterion	Not applicable		
Decision	-----		

• Calibration Results

2. AC Current Calibration, 50 Hz:-

2.1. Phase (1), with clamp, S.N.: 90800112

Nominal Value (A)	Measured Value (A) UUC	Actual Value (A) Ref	Error %	Expanded Uncertainty $\pm(A)$
10	10	9.986	0.140	0.58
20	20	19.994	0.030	0.58
50	50	49.984	0.032	0.58
100	99	99.966	-0.966	0.65
150	149	149.950	-0.634	0.73
300	298	299.834	-0.612	1.1
400	398	399.778	-0.445	1.3

2.2. Phase (2), with clamp, S.N.: 90780311

Nominal Value (A)	Measured Value (A) UUC	Actual Value (A) Ref	Error %	Expanded Uncertainty $\pm(A)$
10	10	9.986	0.140	0.58
20	20	19.994	0.030	0.58
50	50	49.984	0.032	0.58
100	100	99.966	0.034	0.65
150	150	149.950	0.033	0.73
300	299	299.834	-0.278	1.1
400	399	399.778	-0.195	1.3

2.3. Phase (3), with clamp, S.N.: 90780313

Nominal Value (A)	Measured Value (A) UUC	Actual Value (A) Ref	Error %	Expanded Uncertainty $\pm(A)$
10	10	9.986	0.140	0.58
20	20	19.994	0.030	0.58
50	50	49.984	0.032	0.58
100	99	99.966	-0.966	0.65
150	149	149.950	-0.634	0.73
300	299	299.834	-0.278	1.1
400	398	399.778	-0.445	1.3

The data in the above table applies only to those items specifically listed on this calibration certificate

Calibrated by

Eman M. Hosny

Reviewed by

Samah A. Mohamed

CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



Certificate No.	882/23C012/75/339/2024	Serial Number	DM91.00
• Conformity Statement			
Conformity Criterion	Not applicable		
Decision	-----		

• Calibration Results

3. AC Active Power Calibration, 220 V, 50 Hz:-

3.1. Phase (I), with clamp, S.N.: 90800112 :

Nominal Value		Measured Value (kW)	Actual Value (kW)	Error	Expanded Uncertainty
I (A)	P.F	UUC	Ref	%	±(W)
1	1	0.2	0.220	-9.091	0.06
5	1	1.1	1.097	0.273	0.09
5	0.5L*	0.6	0.551	8.893	0.06
5	0.5C**	0.5	0.546	-8.425	0.06
10	1.0	2.2	2.194	0.273	0.10
10	0.5L	1.1	1.102	-0.181	0.09
10	0.5C	1.1	1.092	0.733	0.09
20	1.0	4.4	4.389	0.251	0.12
20	0.5L	2.2	2.204	-0.181	0.12
20	0.5C	2.1	2.185	-3.890	0.12
50	1	10.9	10.973	-0.665	0.62
80	1	17.4	17.558	-0.900	0.77

L*: Inductive
C**: Capacitive

The data in the above table applies only to those items specifically listed on this calibration certificate

Calibrated by

Eman M. Hosny

Reviewed by

Ahmed A. Mohamed

Page 5 of 6



CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة

Certificate No.	882/23C012/75/339/2024	Serial Number	DM91.1018
• Conformity Statement			
Conformity Criterion	Not applicable		
Decision	-----		



• Calibration Results

3.2. Phase (2), with clamp, S.N.: 90780311 :

Nominal Value		Measured Value (kW) UUC	Actual Value (kW) Ref	Error %	Expanded Uncertainty $\pm(W)$
I (A)	P.F				
1	1	0.2	0.220	-9.091	0.06
5	1	1.1	1.097	0.273	0.09
5	0.5L	0.6	0.551	8.893	0.06
5	0.5C	0.5	0.546	-8.425	0.06
10	1	2.2	2.194	0.273	0.10
10	0.5L	1.1	1.102	-0.181	0.09
10	0.5C	1.1	1.092	0.733	0.09
20	1	4.4	4.389	0.251	0.12
20	0.5L	2.2	2.204	-0.181	0.12
20	0.5C	2.1	2.185	-3.890	0.12
50	1	10.9	10.973	-0.665	0.62
80	1	17.5	17.558	-0.330	0.77

3.3. Phase (3), with clamp, S.N.: 90780313 :

Nominal Value		Measured Value (kW) UUC	Actual Value (kW) Ref	Error %	Expanded Uncertainty $\pm(W)$
I (A)	P.F				
1	1	0.2	0.220	-9.091	0.06
5	1	1.1	1.097	0.273	0.09
5	0.5L	0.5	0.551	-9.256	0.06
5	0.5C	0.5	0.546	-8.425	0.02
10	1	2.2	2.194	0.273	0.08
10	0.5L	1.1	1.102	-0.181	0.07
10	0.5C	1.1	1.092	0.733	0.08
20	1	4.3	4.389	-2.028	0.11
20	0.5L	2.2	2.204	-0.181	0.11
20	0.5C	2.1	2.185	-3.890	0.10
50	1	10.9	10.973	-0.665	0.62
80	1	17.4	17.558	-0.900	0.77

The data in the above table applies only to those items specifically listed on this calibration certificate

Calibrated by

Eman M. Hosny

Reviewed by

Samah A. Mohamed

Page 6 of 6



CERTIFICATE OF CALIBRATION شهادة معايرة

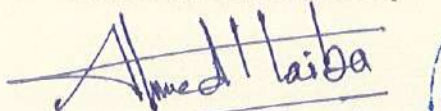


Certificate No: 882/23C012/74/326/2024

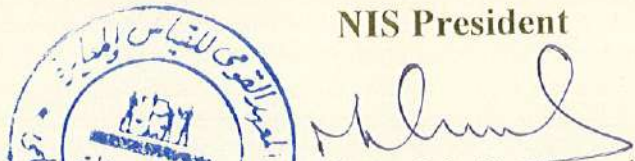
- NIS Lab : High Voltage Metrology Lab.
اسم المعمل
- Issued For : معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية في المباني (مركز بحوث الاسكان والبناء)
صادرا الى
- Contact Information of the Customer : العنوان : 87 شارع التحرير
بيانات التواصل بالزبون
- Location of Calibration : High Voltage Metrology Lab., NIS.
مكان اجراء المعايرة
- Device Description : POWER QUALITY AND ENERGY ANALYZER
اسم ووصف الجهاز تحت المعايرة
- Manufacturer : FLUKE
اسم الشركة المنتجة
- Model/Type : 435
نموذج الجهاز
- Serial Number : 19673107
الرقم المسلسل للجهاز
- Code : ---
كود
- Date of Receipt : 9/5/2024
تاريخ الاستلام
- Issue Date : 22/5/2024
تاريخ الإصدار
- Date of Calibration : 19/5/2024
تاريخ المعايرة
- Due Date :
تاريخ إعادة المعايرة

Approved by

Head of Laboratory


Dr. Eng. Ahmed S. Haiba

NIS President


Prof. Dr. M. G. Ahmed

Page 1 of 1

CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



▪ Certificate No.	882/23C012/74/326/2024				
▪ Customer	معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية في المباني (مركز بحوث الاسكان والبناء)				
▪ Location	High Voltage Metrology Lab., NIS	▪ Date of Receipt	9/5/2024		
▪ Calibrated by	Eng. Eman Mohamed Hosny	▪ Date of Calibration	19/5/2024		
▪ Number of pages	6	▪ Issue Date	22/5/2024		
		▪ Due Date	-----		
• Device Under Calibration					
Device Description	POWER QUALITY AND ENERGY ANALYZER				
Manufacturer	FLUKE	other	-----		
Model/Type	435	other	-----		
Serial Number	19673107	other	-----		
Code	----	other	-----		
Other	-----	-----	-----		
• Enviromental Conditions					
Temperature (°C)	(23±2)	Humidity (%)	(50±10)		
Other	-----	-----	-----		
• Calibration Method					
The calibration was carried out according to E.S. 1021/2020 "معايرة أجهزة القياس الكهربائية"					
• Traceability					
Description of Reference Device	Serial Number	Calibration Date	Certificate No.	Expanded Uncertainty	Traceability
3-Phase Comparator Reference Standard	98-717-1	2/2024	10175/23C012/2 8/148/2024	$U_v=0.005\%, U_i=0.003\%, U_p=0.005\%$	NIS, Egypt.
• Uncertainty Statement					
The combined standard uncertainty is calculated based on NIS-23-OP-7.6 which include at least the standard uncertainty reported for the reference standard, the standard uncertainty for the measurement process, the standard uncertainty for any uncorrected errors. The combined standard uncertainty is multiplied by a coverage factor (k) of 2 to provide an expanded uncertainty, which defines a level of confidence of approximately 95 percent (95.45 %). The expanded uncertainty presented in this certificate/report is consistent with the ISO/IEC GUIDE 98-3:2008 "Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)".					
• ISO 17025 Statement					
All NIS laboratories implement the NIS unified quality management system which was built to be in compliance with ISO 17025:2017. It is the customer responsibility to indicate - on the calibration label - the due date for calibration in accordance with the aforementioned ISO/SOP calibration procedure and in compliance with ISO 17025:2017.					

Calibrated by

Eman M. Hosny

Reviewed by

Samah A. Mohamed

Page 2 of 6



CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



Certificate No.	882/23C012/74/326/2024	Serial Number	19673107
• Conformity Statement			
Conformity Criterion	Not applicable		
Decision	-----		

• Calibration Results

1. AC Voltage Calibration, 50 Hz:-

1.1. Phase (1)

Nominal Value (V)	Measured Value (V) UUC*	Actual Value (V) Ref**	Error*** %	Expanded Uncertainty $\pm$ (mV)
60	59.88	59.890	-0.017	5.9
120	119.72	119.774	-0.045	9.0
220	219.50	219.565	-0.030	12
300	299.27	299.400	-0.043	12

1.2. Phase (2)

Nominal Value (V)	Measured Value (V) UUC	Actual Value (V) Ref	Error %	Expanded Uncertainty $\pm$ (mV)
60	59.88	59.890	-0.017	5.9
120	119.72	119.774	-0.045	9.0
220	219.50	219.565	-0.030	12
300	299.25	299.400	-0.050	12

1.3. Phase (3)

Nominal Value (V)	Measured Value (V) UUC	Actual Value (V) Ref	Error %	Expanded Uncertainty $\pm$ (mV)
60	59.88	59.890	-0.017	5.9
120	119.72	119.774	-0.045	9.0
220	219.50	219.565	-0.030	12
300	299.25	299.400	-0.050	12

*UUC:Unit Under Calibration

**Ref.:Reference value of standard instrument

$$***Error = \frac{\text{Measured Value} - \text{Actual Value}}{\text{Actual Value}} \times 100$$

The data in the above table applies only to those items specifically listed on this calibration certificate

Calibrated by

Eman M. Hosny

Reviewed by

Sarah A. Mohamed

Page 3 of 6



CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



Certificate No.	882/23C012/74/326/2024	Serial Number	19673107
• Conformity Statement			
Conformity Criterion	Not applicable		
Decision	-----		

• Calibration Results

2. AC Current Calibration, 50 Hz:-

2.1. Phase (1), with Ampflex, S.N.:208200120-230965

Nominal Value (A)	Measured Value (A) UUC	Actual Value (A) Ref	Error %	Expanded Uncertainty $\pm(A)$
10	9.9	9.986	-0.861	0.06
20	20.0	19.994	0.030	0.06
50	50.2	49.984	0.432	0.07
100	100.8	99.966	0.834	0.31
150	151.1	149.950	0.767	0.45
300	302.4	299.834	0.856	0.90
400	403.2	399.778	0.856	1.2

2.2. Phase (2), with Ampflex, S.N.:208200149-230965

Nominal Value (A)	Measured Value (A) UUC	Actual Value (A) Ref	Error %	Expanded Uncertainty $\pm(A)$
10	10.1	9.986	1.142	0.07
20	20.2	19.994	1.030	0.06
50	50.7	49.984	1.432	0.06
100	100.7	99.966	0.734	0.31
150	151.2	149.950	0.834	0.45
300	302.6	299.834	0.923	0.90
400	403.5	399.778	0.931	1.2

2.3. Phase (3), with Ampflex, S.N.:208200140-230965

Nominal Value (A)	Measured Value (A) UUC	Actual Value (A) Ref	Error %	Expanded Uncertainty $\pm(A)$
10	9.9	9.986	-0.861	0.07
20	19.9	19.994	-0.470	0.06
50	49.9	49.984	-0.168	0.06
100	100.7	99.966	0.734	0.31
150	151.0	149.950	0.700	0.45
300	302.1	299.834	0.756	0.90
400	402.6	399.778	0.706	1.2

The data in the above table applies only to those items specifically listed on this calibration certificate

Calibrated by

Eman M. Hosny

Reviewed by

Samah A. Mohamed

CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة



Certificate No.	882/23C012/74/326/2024	Serial Number	19673105
• Conformity Statement			
Conformity Criterion	Not applicable		
Decision	-----		

• Calibration Results

3. AC Active Power Calibration, 220 V, 50 Hz:-

3.1. Phase (I), with Ampflex, S.N.:208200120-230965 :

Nominal Value		Measured Value (kW)	Actual Value (kW)	Error	Expanded Uncertainty
I (A)	P.F	UUC	Ref	%	±(W)
1	1	0.2	0.220	-9.091	0.06
5	1	1.1	1.097	0.273	0.09
5	0.5L*	0.6	0.551	8.893	0.07
5	0.5C**	0.5	0.546	-8.425	0.06
10	1.0	2.2	2.194	0.273	0.10
10	0.5L	1.1	1.102	-0.181	0.09
10	0.5C	1.1	1.092	0.733	0.09
20	1.0	4.4	4.389	0.251	0.12
20	0.5L	2.2	2.204	-0.181	0.12
20	0.5C	2.2	2.185	0.686	0.12
50	1	11.0	10.973	0.246	0.62
80	1	17.6	17.558	0.239	0.77

L*: Inductive

C**: Capacitive

The data in the above table applies only to those items specifically listed on this calibration certificate

Calibrated by

Eman M. Hosny

Reviewed by

Samah A. Mohamed

Page 5 of 6



CERTIFICATE OF CALIBRATION

شهادة معايرة

Certificate No.	882/23C012/74/326/2024	Serial Number	19673107
• Conformity Statement			
Conformity Criterion	Not applicable		
Decision	-----		



• Calibration Results

3.2. Phase (2), with Ampflex, S.N.:208200149-230965 :

Nominal Value		Measured Value (kW)	Actual Value (kW)	Error	Expanded Uncertainty
I (A)	P.F	UUC	Ref	%	±(W)
1	1	0.2	0.220	-9.091	0.06
5	1	1.1	1.097	0.273	0.09
5	0.5L	0.6	0.551	8.893	0.07
5	0.5C	0.5	0.546	-8.425	0.06
10	1	2.2	2.194	0.273	0.10
10	0.5L	1.1	1.102	-0.181	0.09
10	0.5C	1.1	1.092	0.733	0.09
20	1	4.4	4.389	0.251	0.12
20	0.5L	2.2	2.204	-0.181	0.12
20	0.5C	2.2	2.185	0.686	0.12
50	1	11.1	10.973	1.157	0.62
80	1	17.8	17.558	1.378	0.77

3.3. Phase (3), with Ampflex, S.N.:208200140-230965 :

Nominal Value		Measured Value (kW)	Actual Value (kW)	Error	Expanded Uncertainty
I (A)	P.F	UUC	Ref	%	±(W)
1	1	0.2	0.220	-9.091	0.06
5	1	1.1	1.097	0.273	0.09
5	0.5L	0.6	0.551	8.893	0.07
5	0.5C	0.5	0.546	-8.425	0.02
10	1	2.2	2.194	0.273	0.08
10	0.5L	1.1	1.102	-0.181	0.07
10	0.5C	1.1	1.092	0.733	0.07
20	1	4.4	4.389	0.251	0.11
20	0.5L	2.2	2.204	-0.181	0.11
20	0.5C	2.1	2.185	-3.890	0.10
50	1	10.9	10.973	-0.665	0.62
80	1	17.5	17.558	-0.330	0.77

The data in the above table applies only to those items specifically listed on this calibration certificate

Calibrated by

Eman M. Hosny

Reviewed by

Amr A. Mohamed

Page 6 of 6



Annex 3: Testing Equipment Used:

Used Apparatus	Measured Property	Model	Serial Number	Item Photo	
Air Flow Meter	Air flow	KIMO CP300	06072114		
Weather Station,	Inlet dry bulb temperature for both Units	HOBO U30 ONSET	10221018		
	Inlet Relative humidity for both Units				
Thermo-Hygrometer	Outlet dry bulb temperature for IEC Hybrid Unit	KIMO TH300	MEH1000821		
	Outlet Relative humidity for IEC Hybrid Unit				
Air Quality Meter	Outlet dry bulb temperature for IEC Hybrid Unit	Lutron	085019		
			085018		
			085017		
	Outlet Relative humidity for IEC Hybrid Unit		085016		
			085015		
			085014		
Compressor power meter - IEC hybrid unit	Power consumption of the Compressor of the IEC hybrid Unit	ENTES	---		
Pump power meter - IEC hybrid unit	Power consumption of the Pump of the IEC hybrid Unit	ENTES	---		

Used Apparatus	Measured Property	Model	Serial Number	Item Photo
Evaporative Fan power meter - IEC hybrid unit	Power consumptionof the Evaporator Fan of the IEC hybrid Unit	ENTES	---	
Supply fan power meter - IEC hybrid unit	Power consumptionof the Supply Fan ofthe IEC hybrid Unit	ENTES	---	
Power Analyzer of total power consumption of IEC hybrid Unit	Total Input power of IEC Hybrid Unit	FLUKE	9340002	
Power Analyzer of total power consumption of IEC hybrid Unit	Total Input power of DX Unit	FLUKE	19673107	

Invitation to Outreach Campaign DIRECT/INDIRECT EVAPORATIVE COOLING

TOGETHER, WE CAN SECURE PHASE
OUT OF HCFC IN THE COMMERCIAL
AIR CONDITIONING MANUFACTURING
SECTOR.
GET INVOLVED TODAY AND MAKE A
DIFFERENCE!

3 November 2024
HBRC - Cairo, Egypt



Program Outlines

(9:30 – 10:00 am)

Registration

(10:00 – 10:30 am)

Opening Session:

- Welcome & Open Remarks
Prof. Mohamed Masoud - HBRC Chairman
Prof. Ezzat Lewis - NOU
Prof. Sayed Shebl

(10:30 – 11:00 am)

Coffee Break

(11:00 am – 1:00 pm)

- Preview The Project Findings
Prof. Alaa Olama
Prof. Sayed Shebl
- Public Hearing Session

GUARANTEE YOUR LEAD.

Join us and contribute to an
enlightened and collaborative spirit of
sustainable ideas come to life.

Find Us!

