

Varmepumper og de nye regler for anlægstyper og kølemidler

Danvak Dagen, 12. April, 2023

Asbjørn Vonsild, Vonsild Consulting ApS

vonsild@vonsild-consulting.com

Introduktion af Asbjørn



Asbjørn Vonsild
Vonsild Consulting ApS
E-mail: Vonsild@Vonsild-consulting.com
Telefon: +45 2372 5559

Speciale:

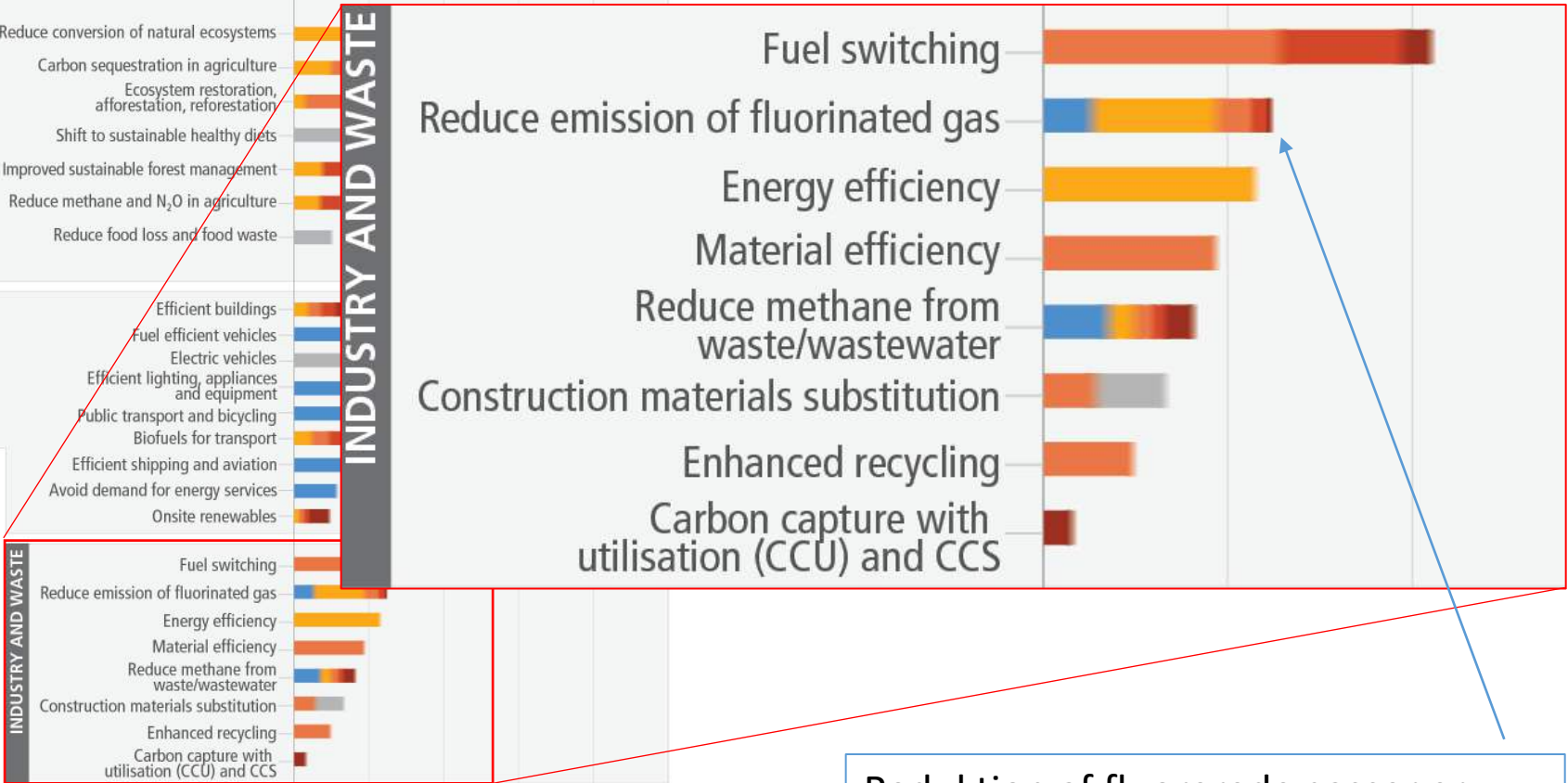
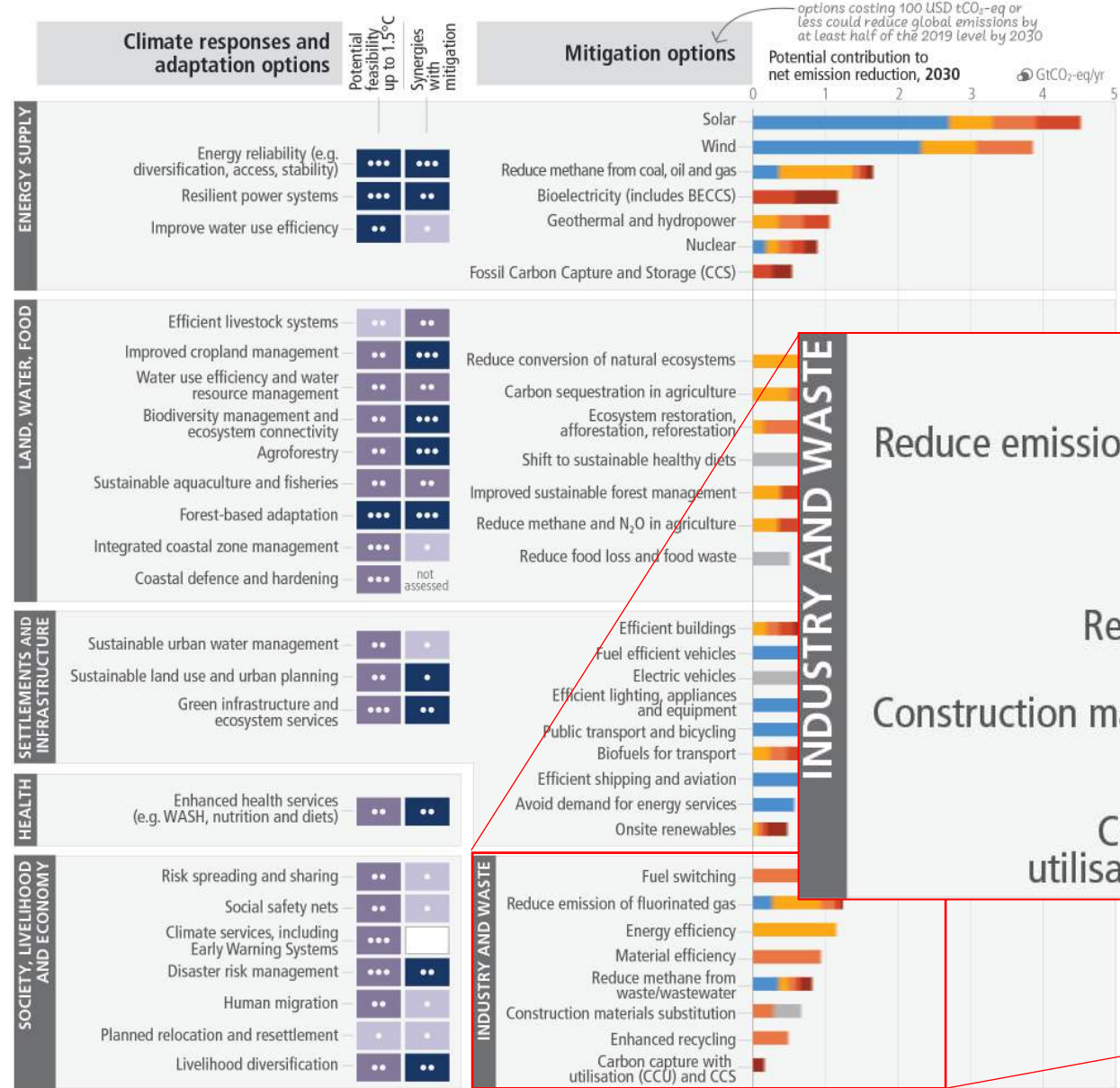
- Standarder og lovgivning indenfor **køle-**, **klima-** og **varmepumpeanlæg**.
- Brandbare kølemidler.

