Garaažide ventilatsioon

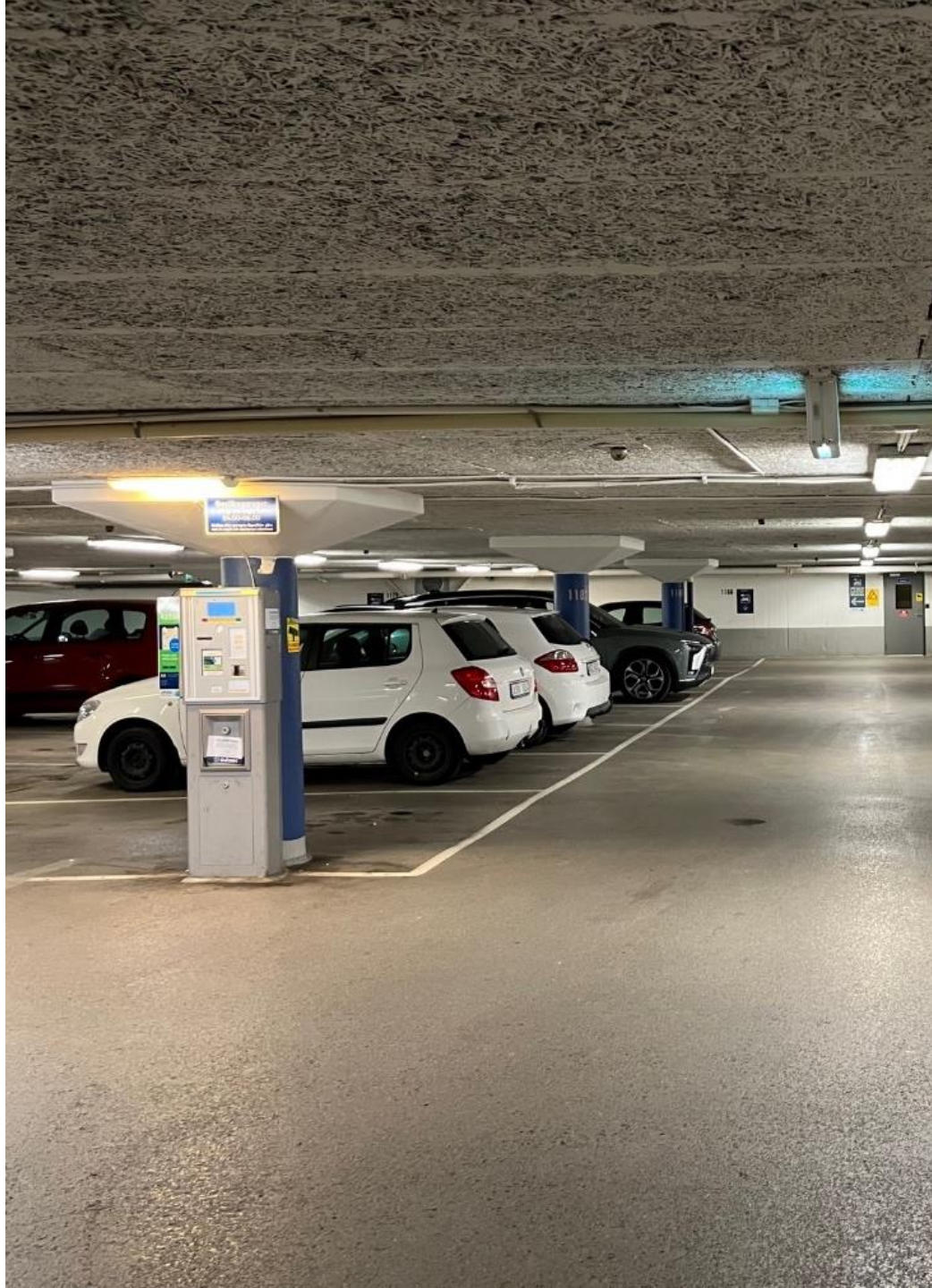
Konverents ”Teadmistepõhine ehitus”
Tallinn 8 oktoober 2024