+ (20) 1065251505

87 Tahrir St., Dokki, Giza



Transformation of Commercial Air Conditioning Companies
HCFC Phase-out Management Plan (HPMP) EGYPT (Stage II), UNIDO ID:140400

Outreach Campaign

DIRECT/INDIRECT EVAPORATIVE COOLING

Presented by:

Prof. Alaa Olama;
The Project general Manager and Technical Consultant

Prof. Sayed Shebl;
Director of Electro-Mechanical Research Institute EMI, HBRC



OUR TEAM



Approval committee

UNIDO & NOU

Steering Committee

UNEP

Advisor

EUROVENT

Provide a reference testing methodology for the IEC hybrid units suitable for Egypt's working conditions

OEMs

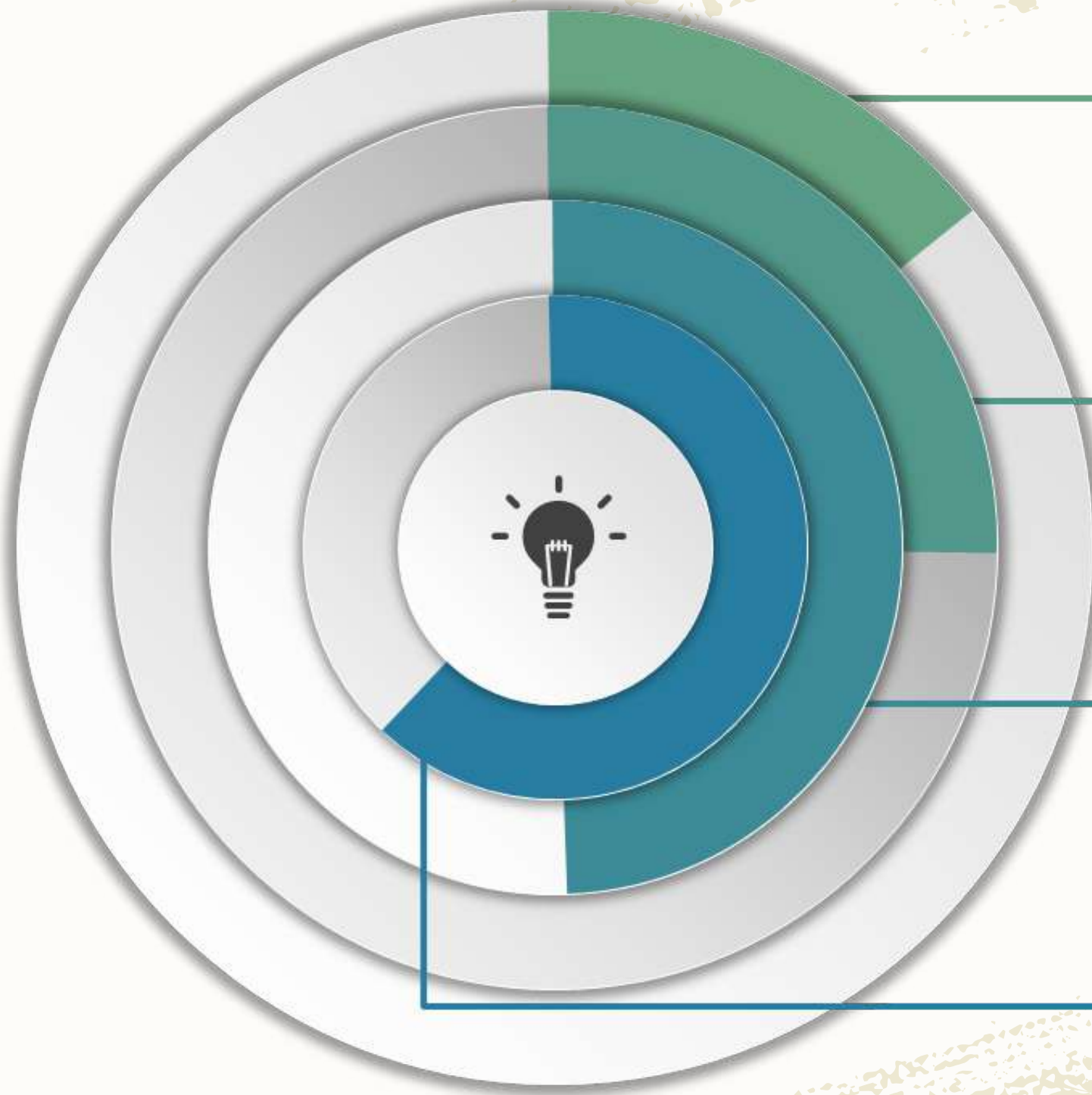
Delta Construction & Manufacturing (DCM)

TIBA Engineering Industries Co.

SS Air Technology

VOLTA EGYPT

MILESTONES



Phase-out of HCFC in the commercial air conditioning manufacturing sector.



Incorporate IEC technology in existing systems



Technical Assistance for product design



Provide technical parameters obtained from field testing

PREVIOUS WORK

FOR ADOPTING THE NEW TECHNOLOGY

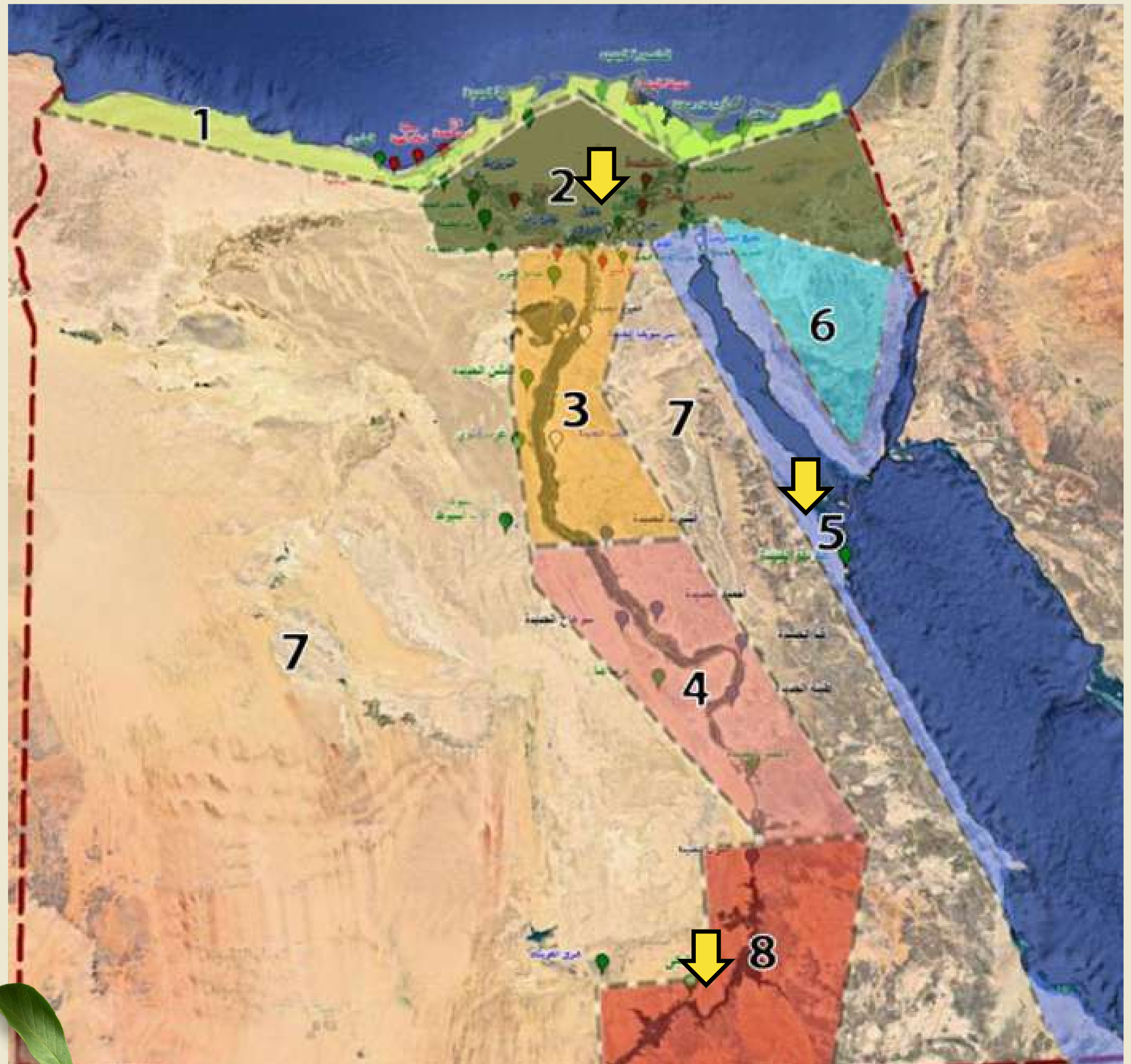
Which Climatic Zone?

Two climatic zones out of Eight
representing Egypt

✓ Climatic Zone 2

✓ Climatic Zone 5

What about Climatic Zones 8?



TESTING LOCATION - CZ8 (ASWAN - TOSHKY)

Location

22°49' 02" N
31°28' 16" E

Altitude

196.07 m
(above sea level)



TESTING CONDITIONS



Full Fresh Air

Both units to be **full fresh air** with air discharge of one unit regulated so that it matches the other.



Compressor Size

Compressor size of IEC-H Unit left to each OEM to decide.



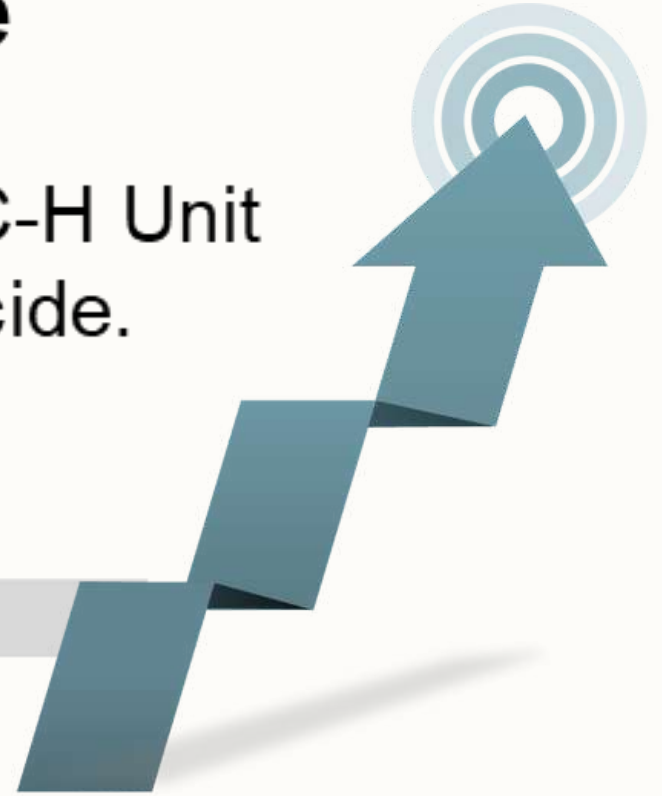
Primary Air Outlet

The primary air outlet dry bulb temperature maintained at 15°C

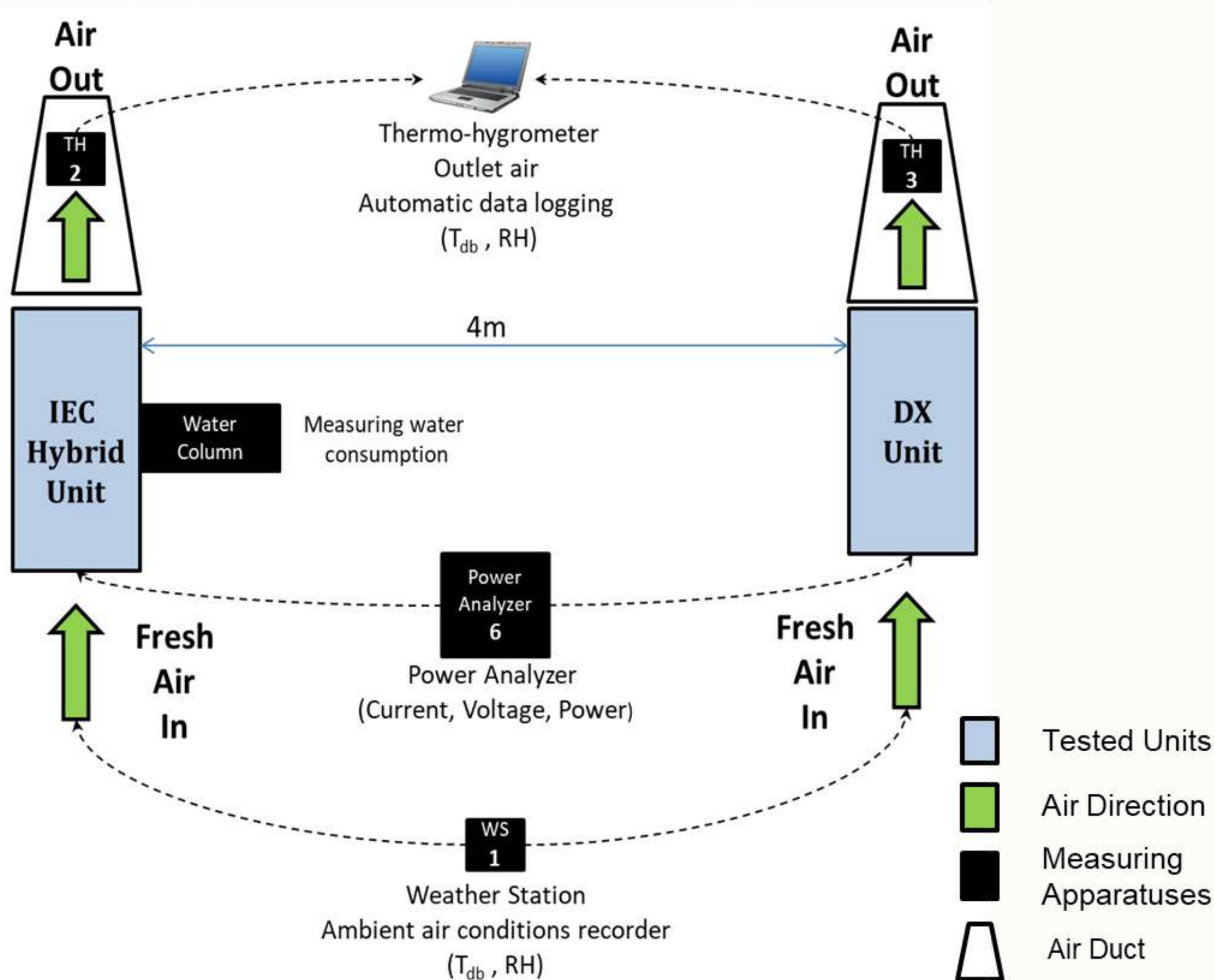


Low GWP refrigerant

Both units should use low GWP refrigerant, based on Montreal Protocol and Kigali Amendment



SCHEMATIC DIAGRAM



THE PROJECT REQUIRED EACH OEM TO INDIVIDUALLY MANUFACTURE A CUSTOM-BUILT DIRECT/INDIRECT EVAPORATIVE COOLING HYBRID AIR CONDITIONER (IEC-H) PROTOTYPE AND A CENTRAL DX UNIT TO TEST AND COMPARE THEIR PERFORMANCES UNDER ACTUAL OPERATING CONDITIONS IN CLIMATIC ZONE 8 (CZ8) (ASWAN - TOSHKY).

USED EQUIPMENT

CALIBRATED HIGH ACCUARCY DEVICES ARE USED FOR MEASURMENTS

Ministry of Higher Education
& Scientific Research
National Institute of Standards

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
المعهد القومي للمعايرة

El- Sadat (Tersa) St., El Haram, Giza, Egypt - P.O.Box 136 Giza - Code 12211 - Tel./ Fax: +202 - 33867462 - NIS Tel +202 - 37401113

CERTIFICATE OF CALIBRATION
شهادة معايرة

Certificate No: 882/23C012/74/326/2024

• NIS Lab : High Voltage Metrology Lab.
اسم المختبر : معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية في المباني (مركز بحوث الاسكان والبناء)

• Issued For :
مستخدم : العنوان : 87 شارع التحرير

• Contact Information of the Customer :
معلومات العميل : العنوان : 87 شارع التحرير

• Location of Calibration : High Voltage Metrology Lab., NIS
مكان المعايرة : معهد بحوث الاعمال الكهروميكانيكية في المباني (مركز بحوث الاسكان والبناء)

• Device Description : POWER QUALITY AND ENERGY ANALYZER
اسم الوصل : POWER QUALITY AND ENERGY ANALYZER

• Manufacturer : FLUKE
اسم الشركة المنتجة : FLUKE

• Model/Type : 435
نموذج الجهاز : 435

• Serial Number : 19673107
الرقم التسلسلي للجهاز : 19673107

• Code :
رمز :

• Date of Receipt : 9/5/2024
التاريخ الاستلام : 9/5/2024

• Issue Date : 22/5/2024
التاريخ الإصدار : 22/5/2024

• Date of Calibration : 19/5/2024
التاريخ المعايرة : 19/5/2024

• Due Date :
تاريخ انتهاء المعايرة :

Approved by

Head of Laboratory : Dr. Eng. Ahmed S. Haiba
NIS President : Prof. Dr. M. G. Ahmed

NIS F-7.5.2

This certificate is issued in accordance with the laboratory accreditation requirements. It provides traceability of measurement to recognized National standards, and to the units of measurement realized at the NIS or other recognized national standards laboratories. This certificate may not be reproduced other than in full by photographic process. This certificate refers only to the particular item submitted for testing.



FIELD TEST

PROVIDE TECHNICAL PARAMETERS

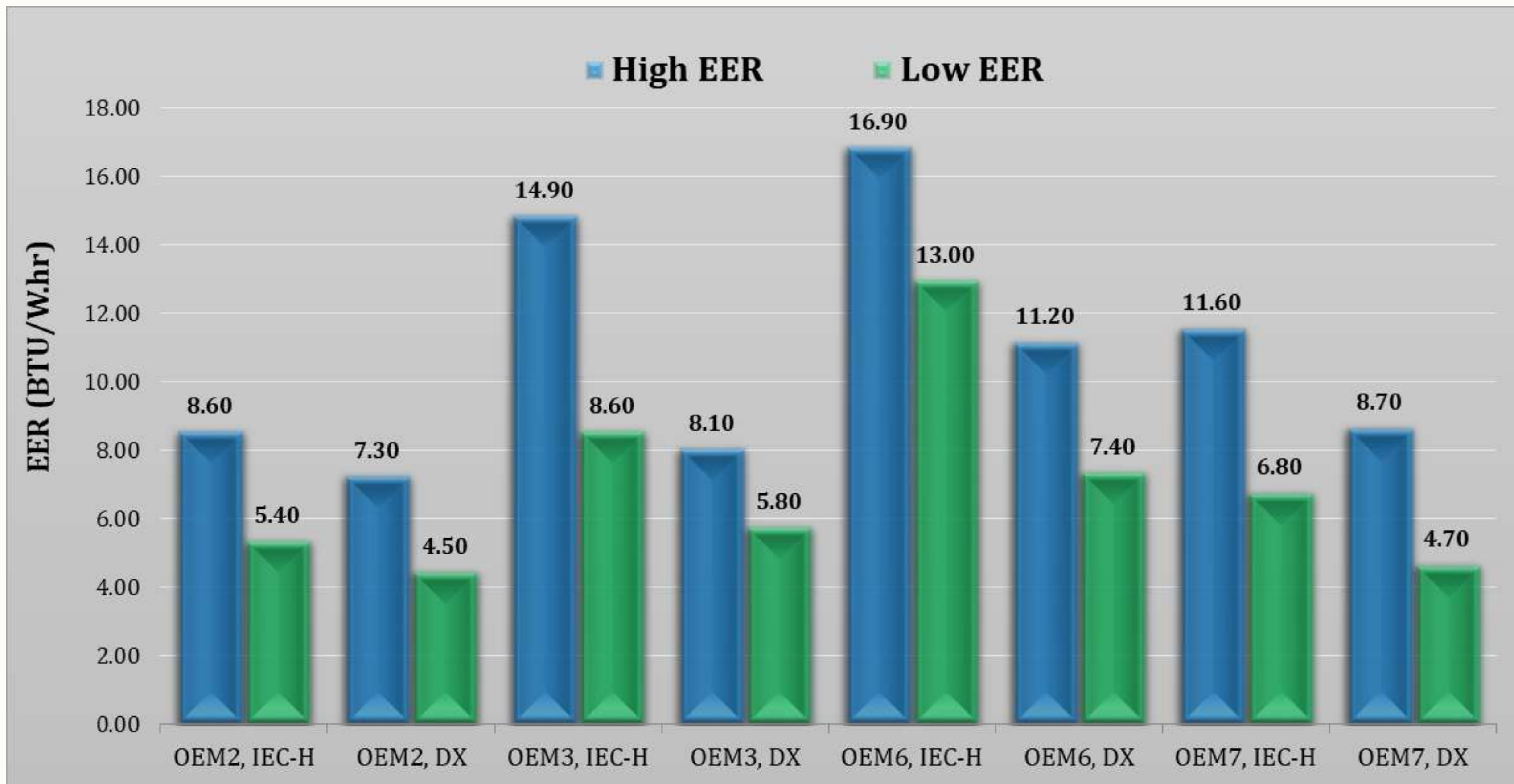
Evaluate the performance

Compare DX Unit With IEC-H Unit at the Same operating conditions and record the measurements for 24 hours