Eksterne roller:

- Formand for **IEC/TC61D/SC61D**, styregruppen for **IEC 60335-2-40**.
- Medlem af **CEN/TC182/WG6** og **CEN/TC182**, arbejdsgruppen og styregruppen for **EN 378**.
- Medlem af **ISO/TC86/SC1/WG1** og **ISO/TC86/SC1**, arbejdsgruppen og styregruppen for **ISO 5149**.
- Formand for den danske spejlkomite for standarder til store kølesystemer (**s251**).
- Medlem af den danske spejlkomite for standarder til elektrisk apparater herunder mindre kølesystemer (**s561**).
- Medlem af **RTOC (Refrigerant Technical Options Committee)**, teknisk rådgivningsgruppe for Montreal Protokollen, og hovedforfatter på kapitlet om kølemiddelegenskaber.

There are multiple opportunities for scaling up climate action

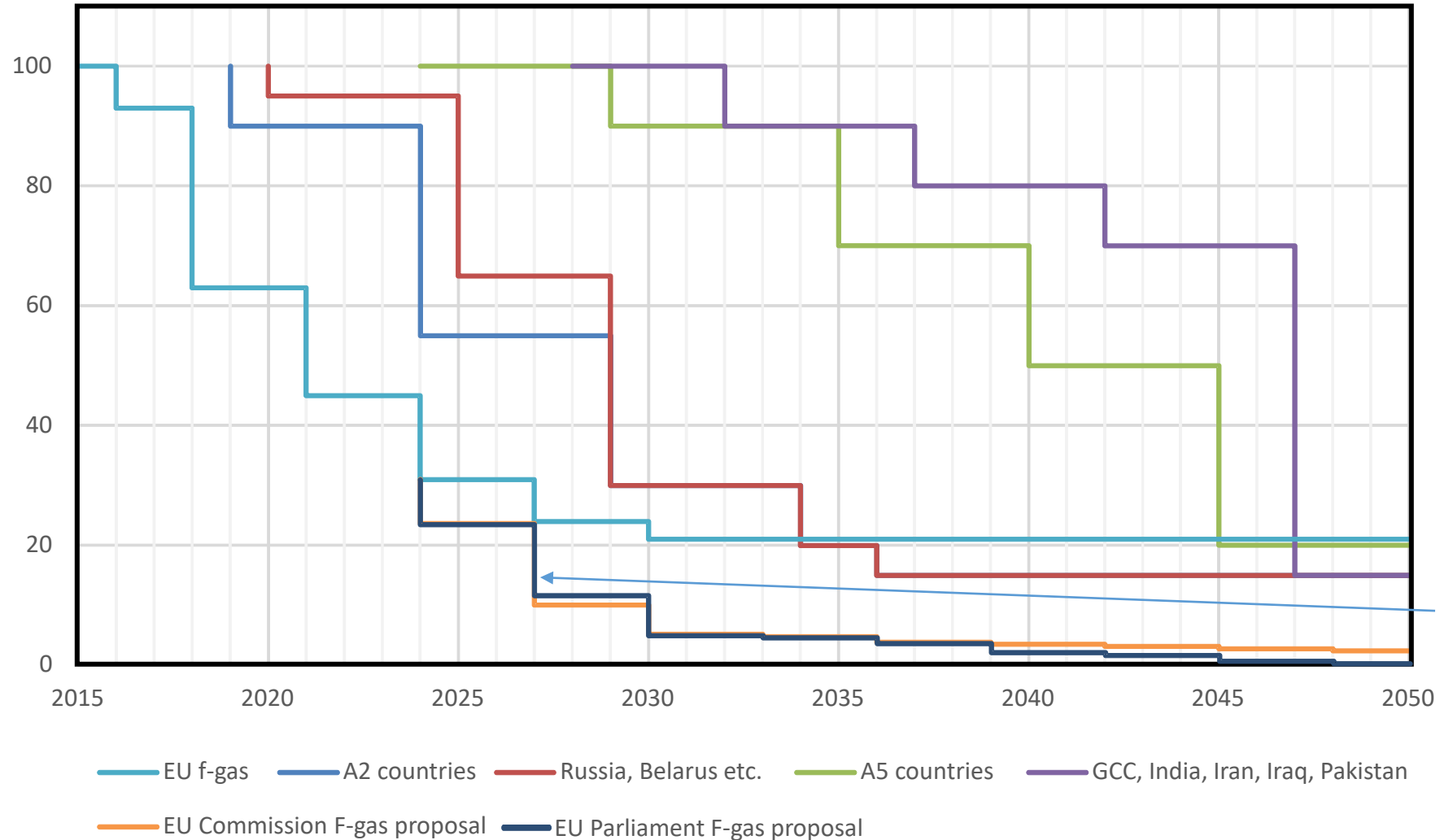
a) Feasibility of climate responses and adaptation, and potential of mitigation options in the near-term



Reduktion af fluorerede gasser er vigtigere end f.eks. el-biler og A-kraft!

Global nedfasning af HFC

EU F-Gas forordningen og Montreal protokollen med Kigali aftalen



Man kan importere HFC i fabriksfyldte systemer baseret på autorisationer fra tidligere år

Nedfasning er i CO₂ ækvivalenter

Eksempel:

Med 1000 tCO₂e (ton CO₂ ækvivalenter) kvoter kan man:

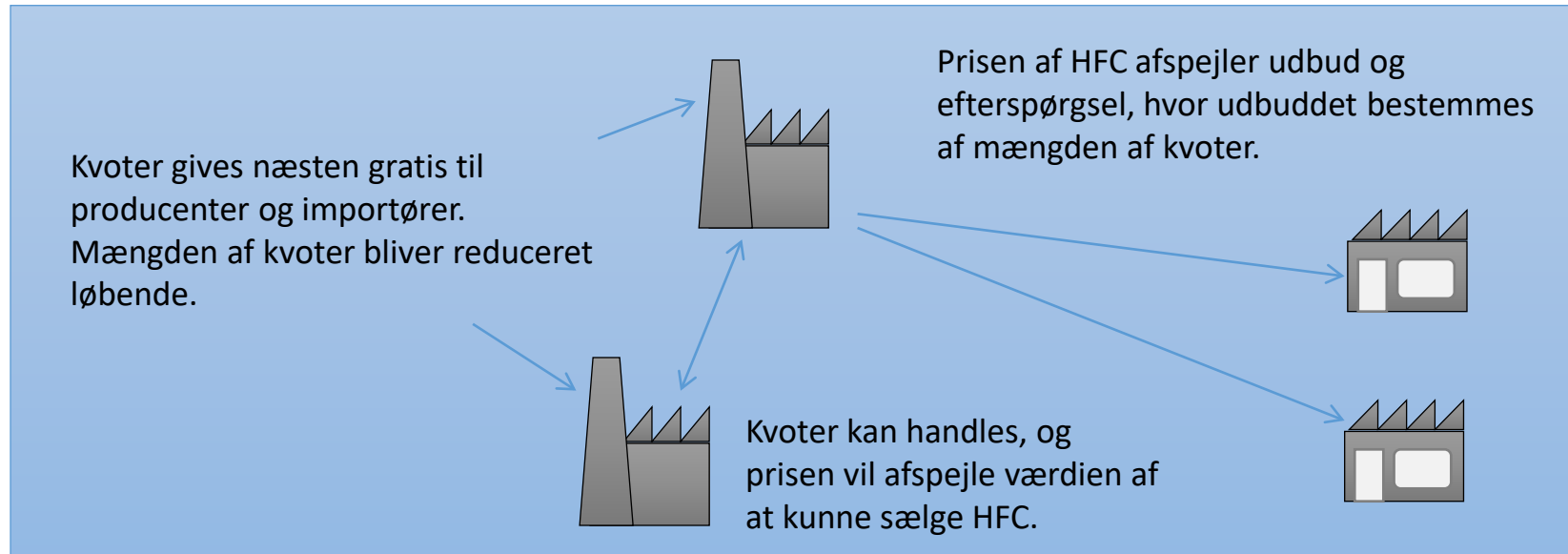
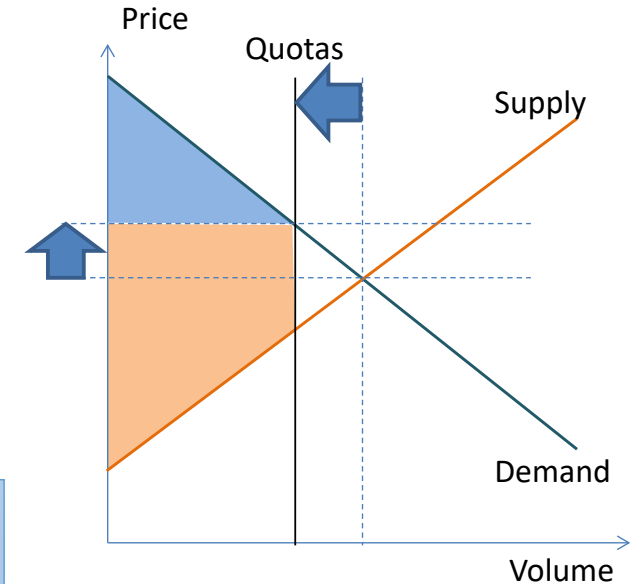
- R-410A har GWP 2087,5. Man kan importere $1000/2087,5 = 0,479$ ton.
- R-32 har GWP 675. Man, kan importere $1000/675 = 1,481$ ton.