Mari-Liis Maripuu, *PhD*
Business Area Manager Indoor Climate
CIT Renergy



Garaaž

- Mootorsõidukite hoidmiseks ette nähtud ruumid
- Avatud või suletud
- Inimesed viibivad seal ajutiselt
- Sisepõlemismootoriga mootorsõidukid on peamiseks saasteallikaks
- Kasutus oleneb kas tegemist eluhoone või ühiskondliku hoone garaažiga



Saasteained autodelt

- Sisepõlemismootoritelt erituvad saasteained
  - ✓ Süsinikmonoksiid
  - ✓ Lämmastikoksiidid
  - ✓ Süsinikhüdraadid
  - ✓ Osakesed
  - ✓ Süsinikdioksiid (kõrvalsaadus)
- Kogused olenevad kütuse liigist, auto vanusest, mootori suurusest ja hooldusest
- Kogused on muutuvad olenevalt mootori temperatuurist, sõidukiirusest, keskkonna temperatuurist, jne.



Projekteerimisjuhised Rootsis

- Rootsi ehitusnorm (Svensk Byggnorm) SBN75 aastast 1975

Ventilatsiooni õhu vooluhulgad sundventilatsiooniga garaazides

Parkimiste arv P parkmiskoha kohta kõige koormatumal 8-tunnise perioodi jooksul ööpäevas	Väljatõmbeõhu vooluhulk q l/s	Miinimum lubatud väljatõmbeõhu vooluhulk l/s m² garaazi põrandapinna kohta
P = 1	> 0,6 M*	0,9
P = 2	> 1,2 M*	1,8
P > 2	> 0,6 M x P	

Välisõhu vajadus 0,6 l/s iga eraldatud CO liitri kohta

CO eraldus 20 liitrit auto kohta plus 0,1 liitrit iga garaazis sõidetud meetri kohta

Süsinikmonooksiidi emissioon liitrites:

$$M = n_1(20 + 0{,}1\ s_1) + 0{,}1 n_2 s_2$$

M = tekitatud süsinikmonooksiid liitrites
n_1 = parkimiskohtade arv antud garaažiosas
s_1 = auto keskmine koguläbisõit garaažiosas auto sisse- ja väljasõidul meetrites
n_2 = parkimiskohtade arv teistes garaažiosades, millel on sisse- või väljapääs läbi garaažiosa
s_2 = keskmine koguläbisõit autol, mis läbib garaažiosa teel teise garaažiosasse ja sealt tagasi meetrites

- Rootsi ehitusnormi üldine nõuanne kuni 2005 (hiljem normist eemaldatud)

  Elamute garaazid: 0,9 l/s m² kui parkimisi parkimiskoha kohta <=1 8 tunni jooksul

  Ühiskondlikud garaazid: 1,8 l/s m² kui parkimisi parkimiskoha kohta >1 8 tunni jooksul

- Rootsi eshitusnorm BBR29: miinimumnõue 0,35 l/s m² põrandapinna kohta

Käigus olevad autod täna ja homme

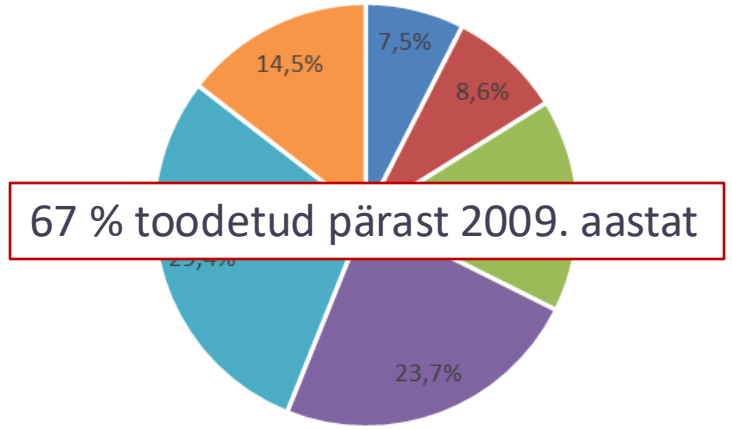
ELi heitmestandardid bensiinimootoriga sõiduautodele g/km.