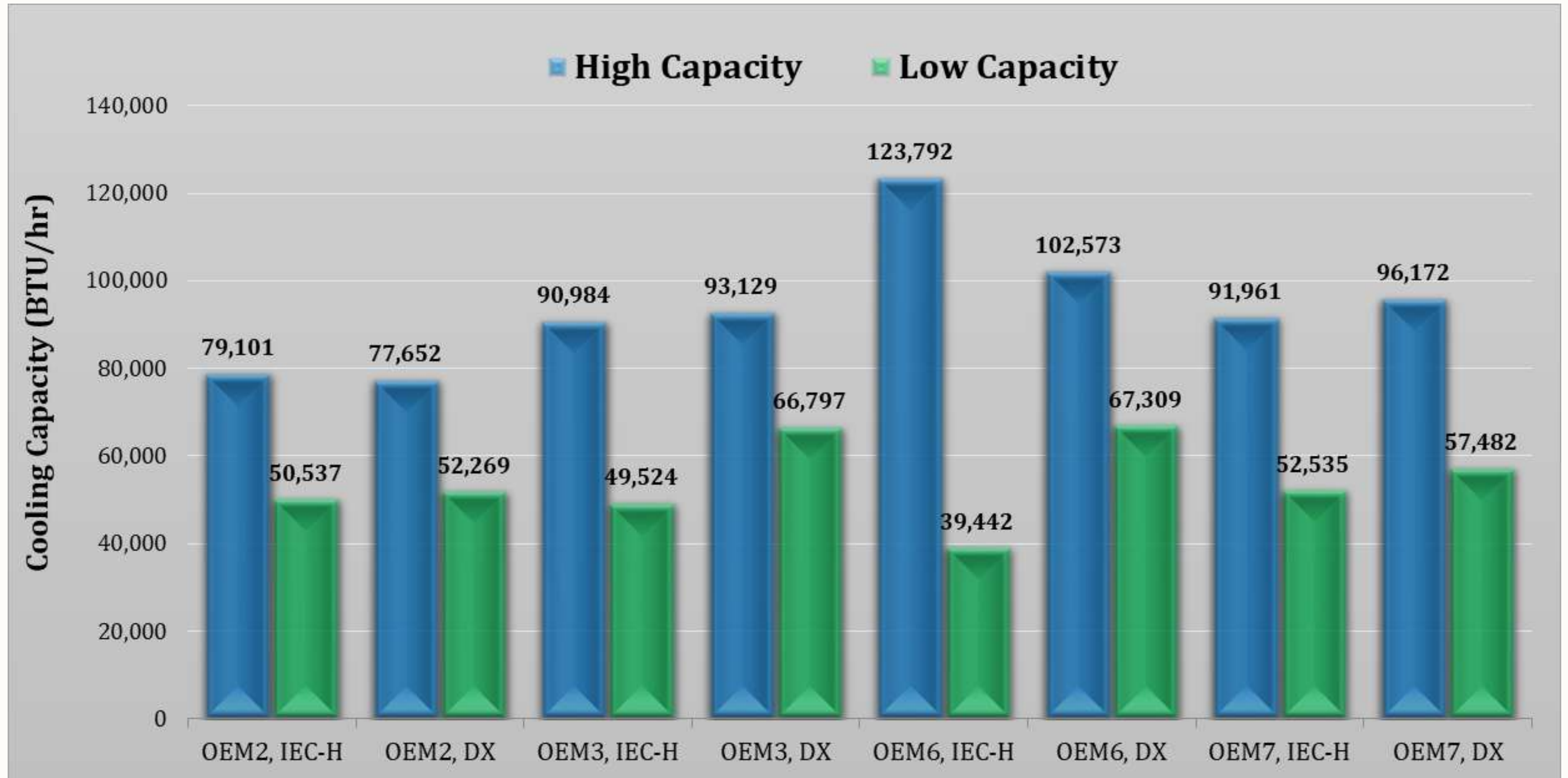
- ✓ Energy Efficiency
- ✓ Total Cooling Capacity
- ✓ Operating Cost



TESTING RESULTS - EER



TESTING RESULTS - TOTAL COOLING CAPACITY





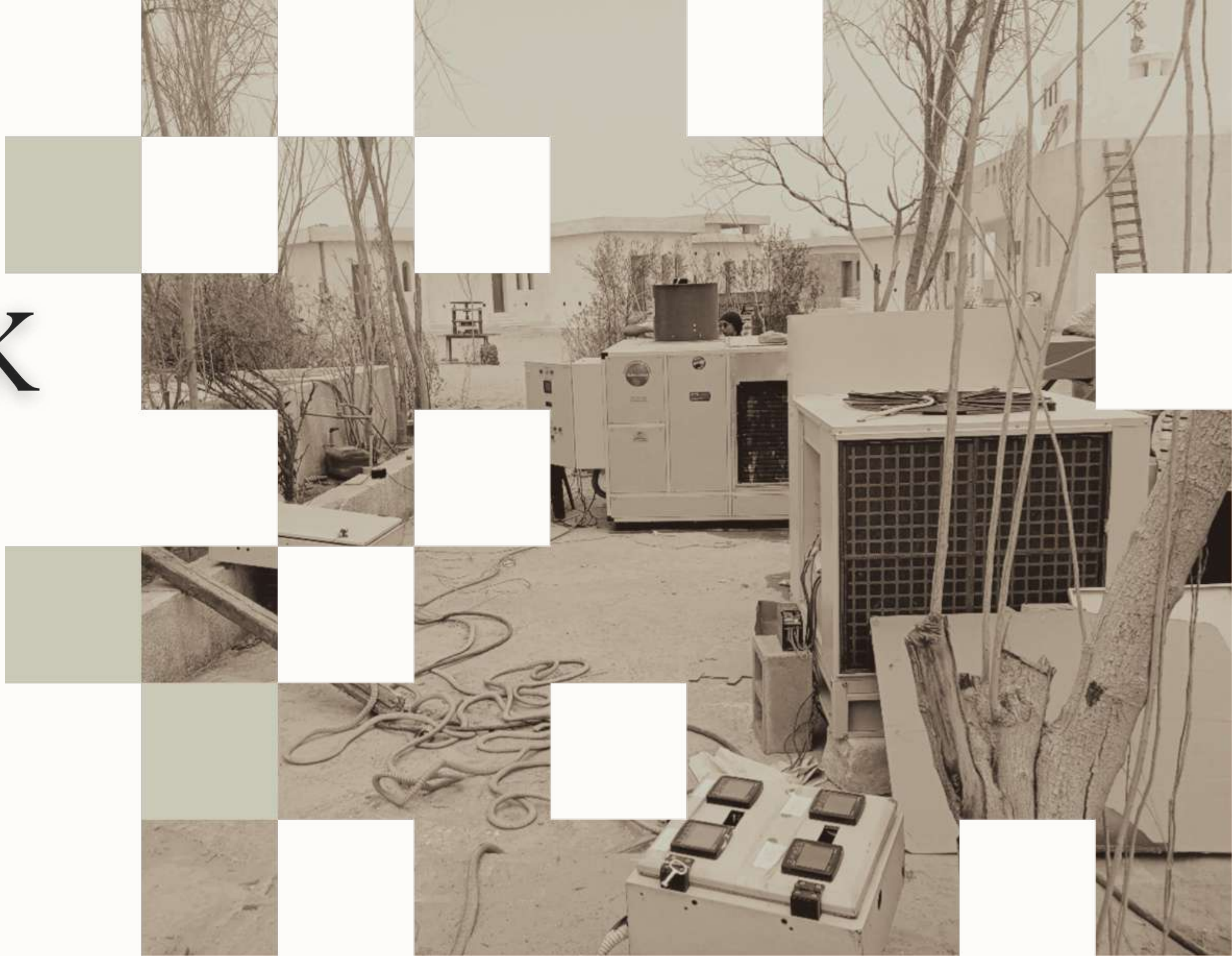
CONCLUSION

All OEMs show EERs of the IEC-H units that are superior to corresponding DX units.

IEC-H system is economically advantageous compared to a DX system

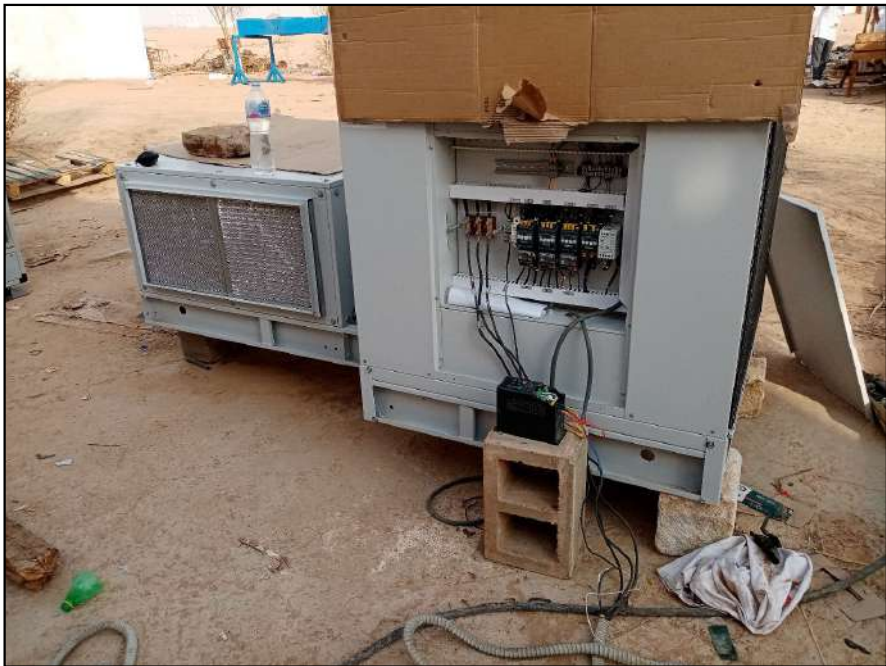
Superior total cooling capacity of the IEC-H units despite the smaller capacity compressors used. The capacities of the IEC-H units.

THANK
YOU



Annex 5: Testing Photos



































Technical Report for the Group Project for Transformation of Commercial Air Conditioning Companies (HCFC Phase-out Management Plan (HPMP) EGYPT (Stage II)), UNIDO ID:140400

2024

Climatic Zone 8 Report

Project supported by

MULTILATERAL FUND FOR THE IMPLEMENTATION OF THE MONTREAL PROTOCOL



UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION



UNITED NATIONS ENVIRONMENT



European Industry Association

By: Dr Alaa Olama

Disclaimer

This report may be reproduced in whole or in part and in any form for educational or non-profit purposes without special permission from United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) and United Nations Environment (UNEP), provided acknowledgement of the source is made. UNIDO and UNEP would appreciate receiving a copy of any publication that uses this publication as a source. No use of this publication may be made for resale or for any other commercial purpose whatsoever without prior written permission from UNIDO and UNEP.

While the information contained herein is believed to be accurate, it is of necessity presented in a summary and general fashion. The decision to implement one of the options presented in this document requires careful consideration of a wide range of situation-specific parameters, many of which may not be addressed by this document. Responsibility for this decision and all its resulting impacts rests exclusively with the individual or entity choosing to implement the option. UNIDO, UNEP, their consultants and the reviewers and their employees do not make any warranty or representation, either expressed or implied, with respect to the accuracy, completeness or utility of this document; nor do they assume any liability for events resulting from the use of, or reliance upon, any information, material or procedure described herein, including but not limited to any claims regarding health, safety, environmental effects, efficacy, performance, or cost made by the source of information.

Acknowledgement

We would like to acknowledge the assistance given by the governmental sectors and the National Ozone Unit Officers of Egypt and the National Housing & Building National Research Center (HBRC) for their support in the implementation of the project and their assistance in facilitating communication with different stakeholders.

We also acknowledge the International Technical Review Team “EUROPEAN INDUSTRY ASSOCIATION Eurovent” that assist the project team in reviewing the process, results and report of the project.

Acknowledgement also goes particularly to HBRC for providing the testing yard, facilities (Electrical feeding, water supply ... etc.) and other logistic facilities at their installation in Toshka.

The project team also acknowledges the OEM manufacturers who built the IEC-H prototypes and DX systems to be tested at the location.

- Delta Construction & Manufacturing DCM
- TIBA Engineering Industries Co.
- VOLTA EGYPT
- SS Air

Acknowledgement also goes to the team’s technicians, technical assistance staff and drivers that assisted in the project successful completion in this remote location.

This Project is contracted between the UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION "UNIDO" and Housing & Building National Research Center "HBRC". WHEREAS, UNIDO has been designated by the MULTILATERAL FUND FOR THE IMPLEMENTATION OF THE MONTREAL PROTOCOL as

IMPLEMENTING AGENCY; and has agreed to provide assistance to the Egyptian Government in carrying out the project entitled "HCFC PHASE-OUT MANAGEMENT PLAN (HPMP) EGYPT (STAGE II)"

The National Ozone Unit – Ministry of Environment, Egypt: The ministry team provided guidance and direction and participated at project meetings and discussions. The project is funded by the HCFC Phase-out Management Plan (HPMP) of Egypt.

The Project Management: UNIDO and UN Environment provided overall management and coordination of the project, established the link with the technology providers, and oversaw the development of the report of the project. The Project was managed by **Mr. Ole Nielsen, Dr. Iino Fukuya**, Program Officer- UNIDO, **Dr. Yunrui Zhou** also program officer-UNIDO and **Eng. Ayman El-Talouny**, International Partnership Coordinator, Ozone Action Program – UN Environment

EUROVENT (European Industry Association): Due to the absence of local testing standard or guidelines for IEC applications, the service of an International Advisory Partner was needed to offer recommendations, testing reference and quality review of the testing process.

"Eurovent AISBL / IVZW / INPA. (2023). Eurovent 15/1 - 2023 — Hybrid Indirect Evaporative Cooling Equipment - Classification Requirements and Test Conditions. Brussels: Eurovent."

Ms. Viktorria Kotlubei and the Coordination Consultant **Eng. Ahmed El-Korashy** from UNIDO provided logistical support and coordination for the project.

The Project general Manager and Technical Consultant and writer of the report, Dr. Alaa Olama advised OEMs during prototype design and construction. Devised testing methodology and testing TOR, consulted with OEMs to provide technical solutions for problems as they arose wrote the report and provided analysis of data.

HBRC organized testing including testing results in both climatic zones, tabulated and created the excel sheets including figures, drawings and review and edit their report.

Table of Contents

List of Figures	6
List of Tables	7
Acronyms.....	8
Executive Summary.....	9
1. Testing and measurements for the prototypes for all OEMs in Climatic Zone.....	13
1.1. Selection of Climatic Zones 8	
1.2. How the tests were performed	
1.3. The testing methodology	
2. Tabulation formats for compiling and presenting the results of the project (CZ 8).....	17
3. Analysis of testing and measurements for the prototypes and DX units.....	18
3.1 OEM3, Climatic Zone 8	
3.2 OEM2, Climatic zone 8	
3.3 OEM6, Climatic Zone 8	
3.4 OEM7, Climatic Zone 8	
4. The Final Results Analysis with Conclusion and Recommendation for Future Work.....	34
4.1. The Final results analysis	
4.1.1. EER high and low, CZ2	
4.1.2. Capacity high and low, CZ2	
4.2. Conclusions	
4.3. Recommendation for Future Work	
5. Reporting on the Advocacy and Outreach Campaign.....	38

List of Figures

Figure 0: The eight Climatic Zones of Egypt.....	13
Figure 00: Schematic diagram of the Test Arrangement with instrumentation.....	16
Figure 1: Inlet ambient temperature versus outlet temperature of IEC Hybrid and DX units for OEM3 at CZ8.....	19
Figure 2: EER for IEC Hybrid unit & DX unit versus ambient relative humidity for OEM3 at CZ8	19
Figure 3: Cooling capacity for IEC Hybrid unit & DX unit versus ambient conditions for OEM3 at CZ8	20
Figure 4: Power consumption of DX unit and IEC Hybrid unit components for OEM3 at CZ8.....	20
Figure 5: Inlet ambient temperature versus outlet temperature of IEC Hybrid unit & DX unit for OEM2 at CZ8.....	23
Figure 6: EER for IEC Hybrid unit & DX unit versus ambient relative humidity for OEM2 at CZ8	23
Figure 7: Cooling capacity for IEC Hybrid unit & DX unit versus ambient conditions for OEM2 at CZ8	24
Figure 8: Power consumption of DX unit and IEC Hybrid unit components for OEM2 at CZ8.....	24
Figure 9: Inlet ambient temperature versus outlet temperature of IEC Hybrid unit & DX unit for OEM6 at CZ8.....	27
Figure 10: EER for IEC Hybrid unit & DX unit versus ambient relative humidity for OEM6 at CZ8	27
Figure 11: Cooling capacity for IEC Hybrid unit & DX unit versus ambient conditions for OEM6 at CZ8	28
Figure 12: Power consumption of DX unit and IEC Hybrid unit components for OEM6 at CZ8.....	28
Figure 13: Inlet ambient temperature versus outlet temperature of IEC Hybrid unit & DX unit for OEM7 at CZ8.....	31
Figure 14: EER for IEC Hybrid unit & DX unit versus ambient relative humidity for OEM7 at CZ8	31
Figure 15: Cooling capacity for IEC Hybrid unit & DX unit versus ambient conditions for OEM7 at CZ8	32
Figure 16: Power consumption of DX unit and IEC Hybrid unit components for OEM7 at CZ8.....	32
Figure 17: EER for IEC Hybrid unit & DX unit versus ambient relative humidity for OEM7 at CZ8	34
Figure 18: Cooling capacity for IEC Hybrid unit & DX unit versus ambient conditions for OEM6 at CZ5	35

List of Tables

Table 1 The Climatic Zones of Egypt	13
Table 2 Basic Information for OEM3 at Climatic Zone 8	18
Table 3 High and Low readings for OEM3 at Climatic Zone 8.....	21
Table 4 Basic Information for OEM2 at Climatic Zone 8	22
Table 5 High and Low readings for OEM2 at Climatic Zone 8.....	25
Table 6 Basic Information for OEM6 at Climatic Zone 8	26
Table 7 High and Low readings for OEM6 at Climatic Zone 8.....	29
Table 8 Basic Information for OEM7 at Climatic Zone 8	30
Table 9 High and Low readings for OEM7 at Climatic Zone 8.....	33
Table 10 High and Low EERs and Refrigeration Capacity all OEMs at CZ 8.....	35
Table 11 Number of compressors, all OEMs at CZ 8.....	36

Acronyms

HPMP	HCFC Phase-out Management Plan
IEC-H	Indirect Evaporative Cooling - Hybrid
DX	Direct Expansion
CZ	Climatic Zone
GWP	Global Warming Potential
NPV	Net Present Value
EFLH	Equivalent Full Load Hours Per Year
EER	Energy Efficiency Ratio
COP	Coefficient of Performance
IRR	The internal rate of return
EGP	Egyptian Pound
$T_{db\ amb}$	Ambient dry bulb temperature for both Units
$T_{wb\ amb}$	Ambient wet bulb temperature for both Units
RH_{amb}	Ambient Relative Humidity for both Units
$T_{db\ out\ IEC-H}$	Outlet dry bulb temperature for IEC Hybrid Unit
$T_{wb\ out\ IEC-H}$	Outlet wet bulb temperature for IEC Hybrid Unit
$RH_{out\ IEC-H}$	Outlet Relative Humidity for IEC Hybrid Unit
$W_{Lvl\ IEC-H}$	Water level change for IEC Hybrid Unit per hour
$W_{Vol\ IEC-H}$	Evaporated Water Consumed for IEC Hybrid Unit per hour (Volumetric Flow Rate)
Comp. IEC-H	Compressor power consumption for IEC Hybrid Unit
Pump IEC-H	Pump consumption for IEC Hybrid Unit
Evap. Fan IEC-H	Evaporative Fan consumption for IEC Hybrid Unit
Sup. Fan IEC-H	Supply Fan consumption for IEC Hybrid Unit
$PW_{Tot\ IEC-H}$	Total Power consumption for IEC Hybrid Unit
$T_{db\ out\ DX}$	Outlet dry bulb temperature for DX Unit
$T_{wb\ out\ DX}$	Outlet wet bulb temperature for DX Unit
$RH_{out\ DX}$	Outlet relative humidity for DX Unit
$PW_{Tot\ DX}$	Total Power consumption for DX Unit
h_{amb}	Enthalpy of Ambient inlet Air
$h_{out\ DX}$	Enthalpy of outlet Air for DX Unit
$h_{out\ IEC-H}$	Enthalpy of outlet Air for IEC Hybrid Unit
ρ_{amb}	Density of Ambient Air

Executive Summary:

This Project is contracted to provide assistance to the Egyptian Government in carrying out the project entitled “HCFC PHASE-OUT MANAGEMENT PLAN (HPMP) EGYPT (STAGE II)”

The project required each OEMs to individually manufacture a custom-built Indirect Evaporative Cooling Hybrid Air Conditioner (IEC-H) prototypes and a central DX unit to test and compare their performances under actual operating conditions in three of the eight climatic zones (CZ) of Egypt.