Antallet af kvoter

- Antal kvoter i 2015 var 183.1 millioner tCO₂e
- Antal kvoter i 2023 er ca. 82 millioner tCO₂e
- I 2024-26 er planen pt. ca. 56 millioner tCO₂e, men forslagene foreslår 41.4 millioner tCO₂e

Kvotesystemet -> Prisstigning på HFC

- Nedfasningen styres med et kvotesystem
- Kvotesystemet giver faldende udbud af HFC
- Med mindre efterspørgslen falder lige så hurtigt (og hvorfor skulle den det), vil prisen stige



GWP værdier stiger!?

- GWP værdier er steget med 10-20% siden AR4
- EU F-Gas Forordningen har forbud ved GWP = 150, 750, 1500 and 2500
- Flere kølemidler har passeret disse grænser: R-152a, R-32, R-134a, R-449A, R-452B, R-455A
- MEN det ændre ikke noget, for F-Gas Forordningen er baseret på AR4
- **Hvis GWP værdierne i F-Gas Forordningen skulle opdateres f.eks. til AR6, så ville GWP grænserne også blive opdateret!**

	EU F-Gas (AR4)	AR5	WMO 2018	AR6	WMO 2022
R-32	675	677	704	771	749
R-125	3500	3170	3450	3740	3820
R-134a	1430	1300	1360	1530	1470
R-143a	4470	4800	5080	5810	5900
R-152a	124	138	148	164	153
R-1233zd(E)	4,5	1	1	0,454	4
R-1234yf	4	<1	<1	0,501	<1
R-1234ze(E)	7	<1	<1	1,37	1
R-404A	3921,6	3942,8	4214	4728	4808
R-407C	1773,85	1624,21	1731,85	1907,93	1892
R-407F	1824,5	1674,1	1790,5	1965,3	1959
R-410A	2087,5	1923,5	2077,5	2255,5	2285
R-448A	1387,09	1273,49	1366,17	1494,356	1497
R-449A	1397,047	1281,854	1373,238	1504,47	1504
R-452A	2140,45	1945,07	2113,35	2291,56	2336
R-452B	698,29	675,75	714,11	778,5003	7769
R-452C	2220,435	2018,59	2192,89	2377,908	2424
R-454A	238,85	237,6	247,4	270,1757	263
R-455A	148,175	146,34	152,36	166,1733	162
R-507A	3985	3985	4265	4775	4860
R-513A	631,44	572,56	598,96	673,4806	647

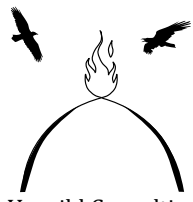
Figure: GWP værdier over tid

GWP værdier stiger!?

- GWP værdier er steget med 10-20% siden AR4
- EU F-Gas Forordningen har forbud ved GWP = 150, 750, 1500 and 2500
- Flere kølemidler har passeret disse grænser: R-152a, R-32, R-134a, R-449A, R-452B, R-455A
- MEN det ændre ikke noget, for F-Gas Forordningen er baseret på AR4
- **Hvis GWP værdierne i F-Gas Forordningen skulle opdateres f.eks. til AR6, så ville GWP grænserne også blive opdateret!**

	EU F-Gas (AR4)	AR5	WMO 2018	AR6	WMO 2022
R-32	675	677	704	771	749
R-125	3500	3170	3450	3740	3820
R-134a	1430	1300	1360	1530	1470
R-143a	4470	4800	5080	5810	5900
R-152a	124	138	148	164	153
R-1233zd(E)	4,5	1	1	0,454	4
R-1234yf	4	<1	<1	0,501	<1
R-1234ze(E)	7	<1	<1	1,37	1
R-404A	3921,6	3942,8	4214	4728	4808
R-407C	1773,85	1624,21	1731,85	1907,93	1892
R-407F	1824,5	1674,1	1790,5	1965,3	1959
R-410A	2087,5	1923,5	2077,5	2255,5	2285
R-448A	1387,09	1273,49	1366,17	1494,356	1497
R-449A	1397,047	1281,854	1373,238	1504,47	1504
R-452A	2140,45	1945,07	2113,35	2291,56	2336
R-452B	698,29	675,75	714,11	778,5003	7769
R-452C	2220,435	2018,59	2192,89	2377,908	2424
R-454A	238,85	237,6	247,4	270,1757	263
R-455A	148,175	146,34	152,36	166,1733	162
R-507A	3985	3985	4265	4775	4860
R-513A	631,44	572,56	598,96	673,4806	647