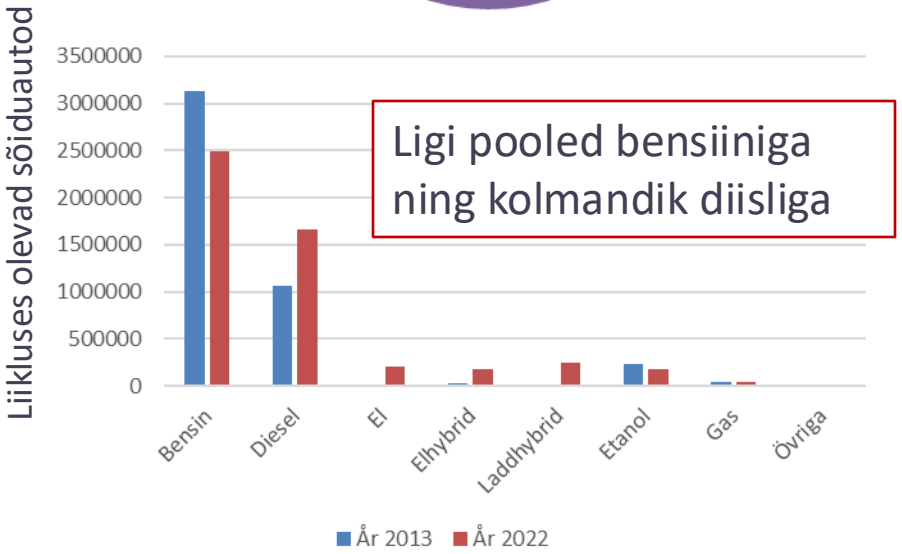
Bensiin	Väljalaske aasta	Süsinik-monoksiid (CO)	Süsivesinikud (THC)	Lämmastik-oksiidid (NOx)	Osakesed (massa)	Osakesed (#/km)
Euro 1	1992	2,72	-	-	-	-
Euro 2	1996	2,20	-	-	-	-
Euro 3	2000	2,30	0,20	0,15	-	-
Euro 4	2005	1,00	0,10	0,08	-	-
Euro 5a	2009	1,00	0,10	0,06	0,005	-
Euro 5b	2011	1,00	0,10	0,06	0,0045	$6*10^{11}$
Euro 6	2014	1,00	0,10	0,06	0,0045	$6*10^{11}$
Euro 7 (förslag)	2025	0,50	0,10	0,06	0,0045	$6*10^{11}$

ELi heitmestandardid diiselimootoriga sõiduautodele g/km

Diisel	Väljalaske aasta	Süsinik-monoksiid (CO)	süsivesinikud ja lämmastikoksiidid (HC+NOx)	Lämmastik-oksiidid (NOx)	Osakesed (massa)	Osakesed (#/km)
Euro 1	1992	2,72	0,97	-	0,14	-
Euro 2	1996	1,00	0,70	-	0,08	-
Euro 3	2000	0,66	0,56	0,50	0,05	-
Euro 4	2005	0,50	0,30	0,25	0,025	-
Euro 5a	2009	0,50	0,23	0,18	0,005	-
Euro 5b	2011	0,50	0,23	0,18	0,0045	$6*10^{11}$
Euro 6	2014	0,50	0,17	0,08	0,0045	$6*10^{11}$
Euro 7 (förslag)	2025	0,50	-	0,06	0,0045	$6*10^{11}$