The final report of 2022 showed the results of the tests in CZ 2 and 5. This report shows the results of the test in CZ 8, the hottest of all climatic zones in Egypt.

The four figures below show the results of OEM 3 only in the CZ 8. The figures below show the comparisons of the performance between the IEC-H unit and the DX unit over a 24 hours period. The tests results compared the values of the dry bulb temperatures out of the IEC-H and the DX unit, the wet bulb temperatures, the EERs and the unit’s refrigeration capacity. The tests were conducted for each OEM’s IEC-H and DX units simultaneously for a 24 hours period.

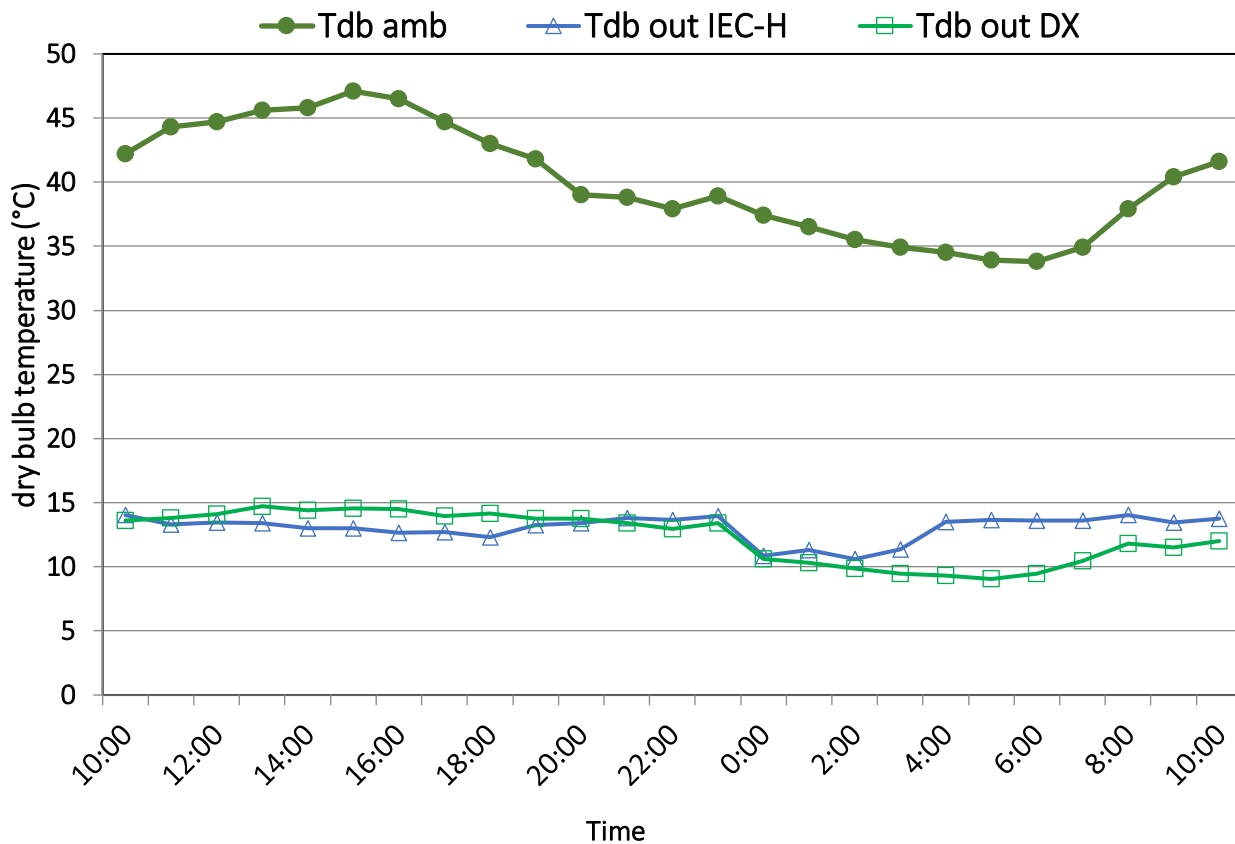
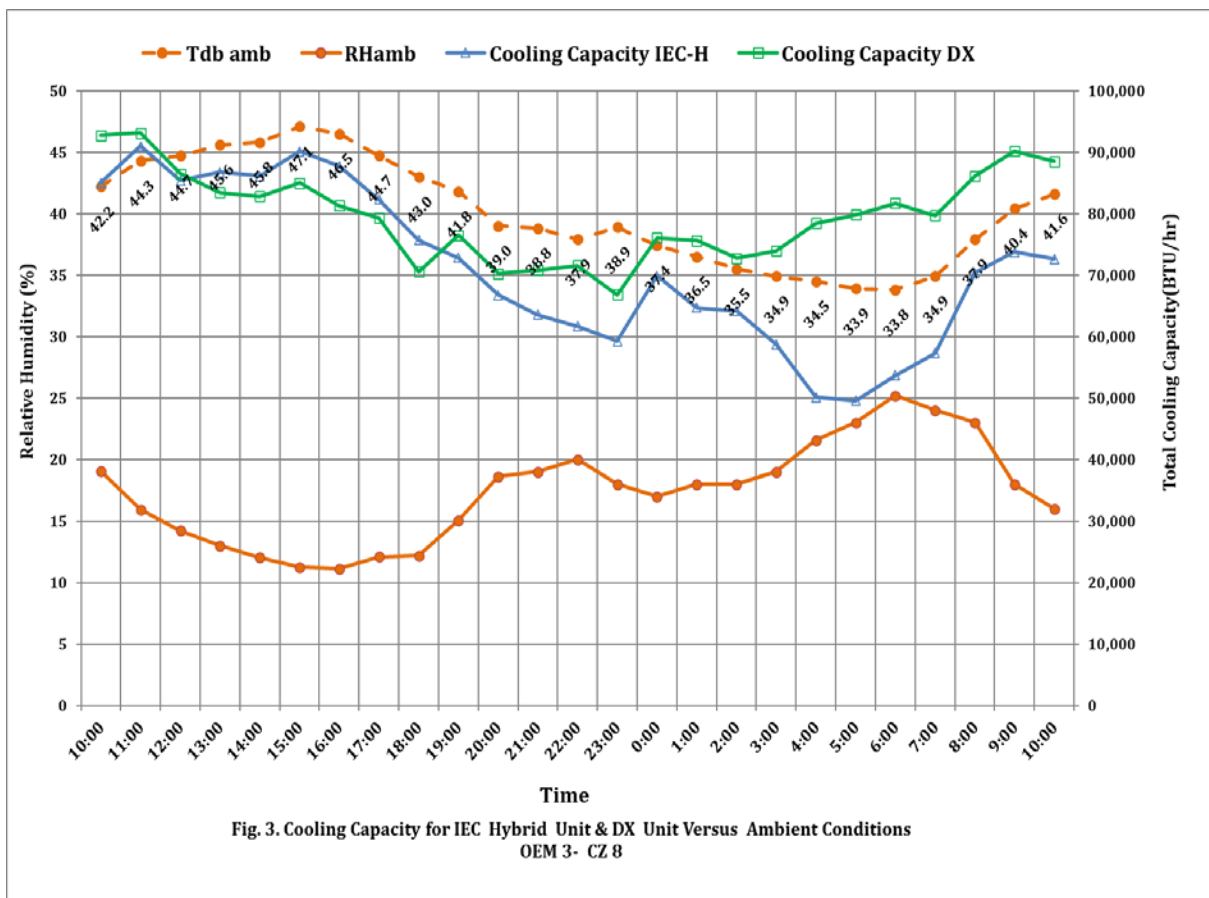
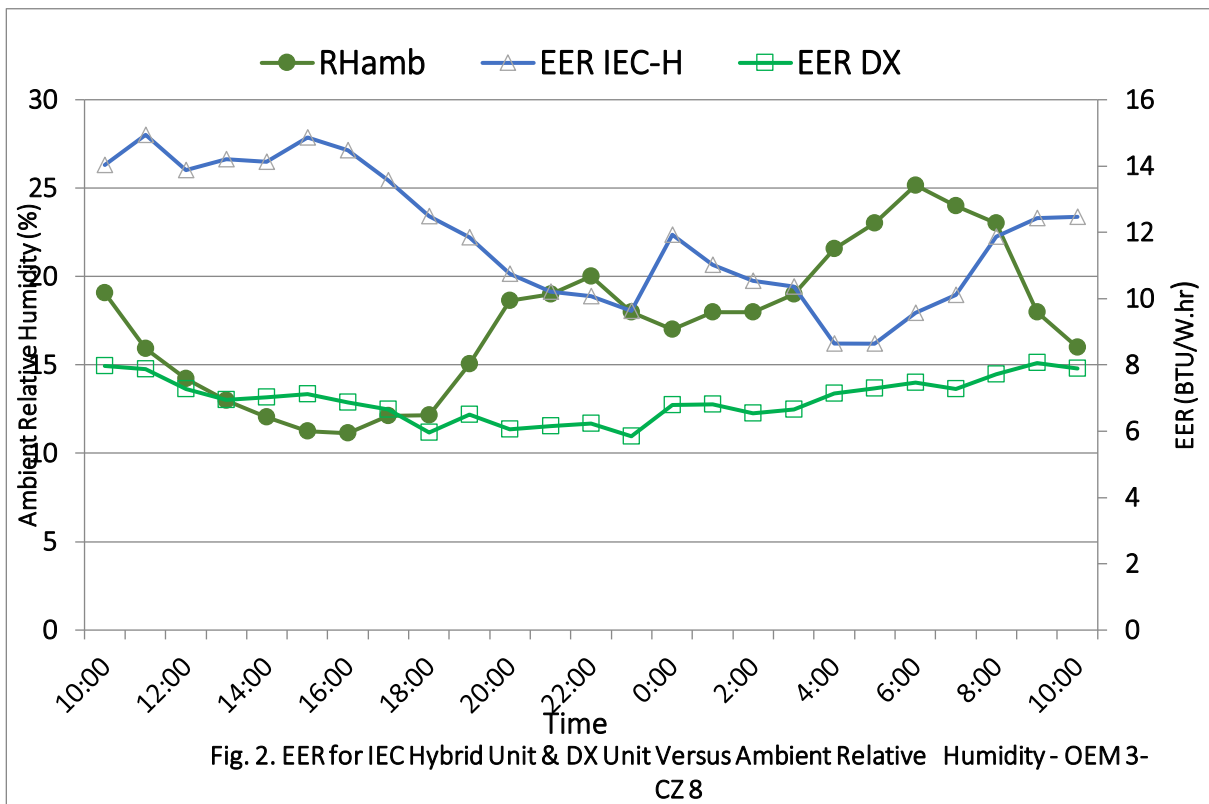
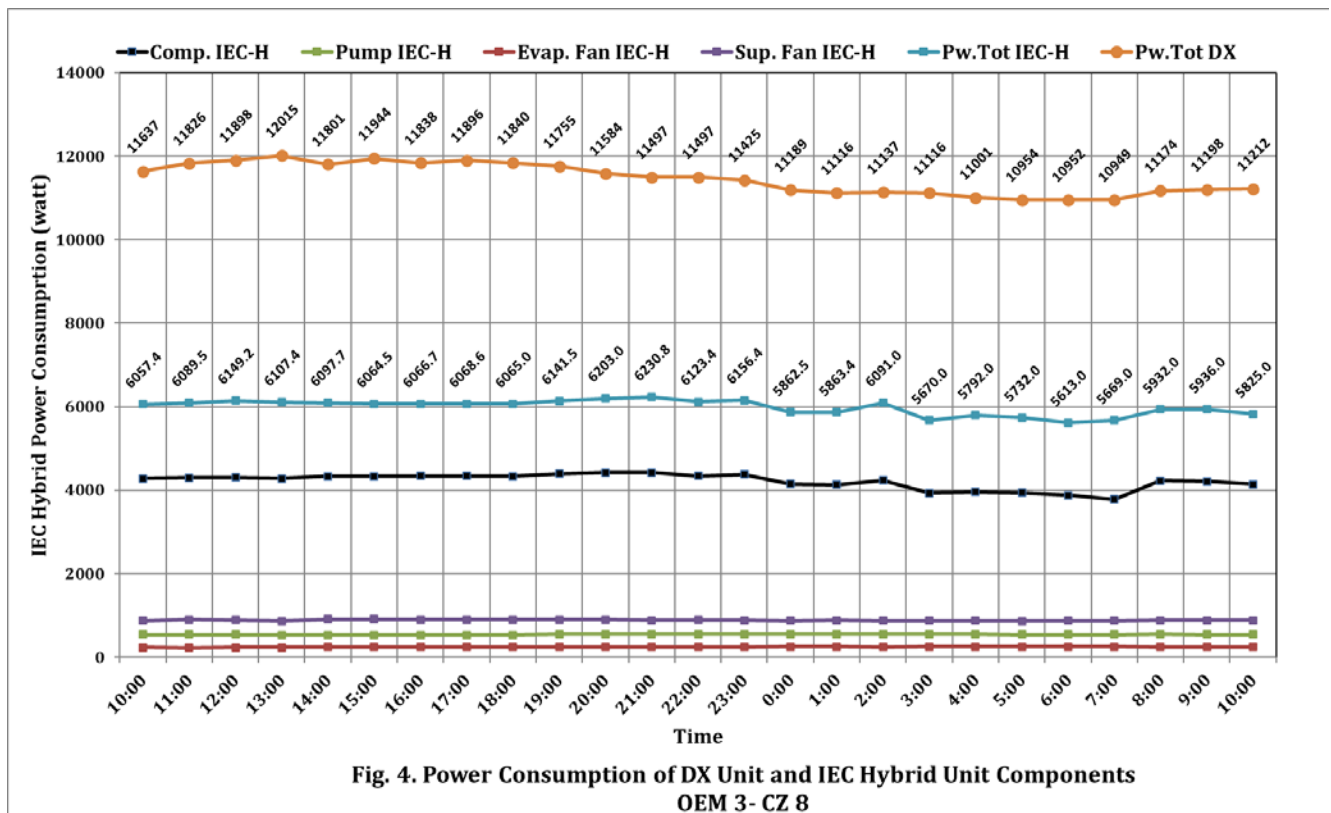


Fig. 1. Inlet Ambient Temperature Versus Outlet Temperature of IEC Hybrid and DX units, OEM 3- CZ 8





All OEMs results showed better EER for their IEC-H units compared to their respective DX unit in the CZ 8 where the tests were conducted. The highest and lowest EERs of all OEMs are shown below.

In that sense, this report for CZ 8 showed that an IEC-H system is superior thermodynamically to a DX system because it achieves higher EERs.

Fig 17: High and Low EER (in BTU/W.hr) for Climatic Zone 8

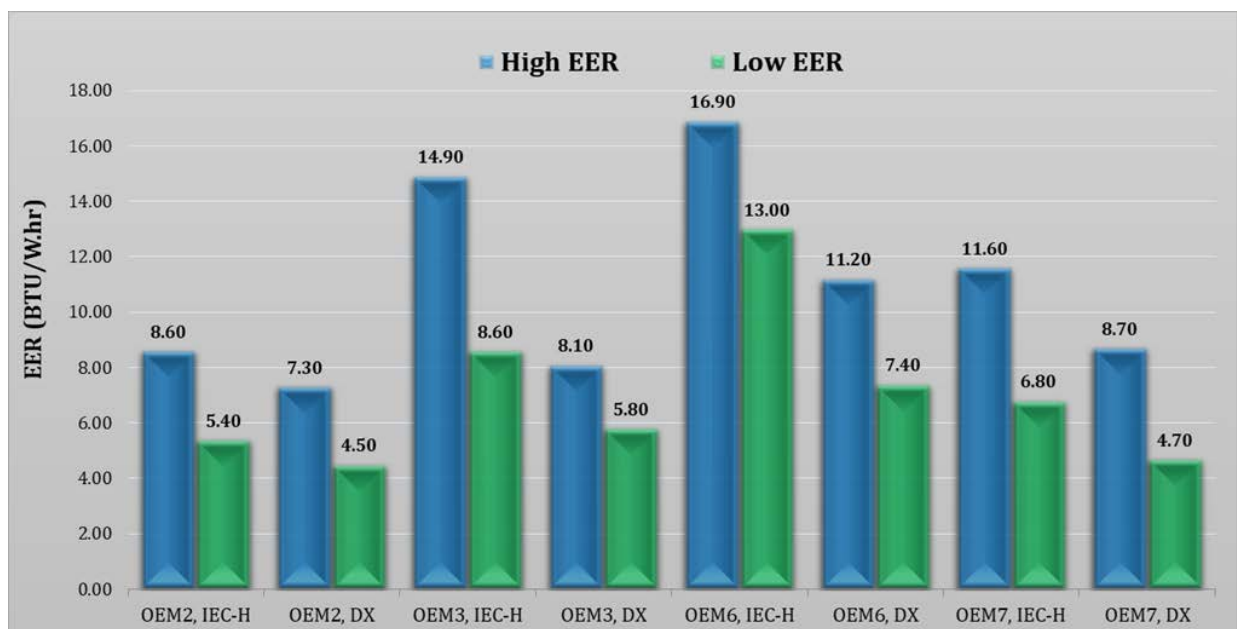
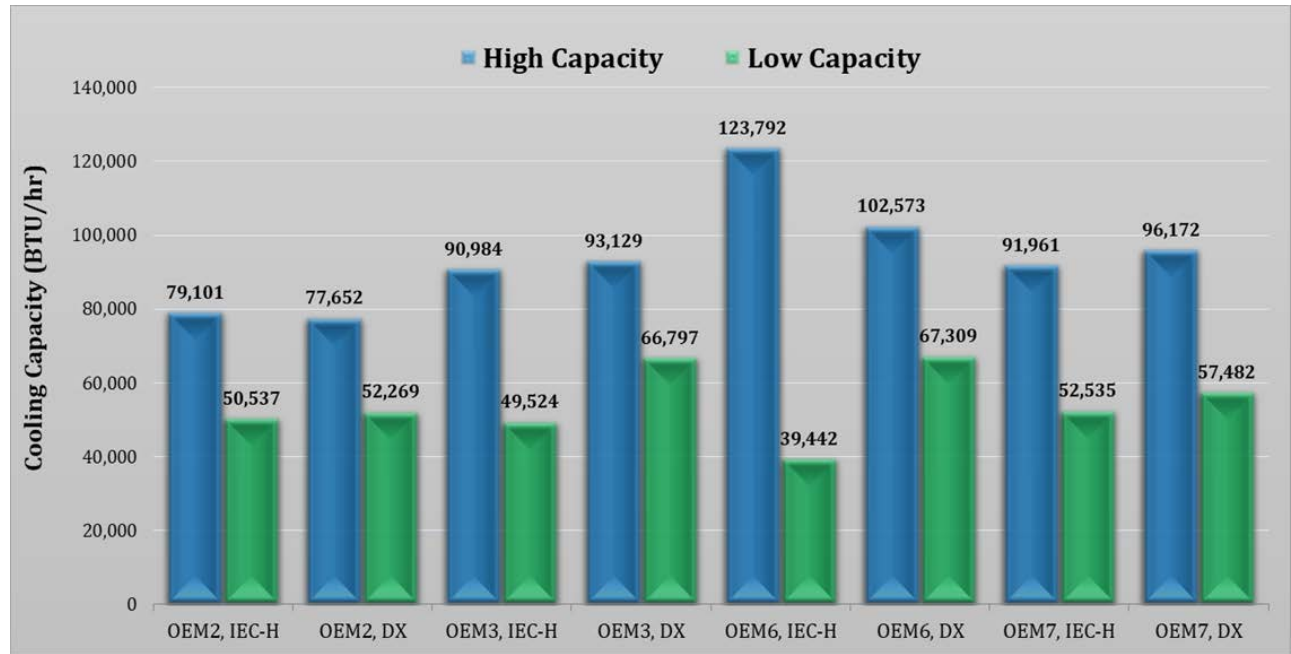


Fig 18: High and Low Capacity (in W) for Climatic Zone 8



The primary air discharge of both the IEC-H prototype and DX units for each OEM were the same and all fresh air. All compressors' capacities of all OEMs were also the same for IEC-H prototypes and DX units, except OEM 2 which used two compressors for its IEC-H prototype instead of one for all other OEMs.