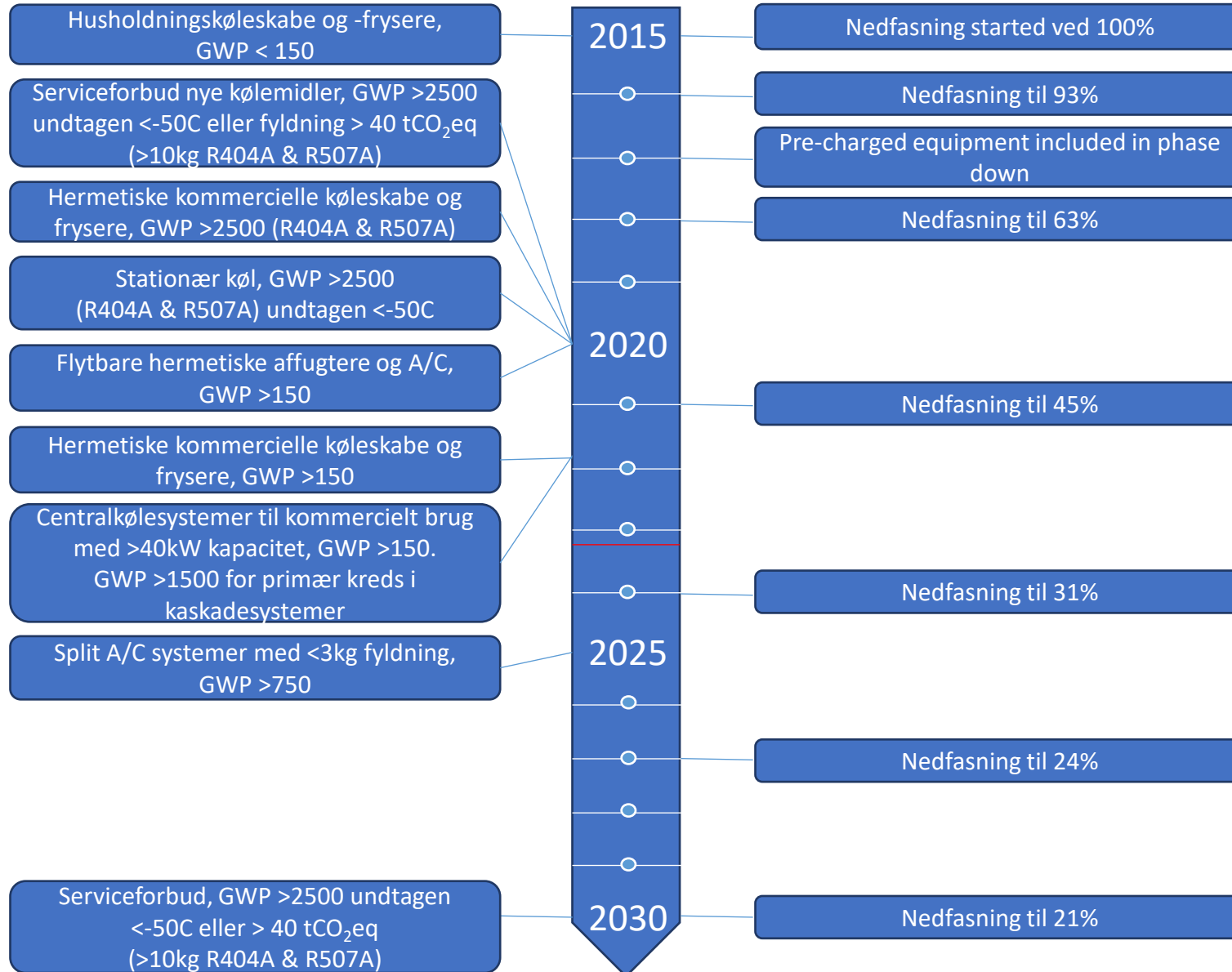
Figure: GWP værdier over tid



Vonsild Consulting

EU F-gas forbud - nuværende

Bans



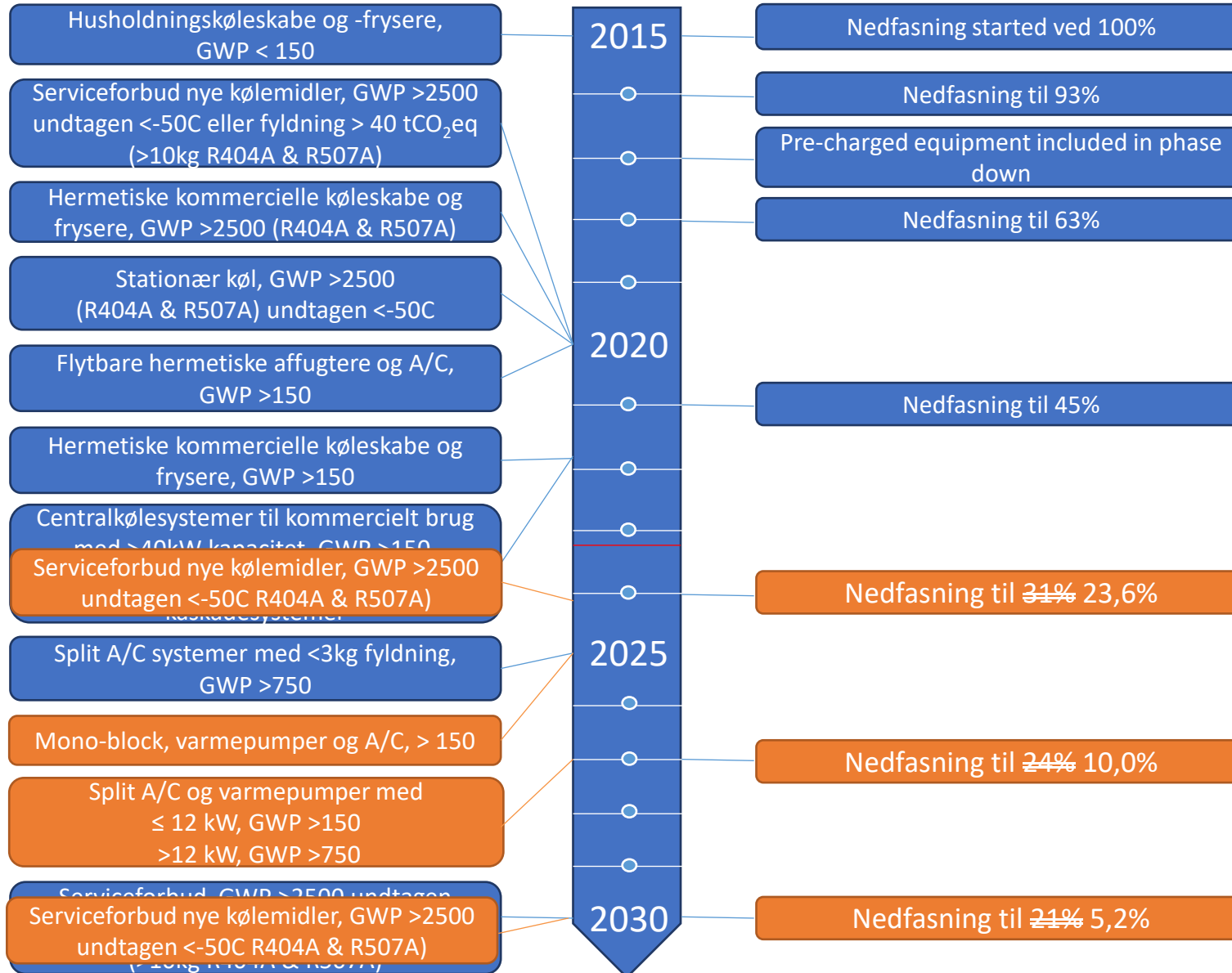
Phase down

EU F-gas Forordningen bruger et kvotesystem til nedfasning af HFC produktion og import.

Nedfasningen er kombineret med en række forbud, primært på nye anlæg.