The tests showed that the capacity of the IEC-H prototypes when compared to the refrigeration capacity of their respective DX unit also varied considerably, depending on the prototype design and the ambient relative humidity.

When the ambient relative humidity increased, the DX units tended to provide a better refrigeration capacity than corresponding IEC-H prototype, except OEM 2 which showed superior refrigeration capacity compared to the DX unit regardless of the relative humidity conditions.

Nevertheless, overall IEC-H refrigeration capacities at lower humidity periods, where higher than those of corresponding DX units.

The report breaks new ground for NIK air conditioning technologies and provides an alternative full fresh air system for air conditioning application that exceeds the efficiency of existing DX systems.

Although, both final reports for CZ 2 & 5 (2022) and this report for CZ 8 (2024) are sufficient to write guidelines for a code for direct/indirect evaporative cooling for Egypt, the report recommends further work to provide a mathematical formula and site testing to predict the EERs and refrigeration capacities for IEC-H prototypes for the remaining five climatic zones of Egypt, and substantiate the formula readings in other Climatic Zones of Egypt through site tests.

Chapter 1

1. Testing and Measurements of the Prototypes and DX units of all OEMs in Location CZ 8

1.1. Selection of CZ 8

Table 1: The Climatic Zones of Egypt

1	North Coast Region	5	Eastern Coast Region
2	Delta and Cairo region	6	High Heights Region
3	North Upper Egypt Region	7	Desert Region
4	Southern Upper Egypt Region	8	South of Egypt Region

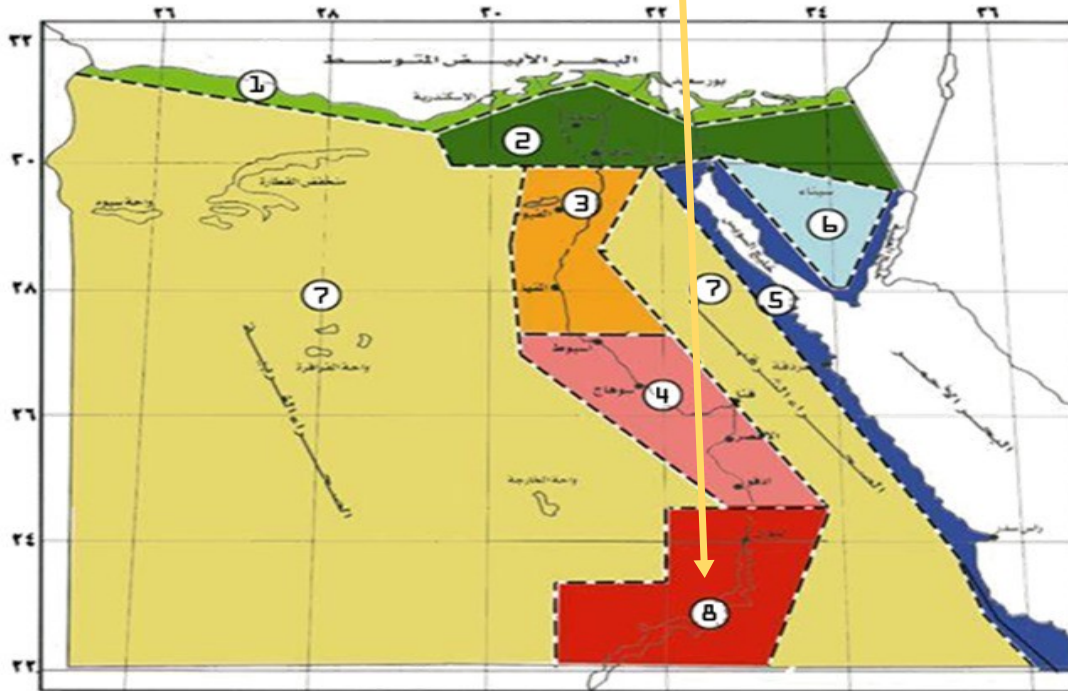


Fig 0: The eight Climatic Zones of Egypt

Ambient temperatures in Egypt's are at their highest during June, July and August. This is why these months were targeted for the tests.

The tests were performed in CZ 8 to show the effect of dry bulb temperature increase versus relative humidity decrease on the efficiency and capacity of the prototypes at the hottest climatic zone in Egypt to complement tests made at CZ2 and CZ 5 in 2022. The results in these tests in CZ 8 would complement those done in CZ 2 and 5. With the tests in CZ 8 the viability of an IEC-H system in lower humidity/higher ambient climates when compared to a DX system.

Figure 0 shows the different climatic zones of Egypt. CZ 2 encompasses the capital Cairo and its suburban cities across its latitude in the span west in the lower delta south of Alexandria's longitude and east across the Sinai Peninsula. CZ 2 would be generally characterized by its

relatively higher humidity because it is in the lower delta with its extensive population clusters and its large agriculture fields. Tests in CZ 2 were performed at Badr city.

CZ 5 is the eco-climatic zone around the shores of the red sea from Suez in the north to Halayeb and Shalatein in the south and across south Sinai on the banks of the gulfs of Suez and Aqaba. Its dry bulb temperatures are moderate compared to further south in Egypt.

CZ 5 is characterized by its higher dry bulb temperatures compared to CZ 2 and its lower humidity. Tests were performed in Hurghada city in CZ 5.

Comparison between the results in these two climatic zones would indicate the feasibility of the IEC-H system compared to a DX system as the dry bulb increases and the humidity decreases.

CZ 8, is the hottest in Egypt with relatively lower humidity ratios compared to other climatic zones.

This is why testing in CZ 8 would complement the tests in CZ 2 & 5 done in 2022.

1.2. How the Tests were Performed?

Each OEM tested two of his units in the same 24 hours, one IEC-H prototype next to one DX unit.

Both units tested were full fresh air and had the same air flow rate.

All OEMs used R-32 for both their IEC-H prototype and their corresponding DX unit.

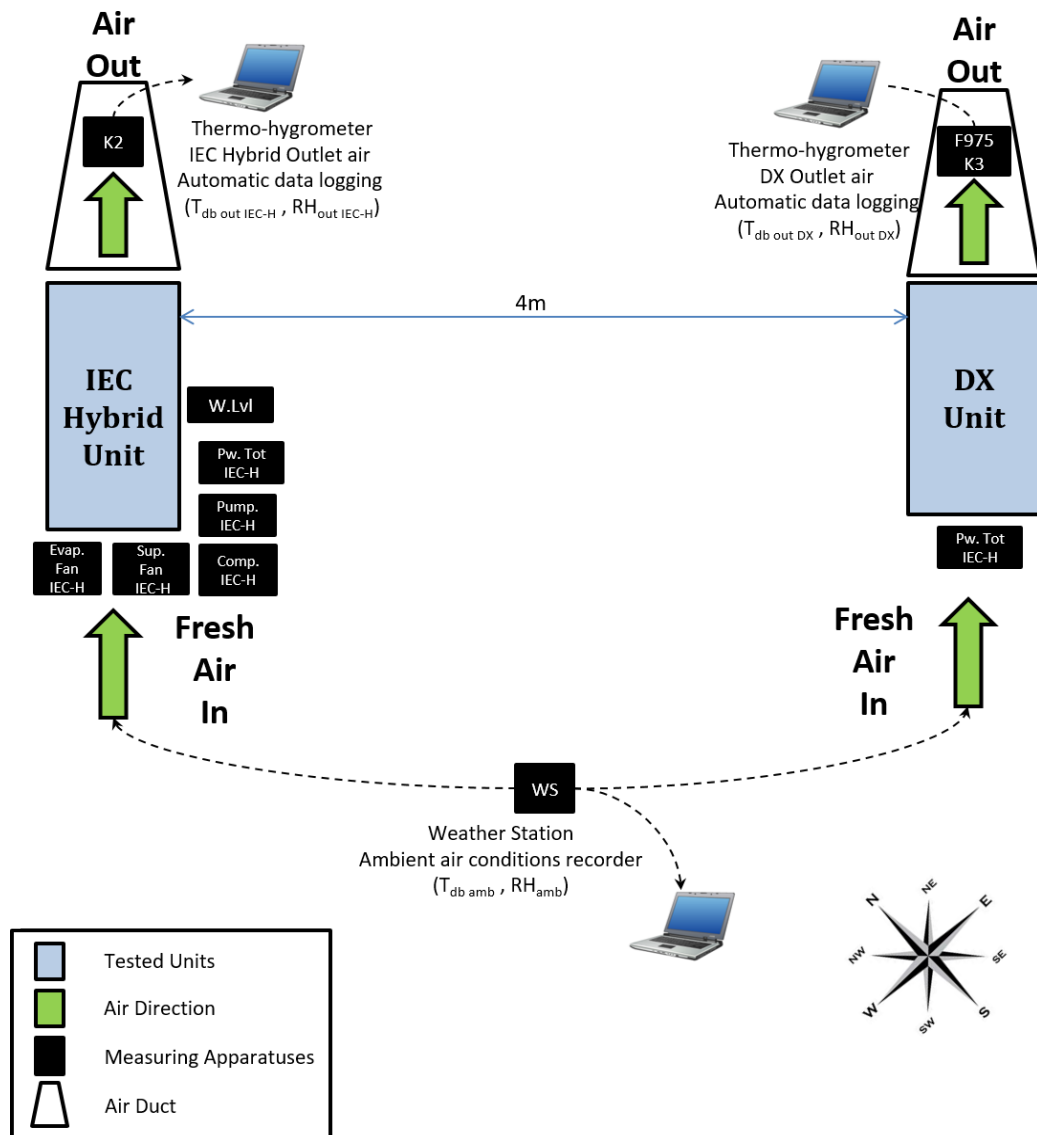
1.3. The Testing Methodology

This is a brief description of the testing methodology. The complete testing methodology is shown in **annex 3** of the final report of 2022. the testing methodology follows EUROVENT recommendations*

- There were no intentions to compare the performance of OEMs units, one against the other. This is why OEMs are labelled by a confidential number and not by their original name.
- The purpose of the tests is to find out if there are energy efficiency advantages obtained by adopting a hybrid IEC system, IEC-H, when compared to a DX or chilled water system for climatic CZ 8.
- Both IEC-H prototype and DX unit are tested simultaneously. Both units are full fresh air with rate of air discharge of one unit regulated so that it matches the other.
- To maintain 15 °C primary air outlet dry bulb temperature.
- For each OEM, testing was performed over a 24hr period for both units simultaneously.
- The tests performed for all OEMs, one after the other.
- The tests were considered completed once a 24 hours' cycle is recorded for both IEC hybrid and DX units. If any of the units stopped working during the test or suffered a performance anomaly such as freezing of the cooling coil the test result at this specific point were discarded.
- The tests meteorological readings were recorded.
- The tests were performed to obtain the total refrigeration capacities (Watts) and the energy efficiency η (BTU/W.hr) of both IEC-H and the DX unit for each OEM simultaneously and compare the results over a 24 hours' period; see the Egyptian standard EOS 3795:2013.
- In this report, the test values are plotted and analyzed to help obtaining a definite understanding of the advantages of the system at various climatic zones.
- An economic comparison is made by an economic expert to compare the Net Present Value (NPV) of the IEC-H to a DX unit over its lifetime to check its economic feasibility for CZ 2 and 5 only.
- Figure 00 shows the Schematic Diagram of the Test Arrangement with Instrumentation.

* "Eurovent AISBL / IVZW / INPA. (2023). Eurovent 15/1 - 2023 — Hybrid Indirect Evaporative Cooling Equipment - Classification Requirements and Test Conditions. Brussels: Eurovent."

Fig 00: Schematic Diagram of the Test Arrangement with Instrumentation



Chapter 2

Tabulation Formats for Compiling and Presenting the Results of the Project (CZ 8)

The results obtained were tabulated in excel sheets tabs as follows:

- Basic information
- Graphs of capacities and EERs for IEC-H
- Graphs of capacities and EERs for DX

The tabs of the calculations of capacities and EERs for IEC-H units were used to plot the essential graphs.

The graphs show the following:

- The ambient dry bulb temperature and the outlet dry bulb temperatures of the IEC-H and the DX units across a whole day
- The EERs of both the IEC-H and the DX units and ambient RH across a whole day.
- The cooling capacities of the IEC-H and DX unit and the ambient dry bulb temperature and RH across a whole day
- The power consumptions of the DX unit and the IEC-H unit and its components. This was repeated for each OEM in CZ 8.

These graphs were used in calculating the highs and lows of each parameter that follows each OEM.

The final analysis, conclusions and recommendations for future work, in chapter 4 and 5 are derived from the results obtained and drawn from the graphs of chapter 3.

All tabulated excel sheets are made by HBRC and included HBRC final report.

HBRC were instrumental in setting-up the test site and testing rigs. They also collected the readings of the tests, tabulated the results and helped tremendously on the drawing process to obtain the best indicative graphs.

Chapter 3

Analysis of Testing Results and Measurements for the Prototypes and DX Units.

The testing results and measurements for the prototypes and DX units provide us with figures that show us if an IEC-H system is technically advantageous compared to a DX system. The testing results and measurements for all OEMs are listed in details in Annex.

3.1 OEM 3, Climatic Zone 8

Table 2: Basic Information for OEM3 at Climatic Zone 8

Basic Information

Tested Units Name	DX (Direct Expansion Unit)		
	IEC Hybrid (Indirect Evaporative Cooling Hybrid Unit)		
OEM No.	3		
Refrigerant	R-32		
Air Flow Rate	1320 C.F.M for DX and IEC hybrid Units		
Capacity	DX	2	Two compressors
	IEC hybrid	1	One compressor
Water Bath Area	1728.5*623		mm2
Climatic Zone	8 (South Egypt)		
Altitude	196.07 meter (From Sea Level)		
Location	22°49' 02" N 31°28' 16" E		
Test Date	28-Aug-24		

The figures below show the following

For OEM 3 in CZ 8, across a whole day:

- Figure 1: The ambient dry bulb temperature and the outlet dry bulb temperatures of the IEC-H and the DX units.
- Figure 2: The EERs of both the IEC-H and the DX units and ambient RH.
- Figure 3: The refrigeration capacity of the IEC-H and DX unit and the ambient dry bulb temperature and RH.
- Figure 4: The power consumptions of the DX unit and the IEC-H unit and its components.

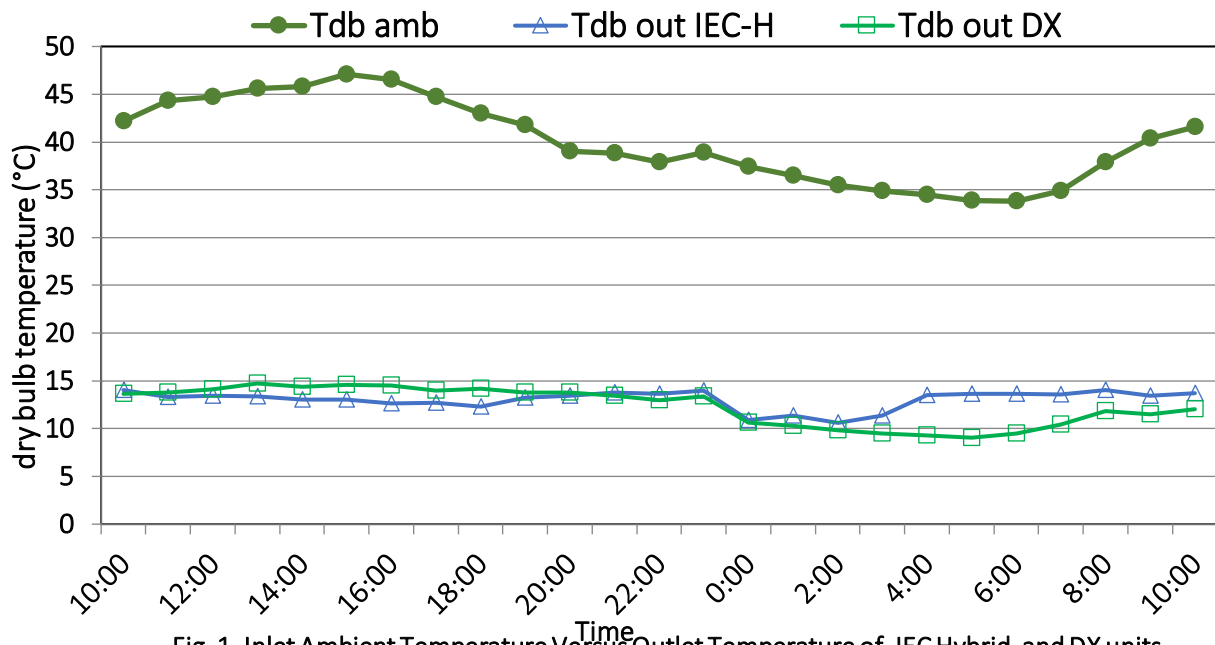


Fig. 1. Inlet Ambient Temperature Versus Outlet Temperature of IEC Hybrid and DX units, OEM3- CZ8

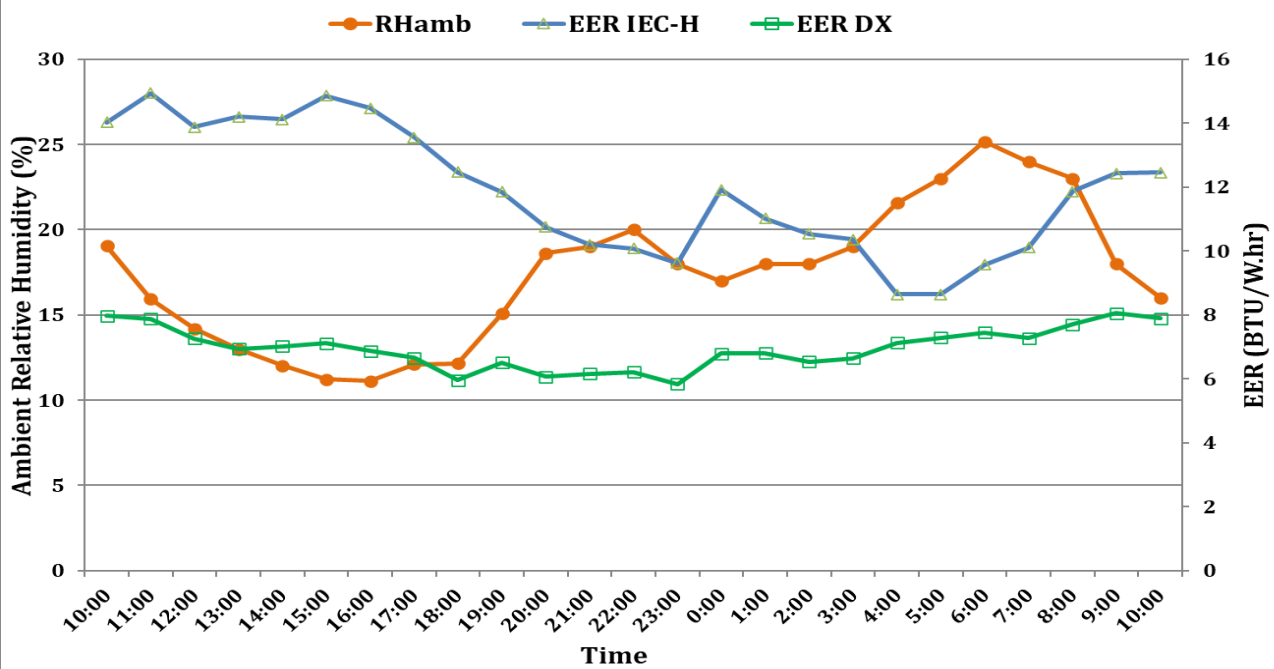


Fig. 2. EER for IEC Hybrid Unit & DX Unit Versus Ambient Relative Humidity OEM 3- CZ 8

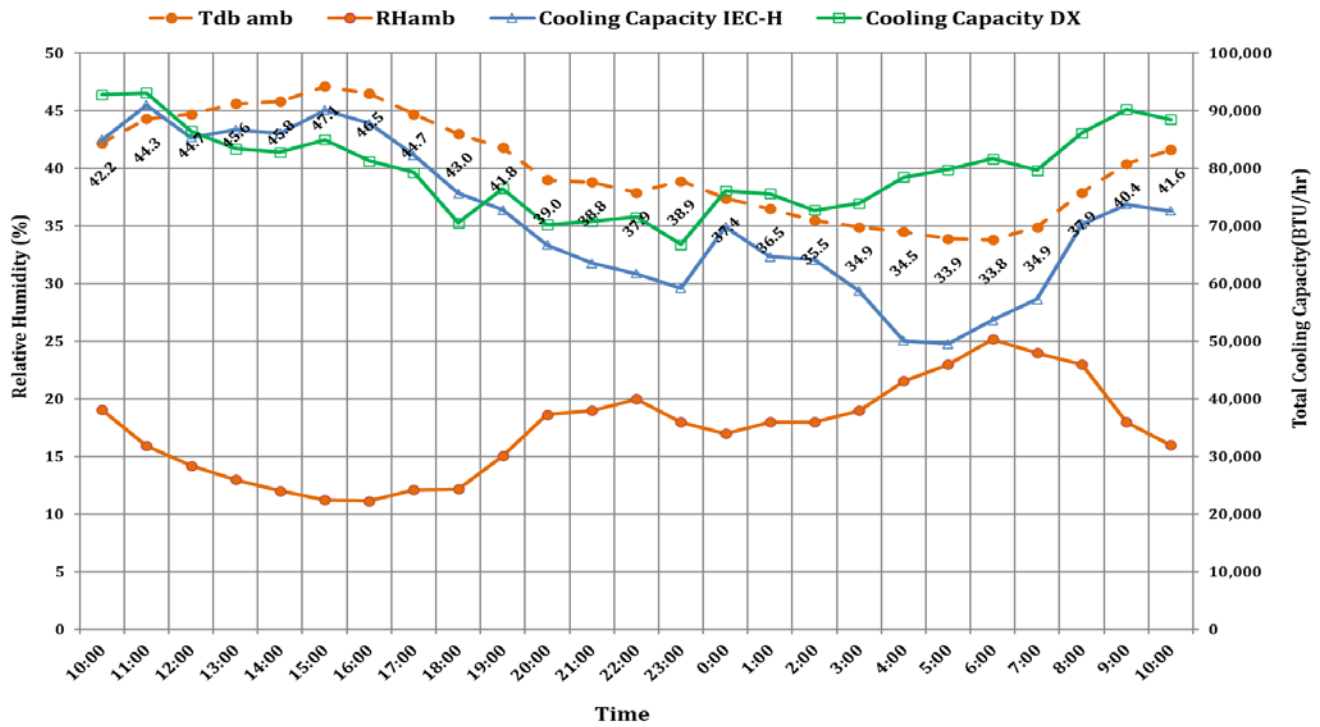


Fig. 3. Cooling Capacity for IEC Hybrid Unit & DX Unit Versus Ambient Conditions
OEM 3- CZ 8

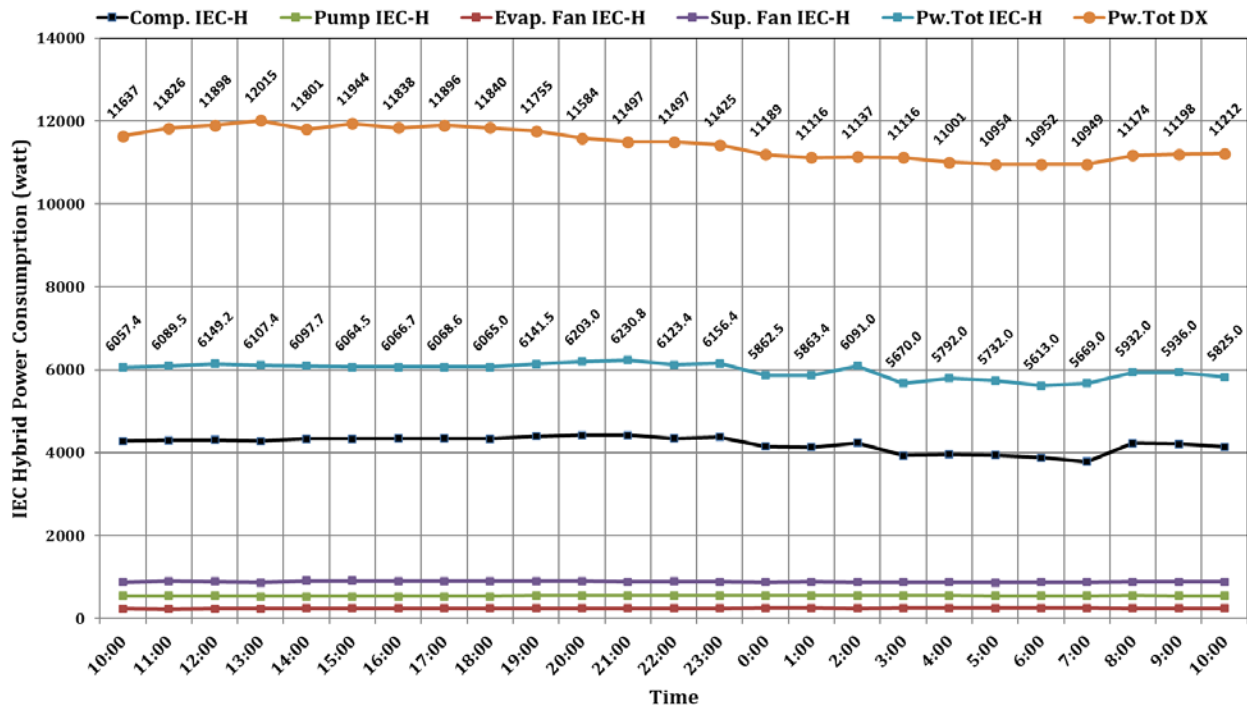


Fig. 4. Power Consumption of DX Unit and IEC Hybrid Unit Components
OEM 3- CZ 8

Analysis of the results of OEM 3 at CZ 8:

Table 3: High and Low readings for OEM3 at Climatic Zone 8

OEM 3, CZ 8				
High and Low Dry Bulb Temp. °C, Relative humidity				
H and l	T _{db out} IEC-H	T _{db out} DX	RH _{amb}	T _{db amb}
High	14.0	14.7	24.0	47.1
Low	10.6	9.1	11.1	33.8

3.2 OEM 2, Climatic Zone 8

Basic Information

Table 4: Basic Information for OEM2 at Climatic Zone 8

Tested Units Name	DX (Direct Expansion Unit)		
	IEC Hybrid (Indirect Evaporative Cooling Hybrid Unit)		
OEM No.	2		
Refrigerant	R-32		
Air Flow Rate	1320 C.F.M for DX and IEC hybrid Units		
Capacity	DX	2	compressors
	IEC hybrid	2	compressors
Water Bath Area	1000*900		mm2
Climatic Zone	8 (South Egypt)		
Altitude	196.07 meter (From Sea Level)		
Location	22°49' 02" N 31°28' 16" E		
Test Date	26-Aug-24		

The figures below show the following

For OEM 2 in CZ 8, across a whole day:

- Figure 5: The ambient dry bulb temperature and the outlet dry bulb temperatures of the IEC-H and the DX units.
- Figure 6: The EERs of both the IEC-H and the DX units and ambient RH.
- Figure 7: The cooling capacity of the IEC-H and DX unit and the ambient dry bulb temperature and RH.
- Figure 8: The power consumptions of the DX unit and the IEC-H unit and its components.

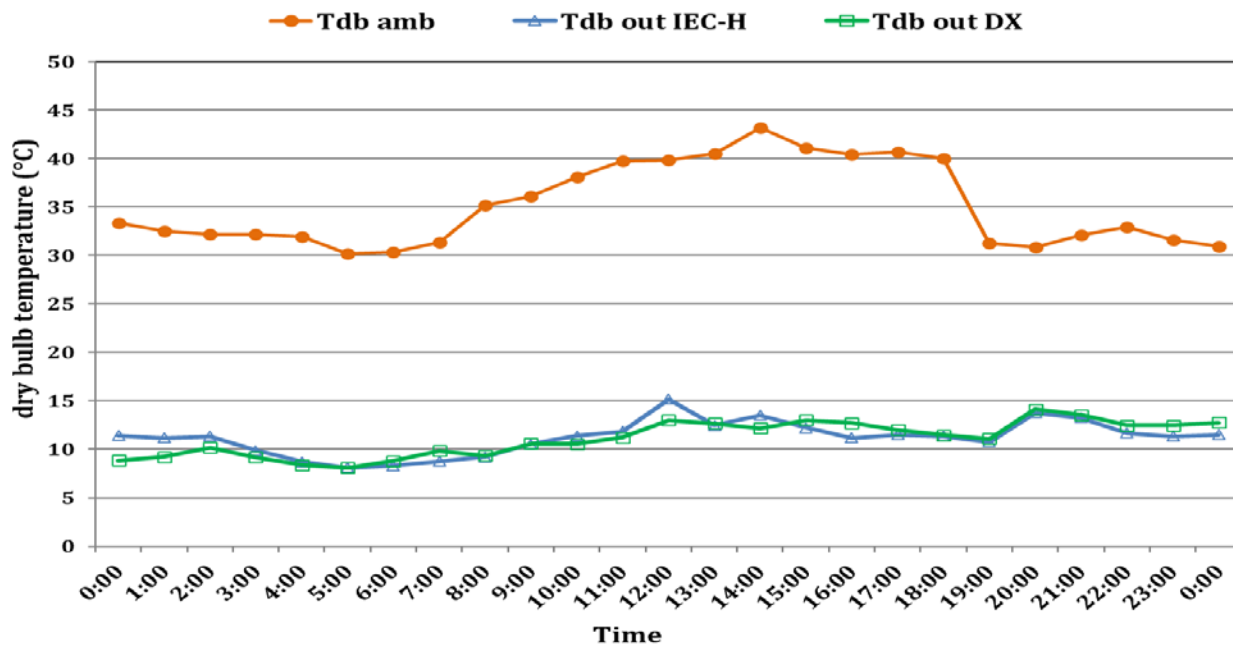


Fig. 5. Inlet Ambient Temperature Versus Outlet Temperature of IEC Hybrid and DX units OEM 2

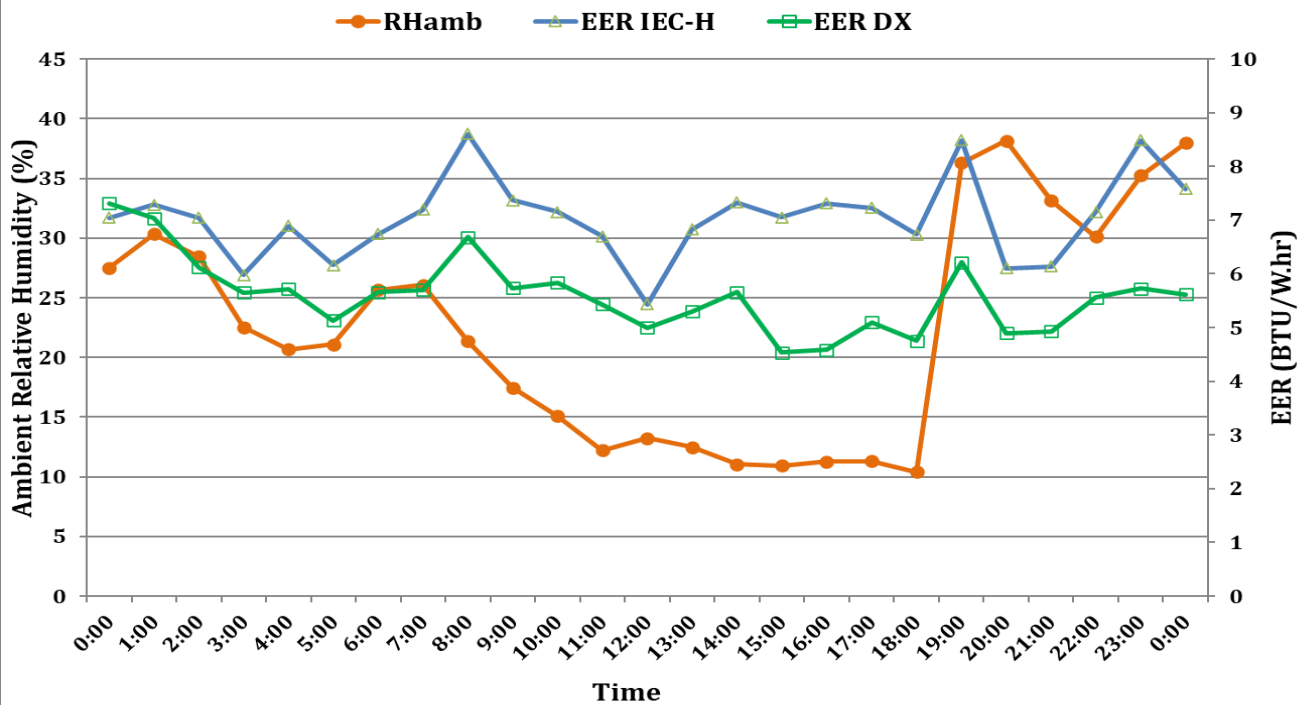


Fig. 6. EER for IEC Hybrid Unit & DX Unit Versus Ambient Relative Humidity- OEM2

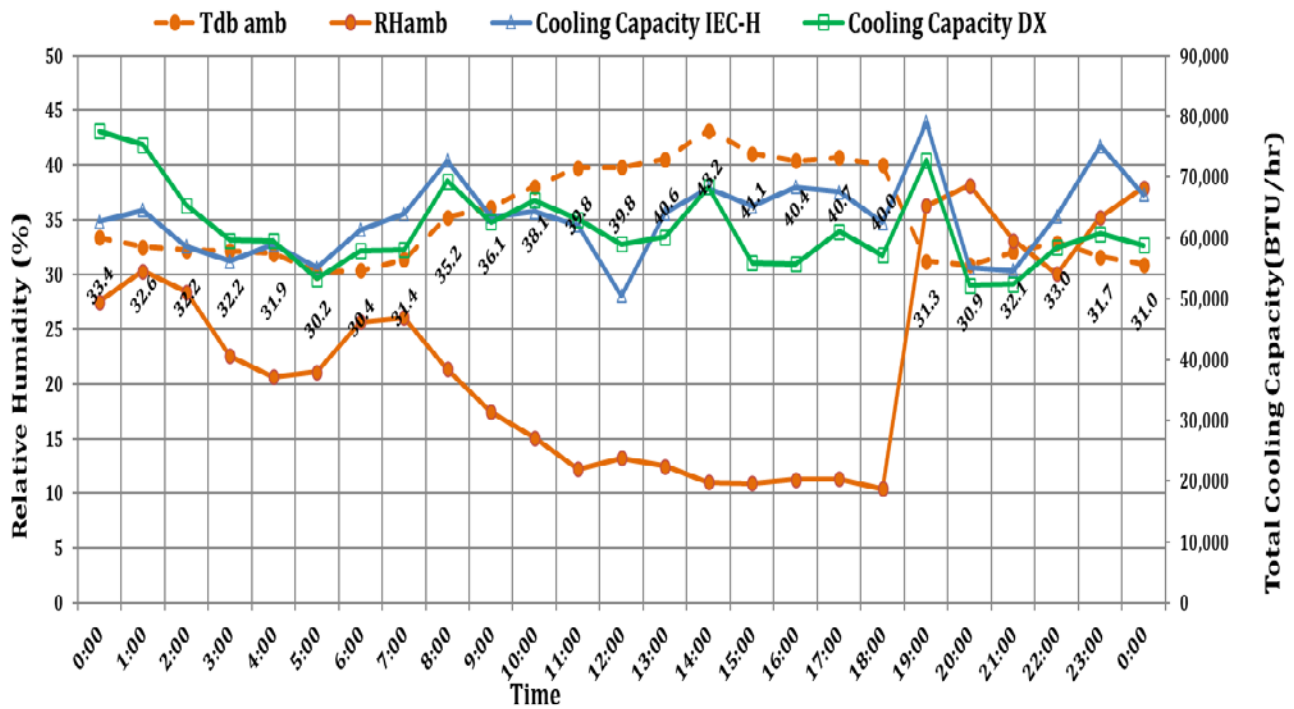


Fig. 7. Cooling Capacity for IEC Hybrid Unit & DX Unit Versus Ambient Conditions
OEM 2

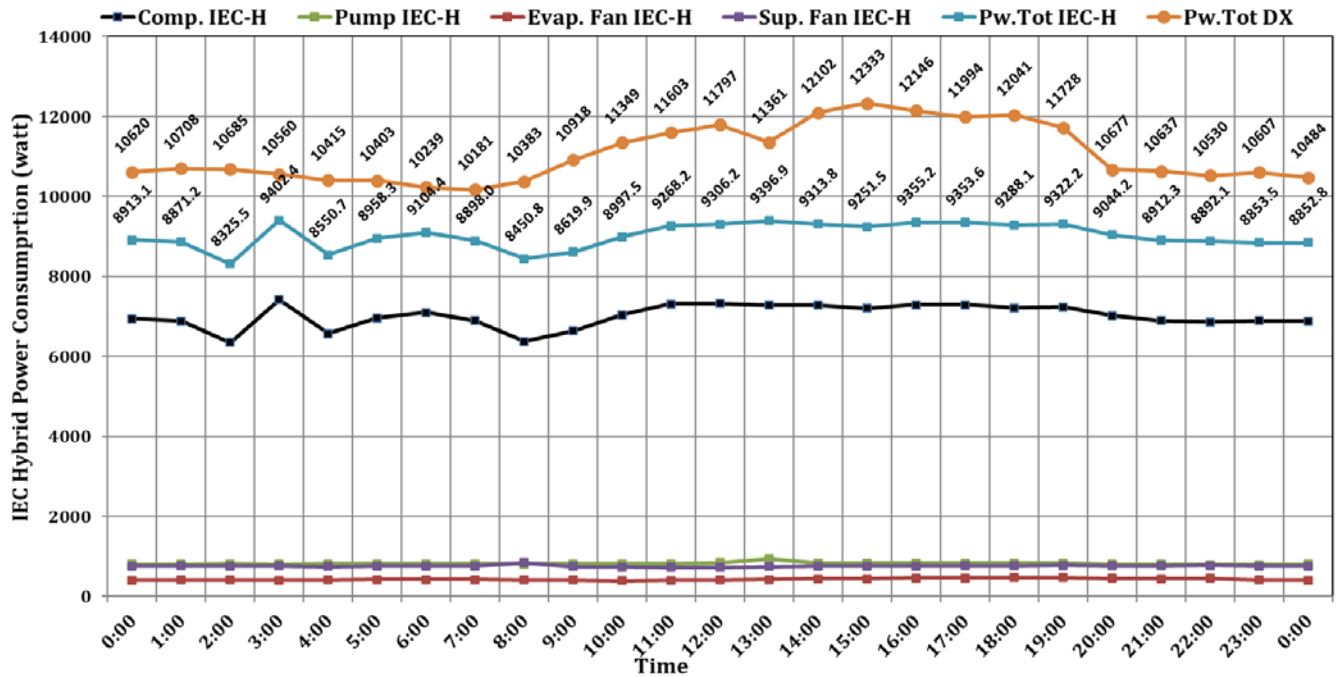


Fig. 8. Power Consumption of DX Unit and IEC Hybrid Unit Components
OEM 2

Table 5: High and Low readings for OEM2 at Climatic Zone 8

OEM 2, CZ 8				
High and Low Dry Bulb Temp. °C and Relative humidity				
H and I	T _{db out} IEC-H	T _{db out} DX	RH _{amb}	T _{db amb}
High	15.2	14.1	38.2	43.2
Low	8.3	8.1	10.4	30.2

3.3 OEM 6, Climatic Zone 8

Basic Information

Table 6: Basic Information for OEM 6 at Climatic Zone 8

Tested Units Name	DX (Direct Expansion Unit)		
	IEC Hybrid (Indirect Evaporative Cooling Hybrid Unit)		
OEM No.	6		
Refrigerant	R-32		
Air Flow Rate	1800 C.F.M for DX and IEC hybrid Units		
Capacity	DX	2	compressor
	IEC hybrid	1	compressors
Water Bath Area	(1308.3 ² -900.3 ²)		mm ²
Climatic Zone	8 (South Egypt)		
Altitude	196.07 meter (From Sea Level)		
Location	22°49' 02" N 31°28' 16" E		
Test Date	31-Aug-24		

The figures below show the following

For OEM 6 in CZ 8, across a whole day:

- Figure 9: The ambient dry bulb temperature and the outlet dry bulb temperatures of the IEC-H and the DX units.
- Figure 10: The EERs of both the IEC-H and the DX units and ambient RH.
- Figure 11: The cooling capacity of the IEC-H and DX unit and the ambient dry bulb temperature and RH.
- Figure 12: The power consumptions of the DX unit and the IEC-H unit and its components

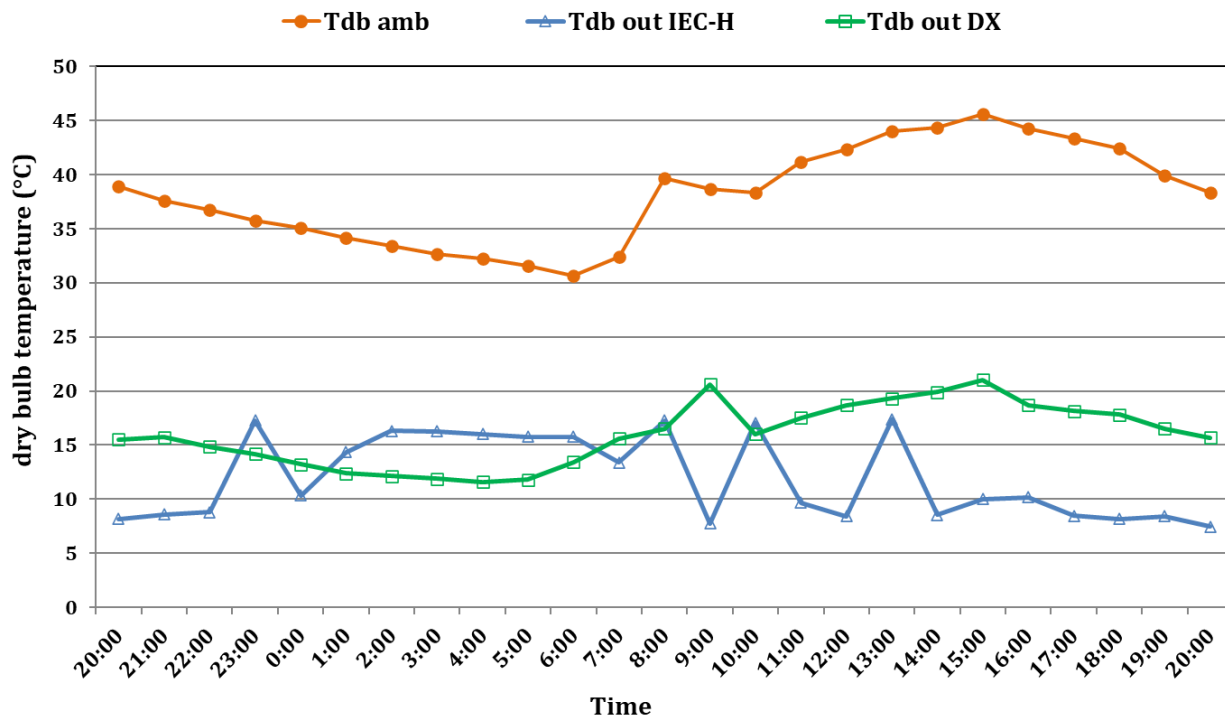


Fig. 9. Inlet Ambient Temperature Versus Outlet Temperature of IEC Hybrid and DX units- OEM 6 CZ 8

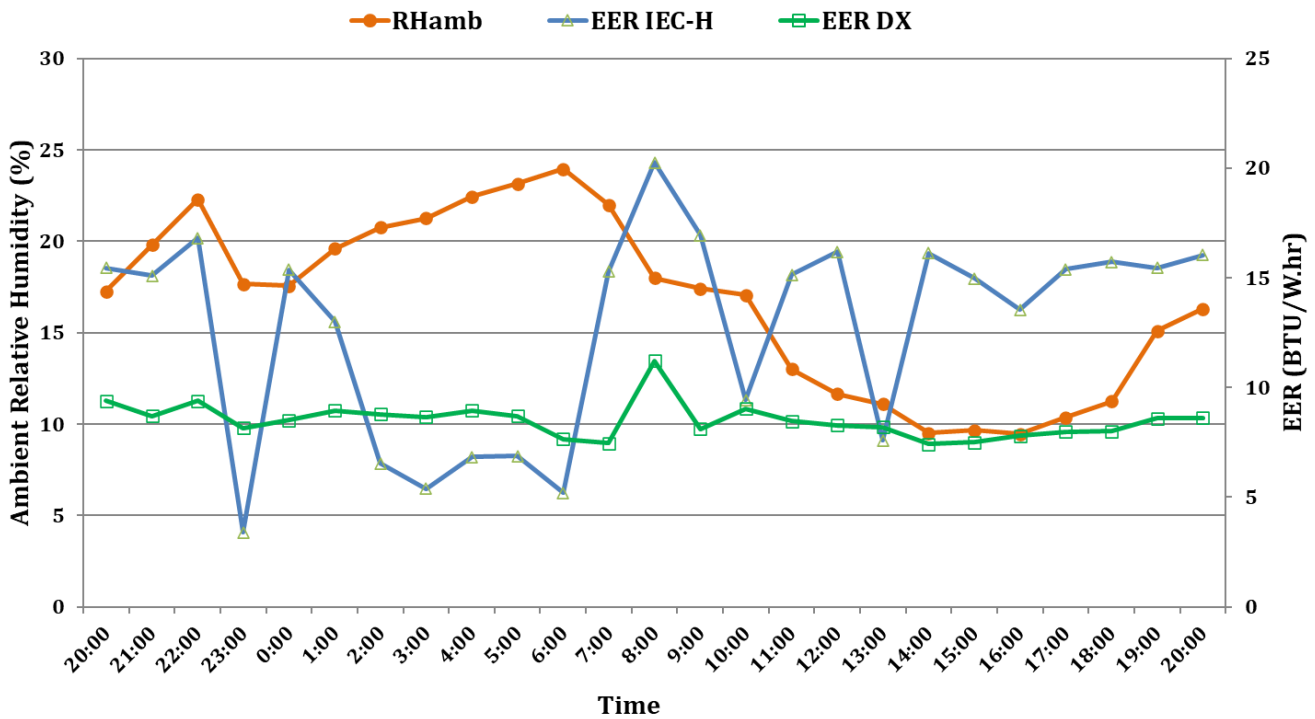


Fig. 10. EER for IEC Hybrid Unit & DX Unit Versus Ambient Relative Humidity OEM 6 CZ 8

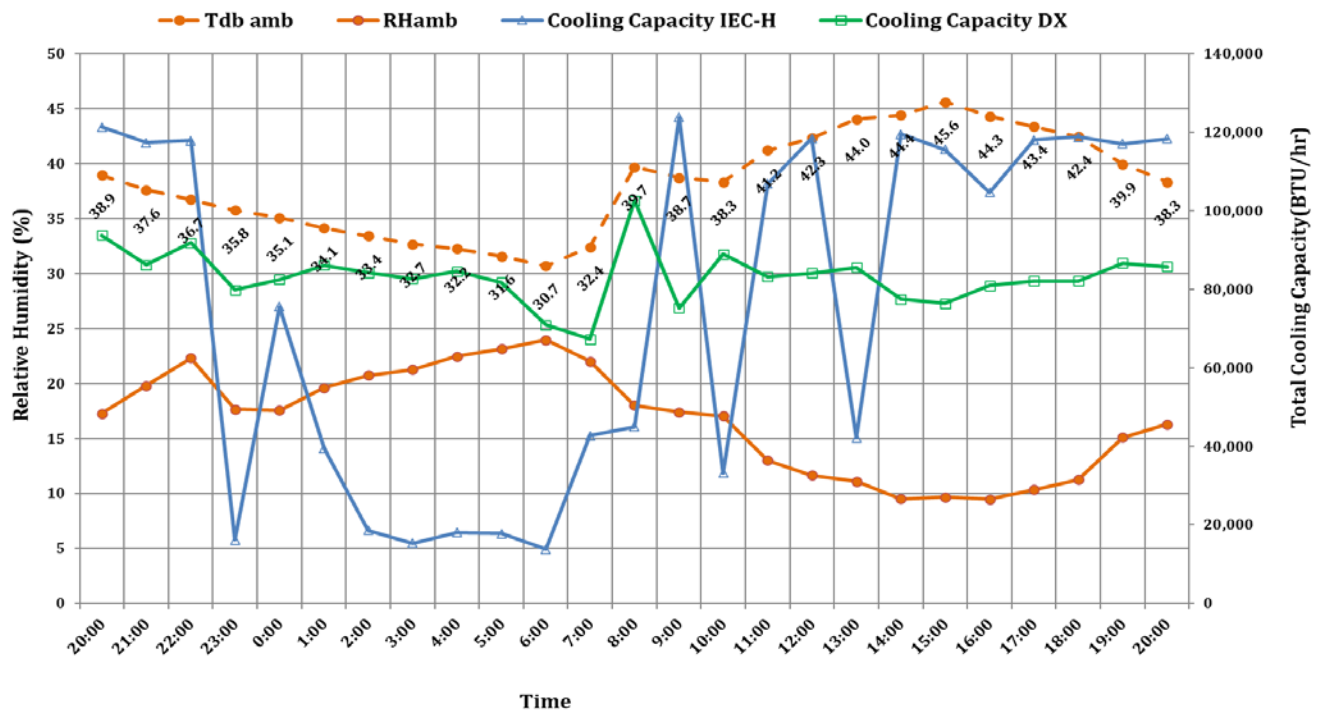


Fig. 11. Cooling Capacity for IEC Hybrid Unit & DX Unit Versus Ambient Conditions
OEM 6 CZ 8

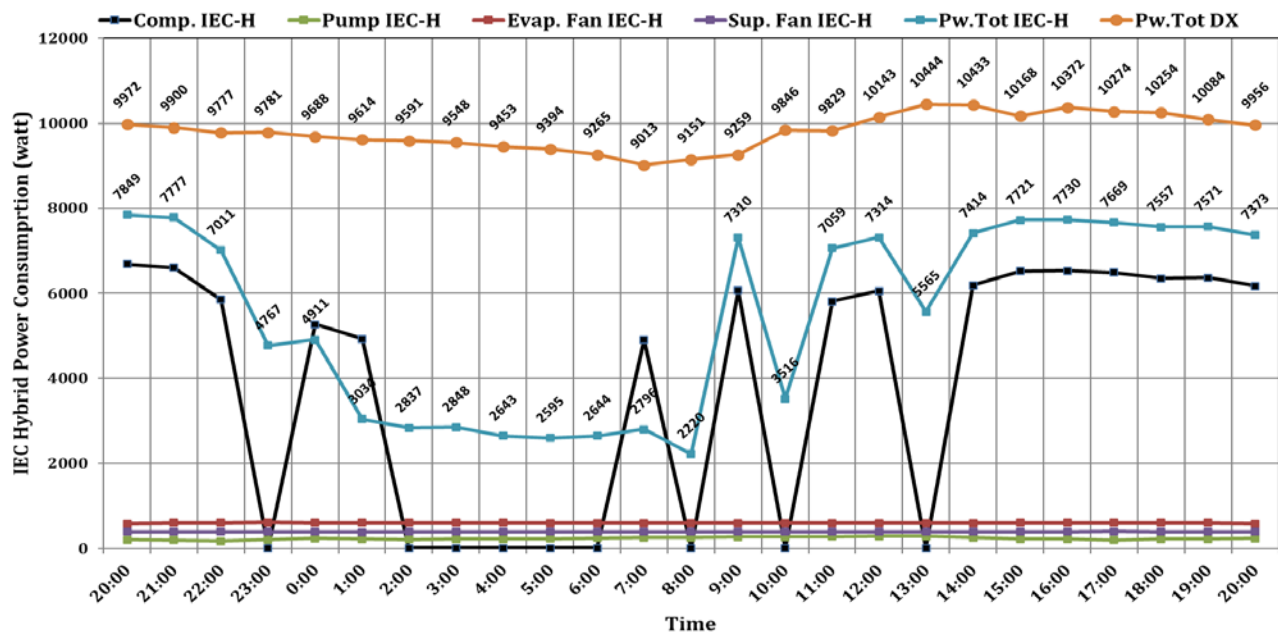


Fig. 12. Power Consumption of DX Unit and IEC Hybrid Unit Components
OEM 6 CZ 8

Table 7: High and Low readings for OEM 6 at Climatic Zone 8

OEM 6, CZ 8				
High and Low Dry Bulb Temp. °C and Relative humidity				
H and I	T _{db out} IEC-H	T _{db out} DX	RH _{amb}	T _{db amb}
High	17.4	17.8	24.0	45.6
Low	7.5	11.6	9.5	30.7

3.4 OEM 7, Climatic Zone 8

Basic Information

Table 8: Basic Information for OEM 7 at Climatic Zone 8

Tested Units Name	DX (Direct Expansion Unit)		
	IEC Hybrid (Indirect Evaporative Cooling Hybrid Unit)		
OEM No.	3		
Refrigerant	R-32		
Air Flow Rate	1320 C.F.M for DX and IEC hybrid Units		
Capacity	DX	1	compressor
	IEC hybrid	2	compressors
Water Bath Area	560X1020		mm2
Climatic Zone	8 (South Egypt)		
Altitude	196.07 meter (From Sea Level)		
Location	22°49' 02" N 31°28' 16" E		
Test Date	30-Aug-24		

The figures below show the following

For OEM 7 in CZ 8, across a whole day:

- Figure 13: The ambient dry bulb temperature and the outlet dry bulb temperatures of the IEC-Hand the DX units.
- Figure 14: The EERs of both the IEC-H and the DX units and ambient RH.
- Figure 15: The cooling capacity of the IEC-H and DX unit and the ambient dry bulb temperature and RH.
- Figure 16: The power consumptions of the DX unit and the IEC-H unit and its components

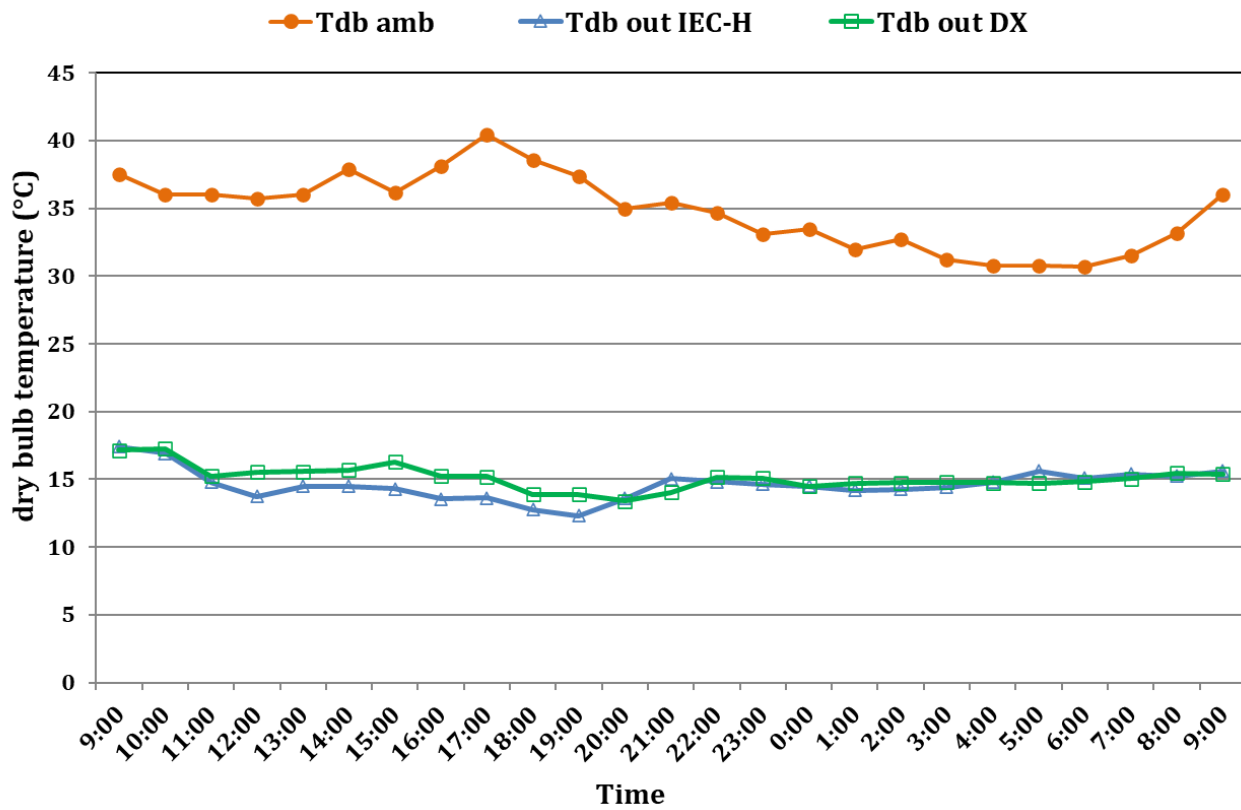


Fig. 13. Inlet Ambient Temperature Versus Outlet Temperature of IEC Hybrid and DX units, OEM 7 CZ 8

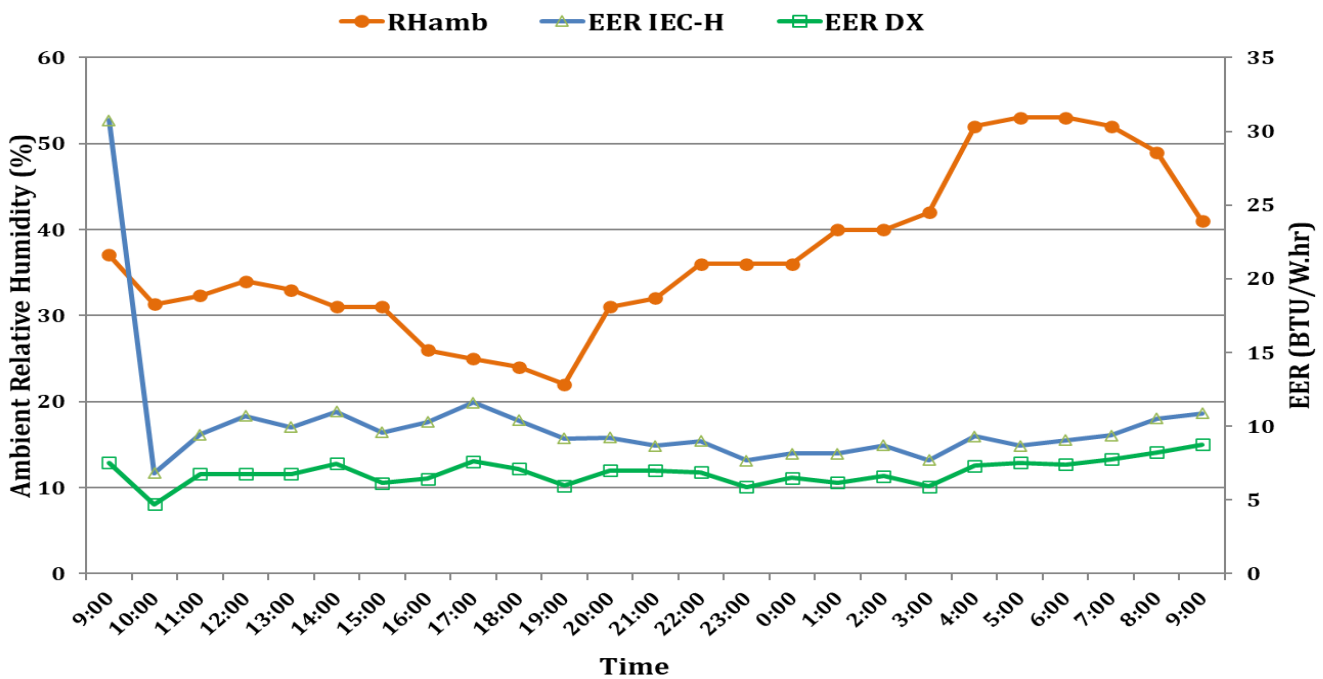


Fig. 14. EER for IEC Hybrid Unit & DX Unit Versus Ambient Relative Humidity, OEM 7 CZ 8