EU Kommissionens forslag

Bans



Phase down

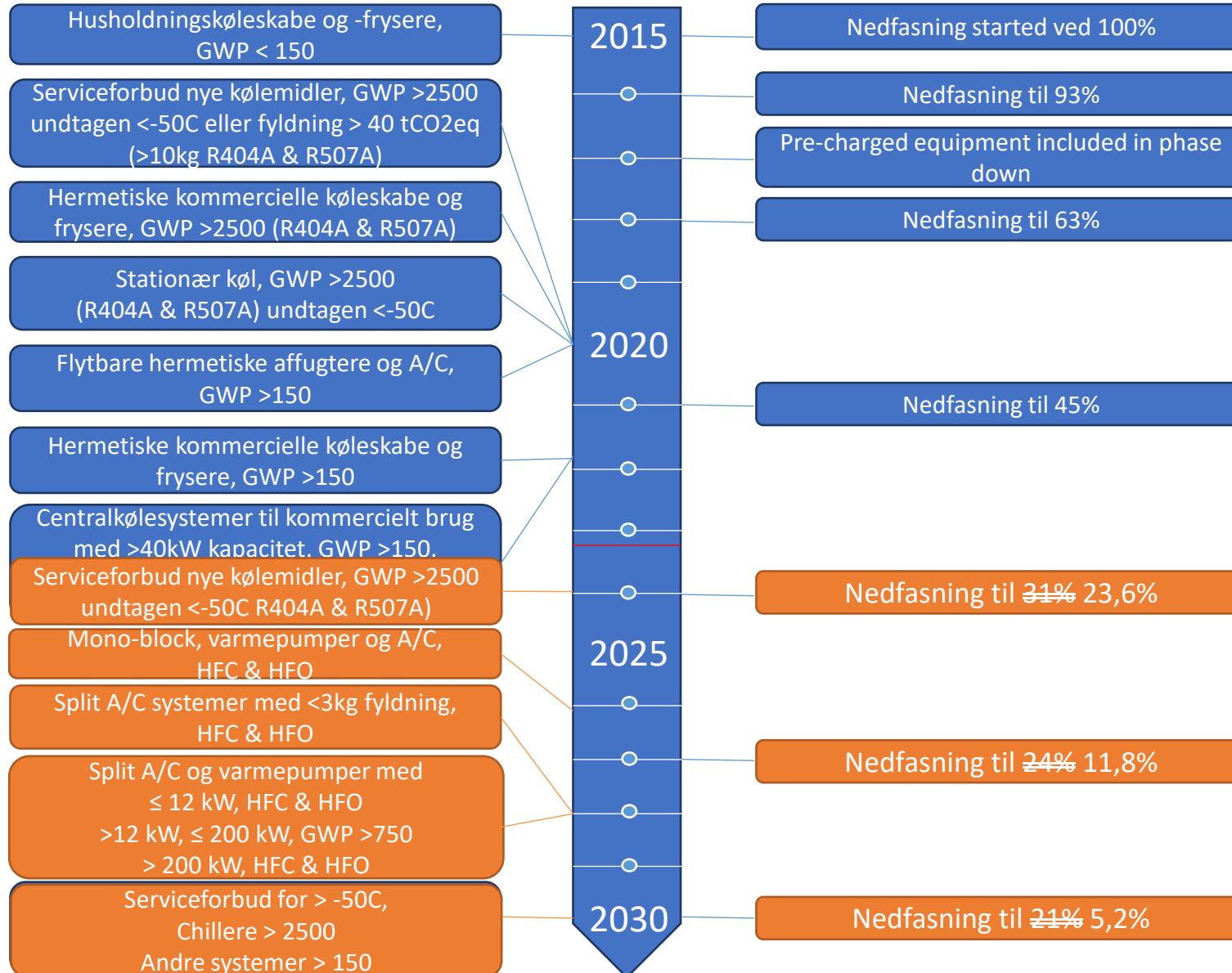
The EU F-gas Forordningen bruger et kvotesystem til nedfasning af HFC produktion og import.

Nedfasningen er kombineret med en række forbud, primært på nye anlæg.

EU Parlamentets forslag

Bans

Mange flere forbud end der er plads til på en slide!



Phase down

Forslaget inkluderer forbud imod **alt HFC og HFO** i mange typer anlæg!

Nye kølemidler

Year	Refrigerant
2008	434A, 435A, 510A, 436A, 436B, 437A.
2009	1234yf, 433B, 433C, 438A.
2010	407F, 417B.
2011	439A, 440A, 441A, 1234ze(E), 511A.
2012	512A, 442A, 443A.
2013	444A, 417C, 445A, 419B, 422E.
2014	1233zd(E), 446A, 447A, 448A, 449A, 450A, 444B.
2015	451A, 451B, 513A, 452A, 453A, 1336mzz(Z), 449B, 454A, 454B.
2016	407G, 455A, 513B, 454C, 449C, 1130(E), 514A, 515A, 447B, 452B, 456A, 457A, 452C, 458A.
2017	459A, 459B, 460A, 460B, 407H, 461A, 516A, 1224yd(Z), 462A, 1132a.
2018	463A, 460C, 464A, 407I, 465A, 436C.
2019	1336mzz(E), 131I, 427B, 466A, 467A, 468A, 469A, 470A, 515B.
2020	470B, 471A, 472A, 457B.
2021	473A, 448B, 427C, 475A, 472B, 468B, 468C.
2022	457C, 474A, 476A, 477A, 477B.
2023	457D, 478A, 479A, (475B, 480A, 481A, 482A, 483A, 484A, og 485A kommer snart).

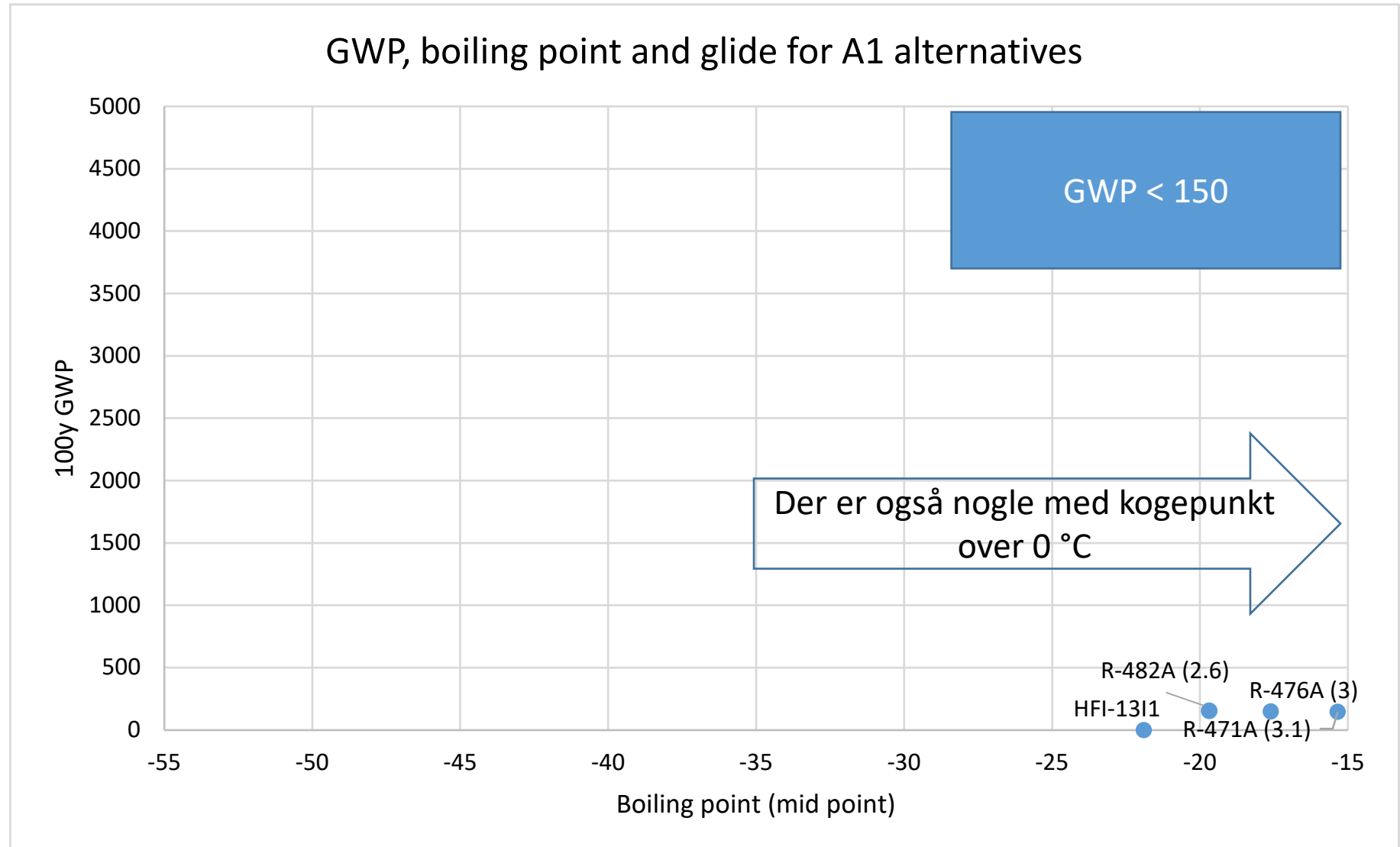
Key:

- A1 B1
- A2L
- A2 B2
- A3

Total:
106

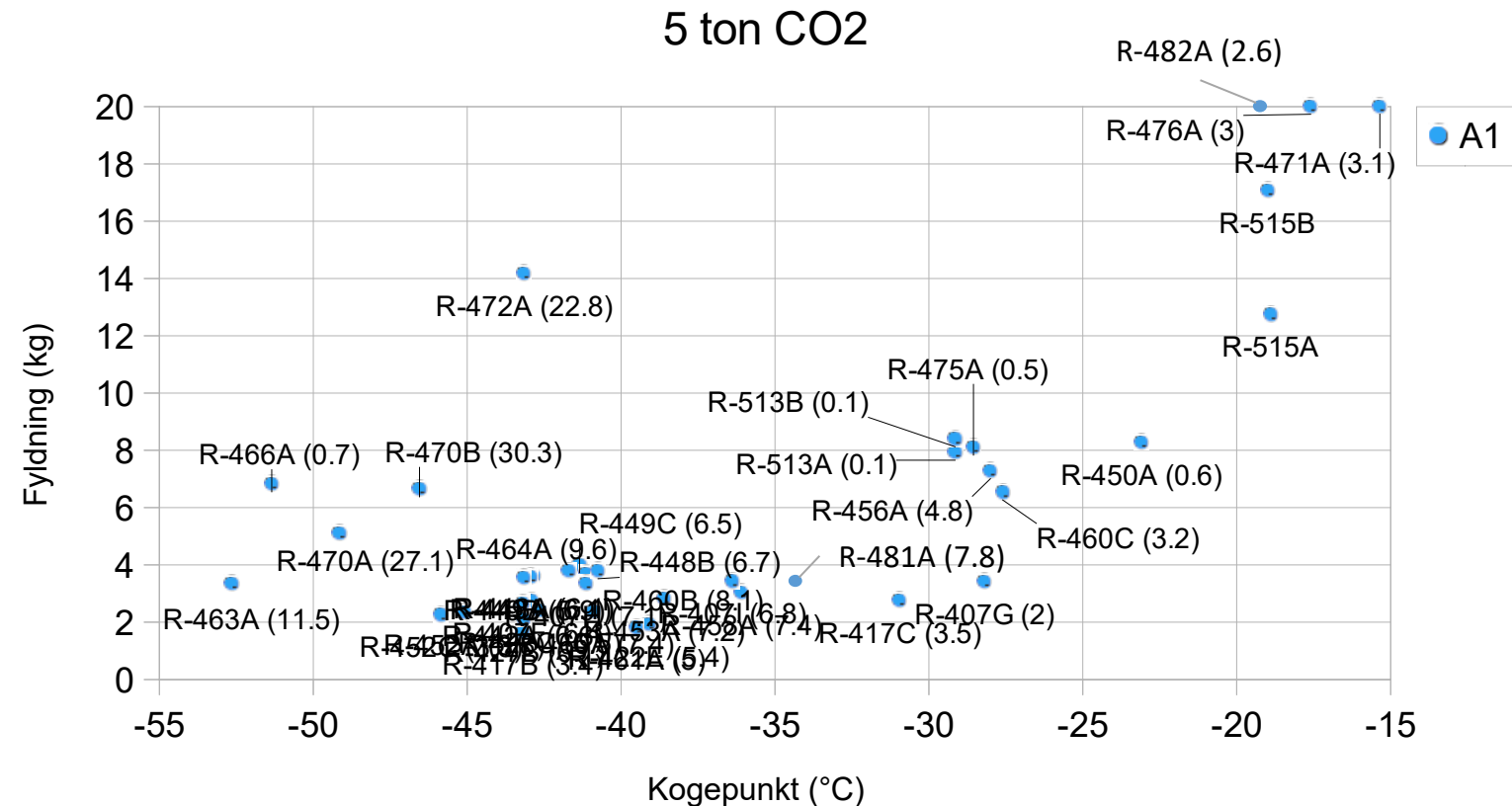
Nye ikke brændbare kølemidler siden 2010

- Hver prik er et kølemiddel
- Glide er angivet i parentes
- Der er næsten ingen ikke brændbare kølemidler med GWP < 150
- HFI-13I1 kan ikke bruges rent (kemisk ustabil)
- R-744 (CO₂) er et kendt kølemiddel (men kun nye er vist her).
- 482A fra Honeywell kommer snart, GWP<150. Kogepunkt ca. -19C. Glide 2,6 K.



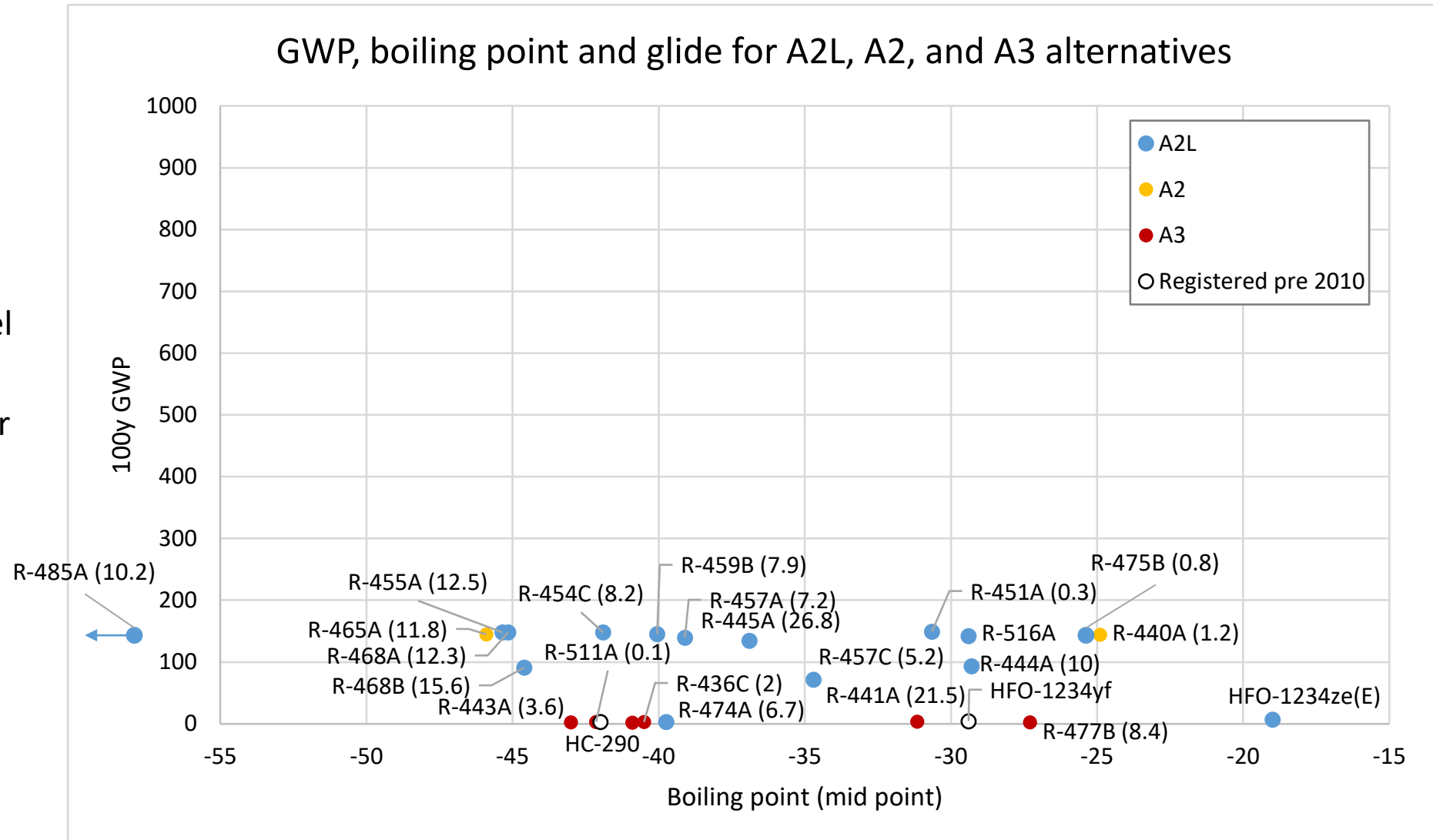
Dansk 5 ton regel for ikke brændbare

- Der er en stor gruppe kølemidler hvor mindre end 4 kg er tilladt
- Der er alternativer til R-134a med ca. 8 kg tilladt
- Der er også nogle få andre alternative med meget højt glide.
- Bemærk: R-466A er ikke tilgængelig i Europa.