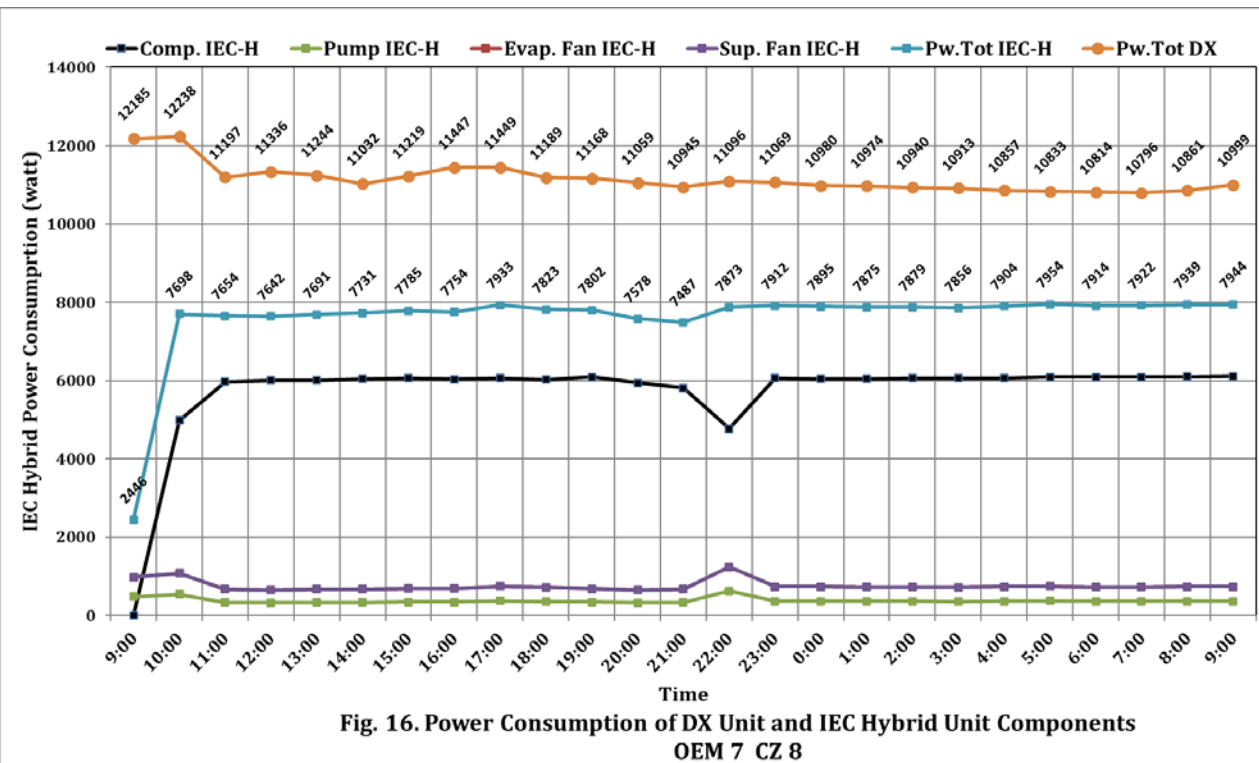
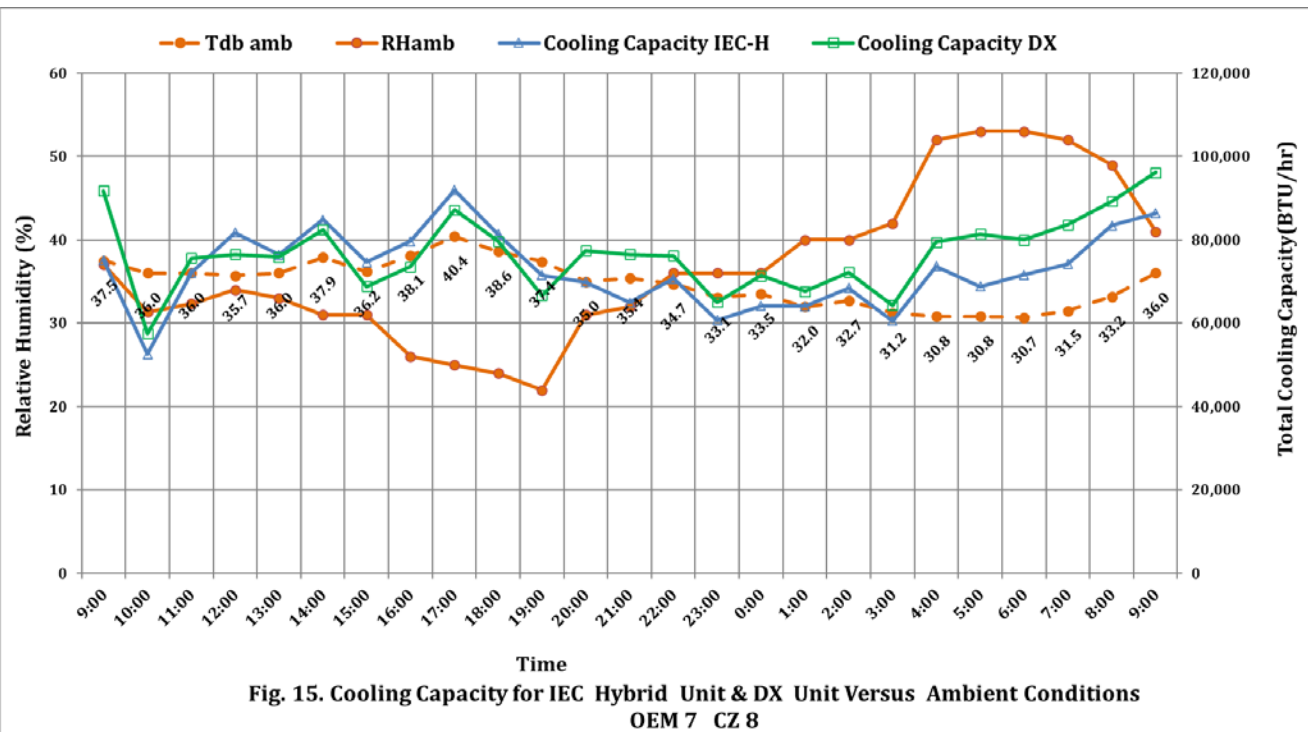


Table 9: High and Low readings for OEM 7 at Climatic Zone 8

OEM 7, CZ 8				
High and Low Dry Bulb Temp. °C and Relative humidity				
H and I	T _{db out} IEC-H	T _{db out} DX	RH _{amb}	T _{db amb}
High	17.4	17.3	49.0	40.4
Low	12.3	13.4	22.0	30.7

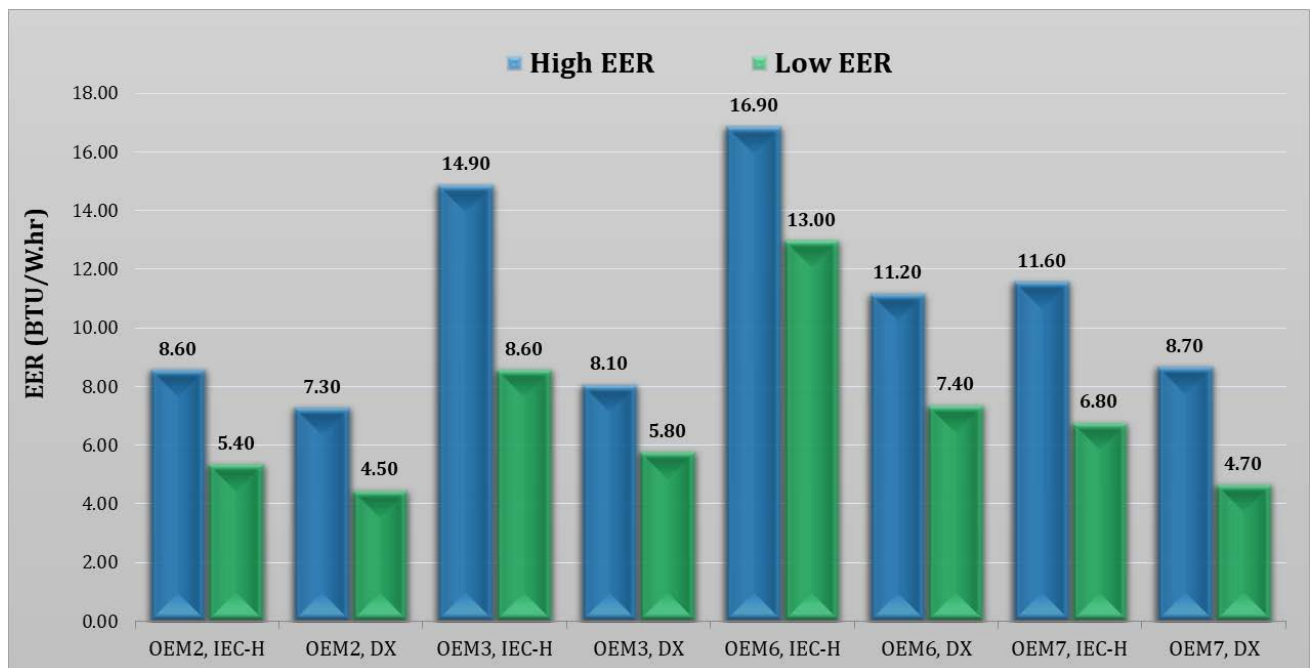
Chapter 4

The Final Results Analysis with Conclusion and Recommendation for Future Work

4.1 The Final Results Analysis

4.1.1 EER HIGH and LOW – CZ 8

Fig 17: High and Low EER (in BTU/W.hr) for Climatic Zone 8



4.1.2 CAPACITY HIGH and LOW – CZ 8

Fig 18: High and Low Cooling Capacity (in W) for Climatic Zone 8

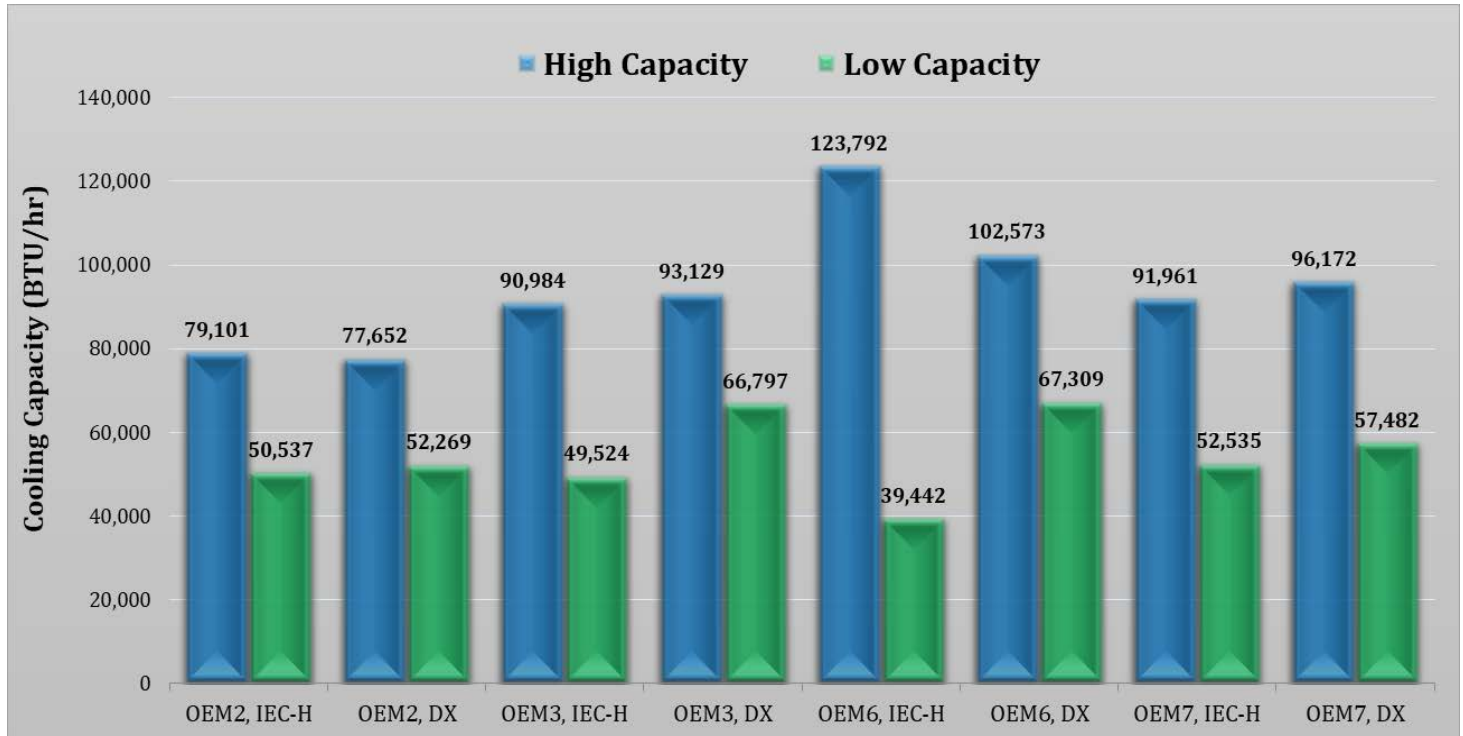


Table 10: High and Low EERs and Refrigeration capacity, all OEMs at Climatic Zone 8

EER			Capacities, W		
OEM #	High EER	Low EER	OEM #	High Capacity	Low Capacity
OEM2, IEC-H	8.60	5.40	OEM2, IEC-H	79,101	50,537
OEM2, DX	7.30	4.50	OEM2, DX	77,652	52,269
OEM3, IEC-H	14.90	8.60	OEM3, IEC-H	90,984	49,524
OEM3, DX	8.10	5.80	OEM3, DX	93,129	66,797
OEM6, IEC-H	16.90	13.00	OEM6, IEC-H	123,792	39,442
OEM6, DX	11.20	7.40	OEM6, DX	102,573	67,309
OEM7, IEC-H	11.60	6.80	OEM7, IEC-H	91,961	52,535
OEM7, DX	8.70	4.70	OEM7, DX	96,172	57,482

4.2 Conclusions

Due to the absence of local testing standard or guidelines for IEC applications, Eurovent Recommendation “Eurovent AISBL / IVZW / INPA. (2023). Eurovent 15/1 - 2023 — Hybrid Indirect Evaporative Cooling Equipment - Classification Requirements and Test Conditions. Brussels: Eurovent.” provided testing reference and quality review of the testing process. Eurovent recommendations are followed except for the points that contradicts with confidentiality agreement related to stating the name of the manufacturers or trade name. The analysis of the final results of all OEMs shows the following:

- All OEMs show EERs of the IEC-H prototypes that are superior to corresponding DX units.
- The IEC-H prototype and DX units compressor’s capacities are the same, 6 H.P at nominal conditions.
- Only one OEM used two compressors for its IEC-H prototype.

Table 11: Number of compressors, all OEMs at Climatic Zone 8

OEM	IEC-H	DX
3	One	Two
6	One	Two
7	One	Two
2	Two	Two

- The air discharge of both the IEC-H prototype and DX units for each OEM were the same.
- All OEMs used two compressors in their DX units.
- All OEMs used one compressor for their IEC-H prototypes, except OEM 2 whom used two compressors.
- The tests showed that the capacity of the IEC-H prototypes when compared to the capacity of their respective DX unit also varied considerably, depending on the prototype design and the ambient relative humidity.
- When the ambient relative humidity increased, the DX units tended to provide a better refrigeration capacity then corresponding IEC-H prototype.
- Except OEM 2, which used two compressors in its IEC-H prototype, higher refrigeration capacity was maintained even at high relative humidity ratios.

- Nevertheless, overall IEC-H refrigeration capacities at lower humidity periods, where higher than those of corresponding DX units.
- The report breaks new ground for NIK air conditioning technologies and provides an alternative full fresh air system for air conditioning application that exceeds the efficiency of existing DX systems.

4.3 Recommendation for Future Work

- Although, both final reports for CZ 2 & 5 (2022) and this report for CZ 8 (2024) are sufficient to write guidelines for a code for direct/indirect evaporative cooling for Egypt, the report recommends further work to provide a comprehensive formula to design IEC-H units in all Climatic Zones.
- There is a need for the industry to have a mathematical formula to predict the EERs and refrigeration capacities for IEC-H prototypes for the remaining five climatic zones of Egypt where tests were not performed in these locations.
- This formula once made, needs substantiation and proofing in the other Climatic Zones of Egypt where tests were not performed, through site tests.
- Therefore, future work would need to be made by OEMs to test IEC-H prototypes in these Climatic Zones and compare results with those obtained by the mathematical formula made in order to refine prediction on the design needed for IEC-H units in any of Egypt's climatic Zones.
- Only then can a definitive Direct/Indirect Evaporative Cooling Code be written which will help greatly in achieving energy efficiency for the industry and promote using lower GWP refrigerants.

Chapter 5

Reporting on the Advocacy and Outreach Campaign 3 November 2024

INTRODUCTION

Outreach marketing campaign helped in the enforcement of **Transformation of Commercial Air Conditioning Companies in EGYPT** by promoting and publishing the results of the technical study to stakeholders. The report of this outreach campaign are to be made available to all stakeholders. The outreach campaign was held on 3rd November 2024, at the auditorium of HBRC.

OUTREACH PLAN GOAL

The outreach marketing campaign had been targeting the following:

- ✓ Build awareness of the Phase-out Management Plan (HPMP).
- ✓ Promote and enhance transformation of commercial HVAC manufacturers in Egypt.
- ✓ Generate leads for the alternative refrigerants code and the forthcoming guidelines of direct/indirect evaporative cooling code.
- ✓ Effect collaborations between OEMs.

The objective of the outreach campaign is to disseminate the experience gained during testing the IEC-H prototypes and DX units in the additional Climatic Zones 8. The main discussions were on the results of the testing of IEC-H and DX units of all OEMs.

TARGET STAKEHOLDERS ATTENDING THE OUTREACH CAMPAIGN

The list of individuals/other entities having a role in the development and implementation of the Plan. The following are the stakeholder groups that were targeted in the outreach campaign:

1- The Ministry of Electricity

2- Organization of Specifications and Standards
3- Municipalities
4- All OEMs that were included in the program
5- Local Government Agency Officials and Department Heads
6- Public Sector HVAC Project Planners
7- Local Chapters of Regional/National Associations
8- Local Environmental Organizations
9- Local HVAC Organizations and Interest Groups
10- HVAC Companies
11- Developers
12- The General Public
13- Others interested parties

Question raised after the presentation

About 30 to 35 persons attended the 4 hours Outreach campaign. The following are the most important questions and answers made during the campaign:

- I. Question by Eng Mohamed Mansour on humidity ratios and relative humidity of the ambient air:
 - a. Dr Olama answered on the measurement of humidities made and their relations with the two storms encountered during testing that increased dramatically humidity in the area.
- II. Question posed by Eng. Abdel Sallam Mahrous, consulting engineer on which of the OEMs exhibited the best EERs.
 - a. Dr Olama replied that one of the cornerstones of the program is not to provide data for the purpose of determining which is the best performing prototypes or DX units. This is why the OEMs are listed by a numbering code and not by their names.
- III. Question posed by Eng. Maarouf, consultant engineer, asking if the IEC-H units, when produced on a regular basis, would their maintenance will be higher or lower than that of DX units?
 - a. Dr Olama answered that because of the higher costs of maintaining evaporation pads, IEC-H maintenance are higher than that of DX units.

- IV. Comment posed by Dr. Ezzat Lewis (the head of the Egyptian NOU)
 - a. Dr. Ezzat, explained clearly the different roles of the UN agencies and bodies. He talked about the future funding for programs for Egypt and the mechanisms of replenishment for individual nations.
- V. Question asked by Eng. Hassan el Mogi, chairman of the consulting firm El-AMAAAR, when will the IEC-H specification code be ready to be used by consulting engineers?
 - a. Reply: first guidelines on IEC evaporative cooling will first be written as a guidance for a forthcoming code, then a complete code will be written when the third testing program is made and all Climatic Zones in Egypt are covered.
- VI. An engineer (he has not given his name) inquired if there a plan to produce a code and then legislate the usage of IEC-H for the different eight climatic zones of Egypt?
 - a. Reply: Dr Olama replied that we hope there will be a future phase in the program that will allow OEMs and all practitioners in HVAC to use a formula to predict the size of the compressors and the basic design parameters of IEC-H units for all eight Climatic Zones of Egypt. Binding legislation can then be enacted given the assured ability to predict the performance of IEC-H units in all Climatic Zones and thus provide a proven energy efficient system of cooling for the country utilizing lower GWR refrigerants and HC refrigerants.

Dr Alaa Olama.