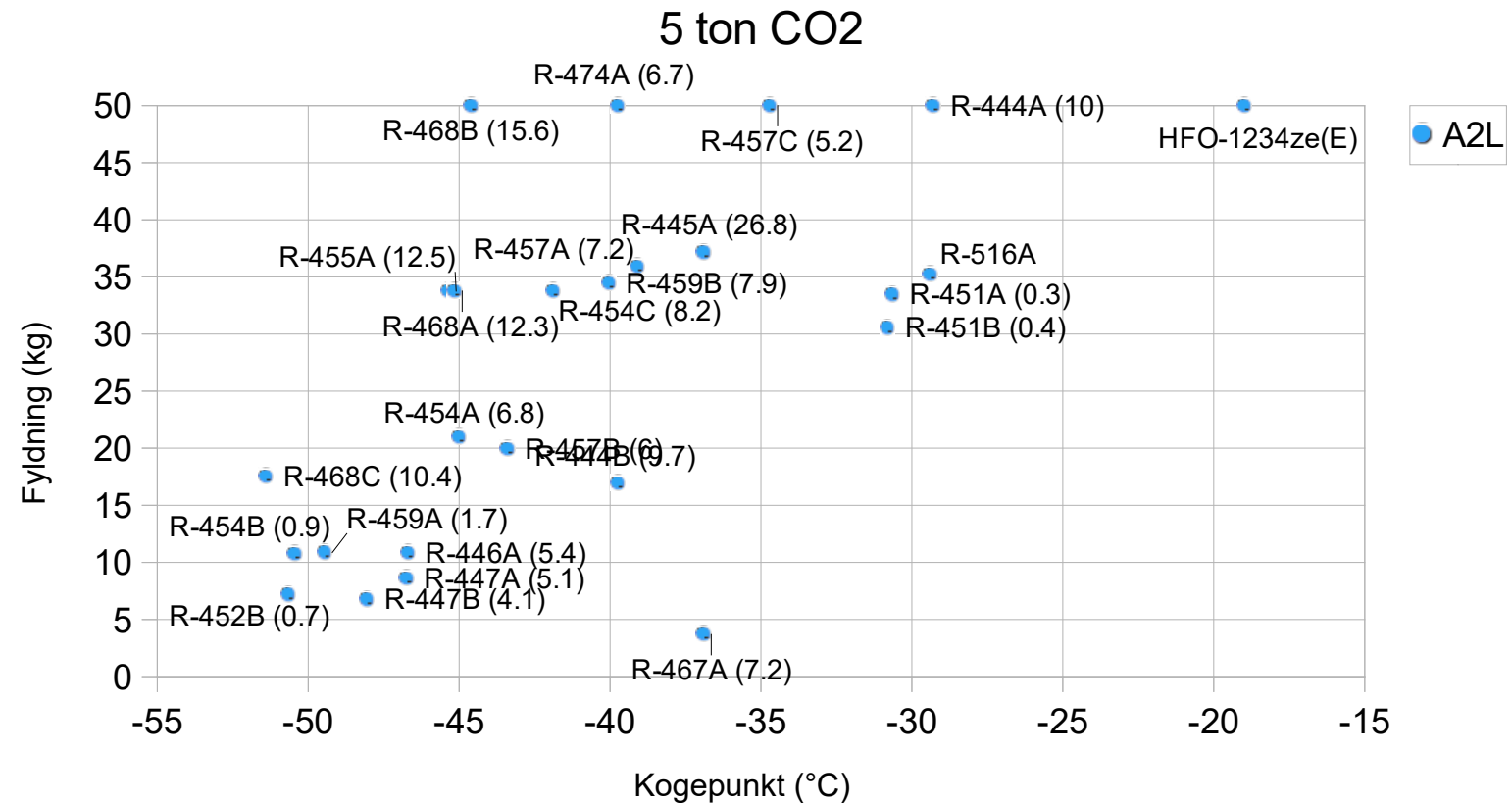
Nye brændbare kølemidler, GWP < 150

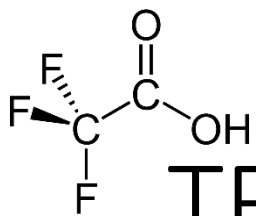
- Mange muligheder!
Men R-32/410A alternativ mangler endnu.
- Kapacitet er typisk lavere end traditionel HFC (pga. HFO)
- Fleste A2L kølemidler har glide
- Flere kølemidler er undervejs!



Dansk 5 ton regel for brændbare, A2L

- For de fleste A2L kølemidler er mere end 10 kg tilladt
- Der flere A2L kølemidler hvor mere end 50 kg er tilladt





TFA - Trifluoroacetic acid

- TFA er et nedbrydningsprodukt fra flere kølemidler, specielt HFO-1234yf, og fra en del andre fluor forbindelser.
- TFA er en PFAS, men opføre sig kemisk anderledes en mange andre PFAS stoffer. TFA er en meget opløselig i vand.
- Der er ingen kendte nedbrydningsprocesser for TFA i naturen.
- TFA findes naturligt i verdenshavene, men ikke i ferskvand.
- TFA kan akkumuleres i ferskvand, og er blevet fundet i grundvand over hele Danmark.
- TFA genereres lokalt fra HFO'erne, da de nedbrydes hurtigt.
- TFA bliver ikke betragtet som et problem i øjeblikket...

Nyt stof fundet i grundvandet

27-01-2021

Vandmiljø Vand i hverdagen Kemikalier NOVANA

Kølemidler fra klimaanlæg og drivmidler fra spraydåser kan være kilder til stoffet TFA, som i ny undersøgelse er fundet vidt udbredt i grundvandsprøver. Intet tyder på, at der er en sundhedsrisiko.



Udtagning af vandprøver fra grundvandet. Arkivfoto: Miljøstyrelsen.

I forbindelse med Miljøstyrelsens massescreening af grundvandet er der gjort fund af stoffet TFA (trifluoreddikesyre) i prøver fordelt over hele landet. Der er fundet TFA i 219 ud af 247 undersøgte grundvandsboringer svarende til i 89 procent af boringerne.

I langt de fleste af grundvandsboringerne er koncentrationen af TFA lavere

TFA fra A2L kølemidler med GWP < 150

Kølemiddel	Opbygning	Kogepunkt	F-Gas GWP	TFA w/w
HFO-1123	CHF=CF ₂	-59		0
HFO-1234yf	CF ₃ CF=CH ₂	-29.4	4	1,00
HFO-1234ze(E)	CF ₃ CH=CHF	-19.0	7	0,02
R-444A	R-32/152a/1234ze(E) (12.0/5.0/83.0)	-34.3/-24.3	93	0,02
R-445A	R-744/134a/1234ze(E) (6.0/9.0/85.0)	-50.3/-23.5	134,7	0,04
R-451A	R-1234yf/134a (89.8/10.2)	-30.8/-30.5	149,5	0,92
R-454C	R-32/1234yf (21.5/78.5)	-46.0/-37.8	148,3	0,78
R-455A	R-744/32/1234yf (3.0/21.5/75.5)	-51.6/-39.1	148,1	0,75
R-457A	R-32/1234yf/152a (18.0/70.0/12.0)	-42.7/-35.5	139,2	0,70
R-457C	R-32/1234yf/152a (7.5/78.0/14.5)	-37.3/-32.1	71,7	0,78
R-457D	R-32/1234yf/152a (4.0/82.0/14.0)	-34.5/-31.0	47,6	0,82
R-459B	R-32/1234yf/1234ze(E) (21.0/69.0/10.0)	-44.0/-36.1	145,2	0,69
R-468A	R-1132a/32/1234yf (3.5/21.5/75.0)	-51.3/-39.0	148,1	0,75
R-468B	R-1132a/32/1234yf (6.0/13.0/81.0)	-52.4/-36.8	91	0,81
R-474A	R-1132(E)/1234yf (23.0/77.0)	-43.1/-36.4	3,1	0,77
R-475B	R-1234yf/134a/1234ze(E) (35.4/10.1/54.5)	-26.3/-25.5	149,7	0,39
R-479A	R-32/1132(E)/1234yf (21.5/28.0/50.5)	-50.4/-44.7	147,1	0,50
R-516A	R-1234yf/134a/152a (77.5/8.5/14.0)	-29.4	142	0,79

PFAS forslag

Danmark, Norge, Sverige, Tyskland og Holland har foreslået et forbud imod PFAS i alle anvendelser, inkl. kølemidler:

- Dækker R125, R143a, R134a: Indgår i R404A, R407C, R410A, R507 etc.
- Dækker R1234yf, R1234ze(E), R1224yd(Z), R1233zd(E): Indgår i næsten alle nye A2L kølemidler.
- Dækker ikke R-23, R-32, R-11xx serien.

Der er en del undtagelser, bl.a.:

- Kølemidler i udstyr hvor nationale regler forbyder alternativer.
- 1,5 års udsættelse for service af eksisterende udstyr, dog **13,5** år hvis man ikke kan finde et drop-in kølemiddel.
- **6,5** års udsættelse for < -50 °C.
- **13,5** års udsættelse for laboratorie udstyr

Stadig kun et forslag, forvent at der går flere år før det bliver lov.

Nye kommende kølemidler?

- Thomas Midgley identificerede 8 grundstoffer der er relevante for kølemidler (1937)
- Siden er iod også blevet foreslået, men giver typisk problemer med ozon-nedbrydning og giftighed.
- De nyeste forslag er R-1123, 1130(E), 1132(E), 1132a. De er alle ustabile, og skal blandes med f.eks. R1234yf for at gøre dem brugbare.
- En serie af amerikanske studier (McLinden) har undersøgt over 100 millioner molekyler, og der er ikke dukket mere interessant op.

4	3	2	1
			¹ H
⁶ C	⁷ N	⁸ O	⁹ F
		¹⁶ S	¹⁷ Cl
			³⁵ Br

Er det slut med syntetiske kølemidler?

Måske, måske ikke...

- Retningen fra politikerne er klar... men de kan skifte holdning.
- PFAS forslaget vil kræve støtte fra flere EU lande før det bliver til lov, og forslaget vil måske blive udvandet i processen.
- TFA fra 1234ze er angivet til 2%, men det er nok nærmere 0%.
- Kølemidler bliver ofte nævnt som en stor kilde til TFA og PFAS. Men der er andre og vigtigere kilder.
- F-Gas forslaget skal stadig godkendes af EU landene (EU Rådet), og det kan ændre forslaget pga. lobbyisme fra industrien.

Nye kølemidler med GWP < 150 vil sandsynligvis være tilgængelige de næste 15-20 år! Der vil være kvoter nok:

- Gennemsnits GWP var 2000 i 2015,
- Der har været store forbedringer i tætheden af systemer,
- store dele af kølebranchen er skiftet til CO2
- det forventes at store dele af A/C sektoren skifter til R290

... men det er også en mulighed at der kommer et fuldstændigt forbud imod syntetiske kølemidler.

Fremtiden er meget usikker!

Sikkerhedsstandarder

Samtlige sikkerhedsstandarder er under opdatering:

- EN 378-1 general standard
- EN/IEC 60335-2-89 commercial refrigerators
- EN/IEC 60335-2-40 heat-pumps, air-conditioners, and dehumidifiers.

EN/IEC 60335-2-40

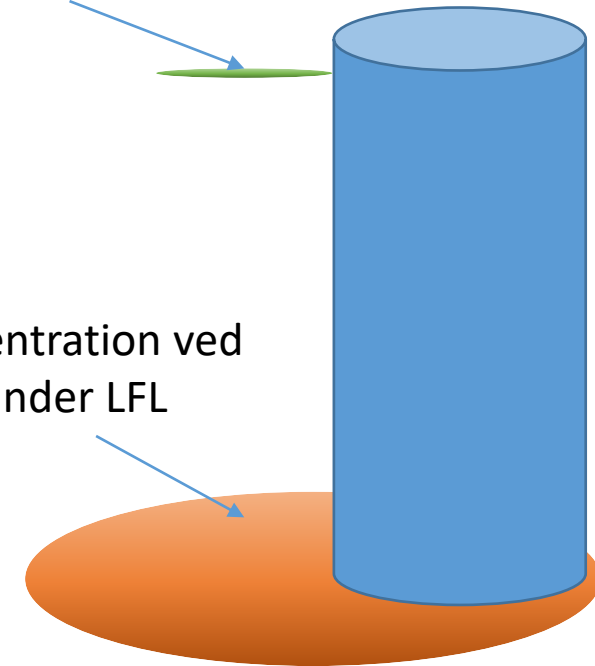
- Nuværende EN 60335-2-40 har ikke opdateret krav om brændbare kølemidler siden 2005
- IEC 60335-2-40 Ed. 7
 - Indeholder væsentlige læmpelser for mængden af brændbare kølemidler
 - Blev udgivet maj 2022
 - Er indsendt til CENELEC til 1. afstemning som ny EN 60335-2-40
 - Tidsplan for ny EN 60335-2-40 er meget usikker
- IEC 60335-2-40 Ed. 8 udgives senere i år, men ændrer ikke noget for brændbare kølemidler
- Arbejdet med IEC 60335-2-40 Ed. 9 starter senere i år, og vil helt sikkert indeholde yderligere læmpelser

EN/IEC 60335-2-89

- IEC 60335-2-89 Ed. 3 sikkerhedsstandarden for kommercielle køle/fryseskabe
- Ny fyldningsgrænse \approx 500g R290 og 1.2 kg A2L:
 - Hvis koncentrationen omkring enheden er ikke brandbar, så er fyldningen sikker.
 - Ekstra sikkerhed: Rumstørrelsen skal være stor nok til at 25% af LFL ikke overskrides
- IEC 60335-2-89 publiceret 2019, EN version 2022
 - Endnu ikke harmoniseret!
 - Harmoniserede version er stadig 150g
- IEC 60335-2-89 Ed. 4 er under udarbejdelse.
 - A2L grænse øges til ca. 3,9 kg.
 - Sikker også andre ændringer

Læk 100% kølemiddel

Koncentration ved gulv under LFL



EN 378

- Arbejdet med at lave næste udgave er igang
- Ny version ventes klar i 2025-2026
- Fyldningsgrænser kopieres fra 60335-standarderne
- Der er mange andre ændringer undervejs:
 - EN 378-4 bliver erstattet af EN ISO 5149-4
 - Der kommer en ny EN 378-5 med kølemiddel tabeller
 - EN 378-1, -2, og -3 bliver alle kraftigt modificerede.

Konklusion

- Der er politisk pres for at accelerere nedfasningen af HFC
- Antallet af F-Gas kvoter skal efter planen reduceres med 30% i 2024, men det er foreslået ændret til 50%. Yderligere reduktioner skal følge hvert 3. år.
- GWP < 150 forbud kan komme allerede i 2025 for monobloks og andre fabriksforseglede systemer
- Dette forbud kan i princippet udvides til alle syntetiske kølemidler, enten igennem F-Gas Forordningen eller gennem et nyt PFAS forslag
- Da både F-Gas Forordningen og PFAS forslaget er under forhandling er der en meget høje grad af usikkerhed!
- Mere end 100 nye kølemidler er blevet foreslået
 - Meget få A1 kølemidler har GWP < 150, ingen af dem matcher traditionelle HFC kølemidler
 - Mange A2L kølemidler har GWP < 150
- Samtlige sikkerhedsstandarder er under opdatering for at gøre brugen af brandbare kølemidler lettere.
- Brugen af naturlige kølemidler giver sikkerhed i forhold til denne lovgivning, men alle kølemidler har ulemper.