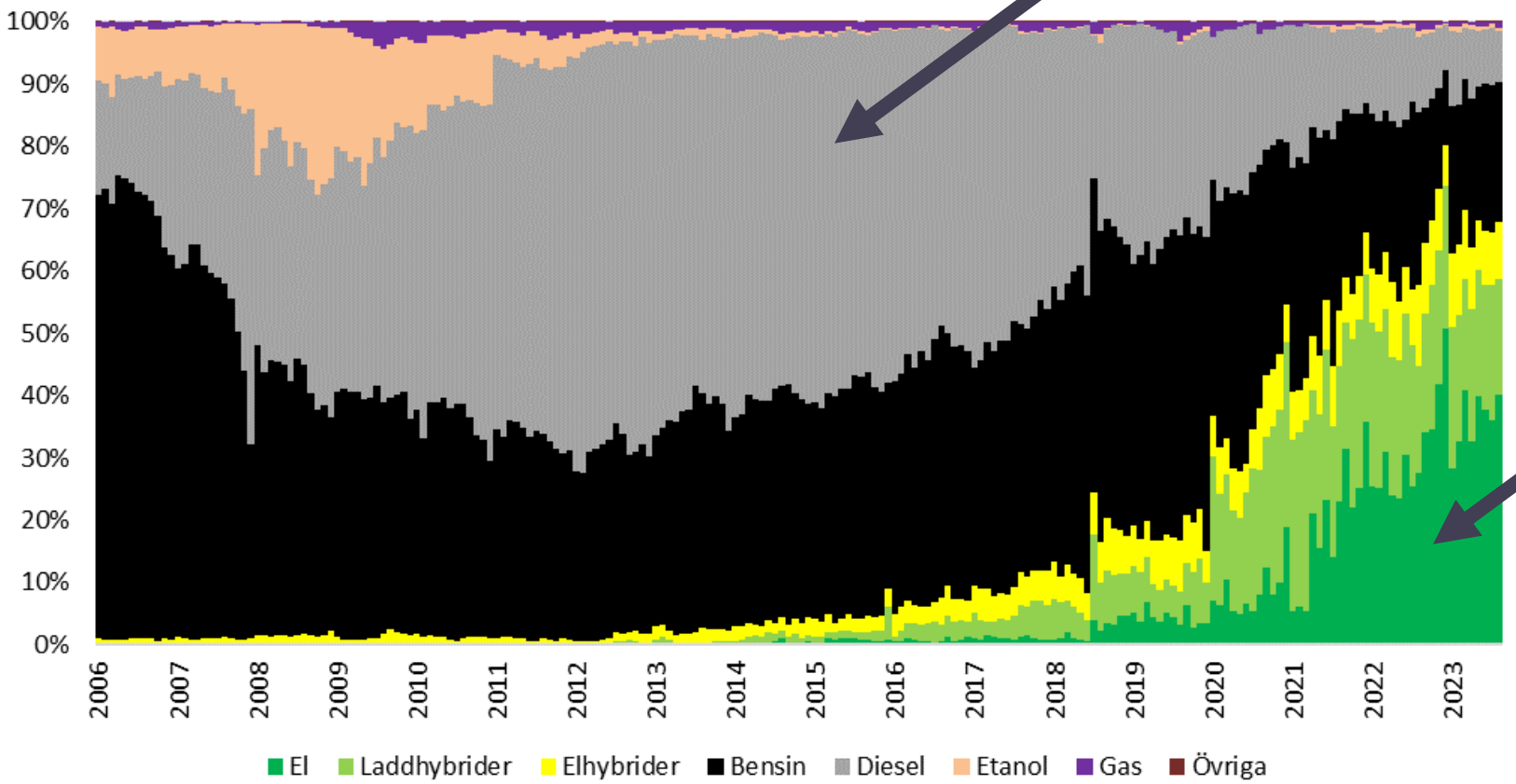
Liikluses olevate sõiduautode jaotus väljalaskeaasta järgi, 2022 aasta lõpus (kokku ca 5 milj. autot)





Vajadus uute eeskirjade järgi

Suur diiselautode osakaal muudab CO sobimatuks indikaatoriks?

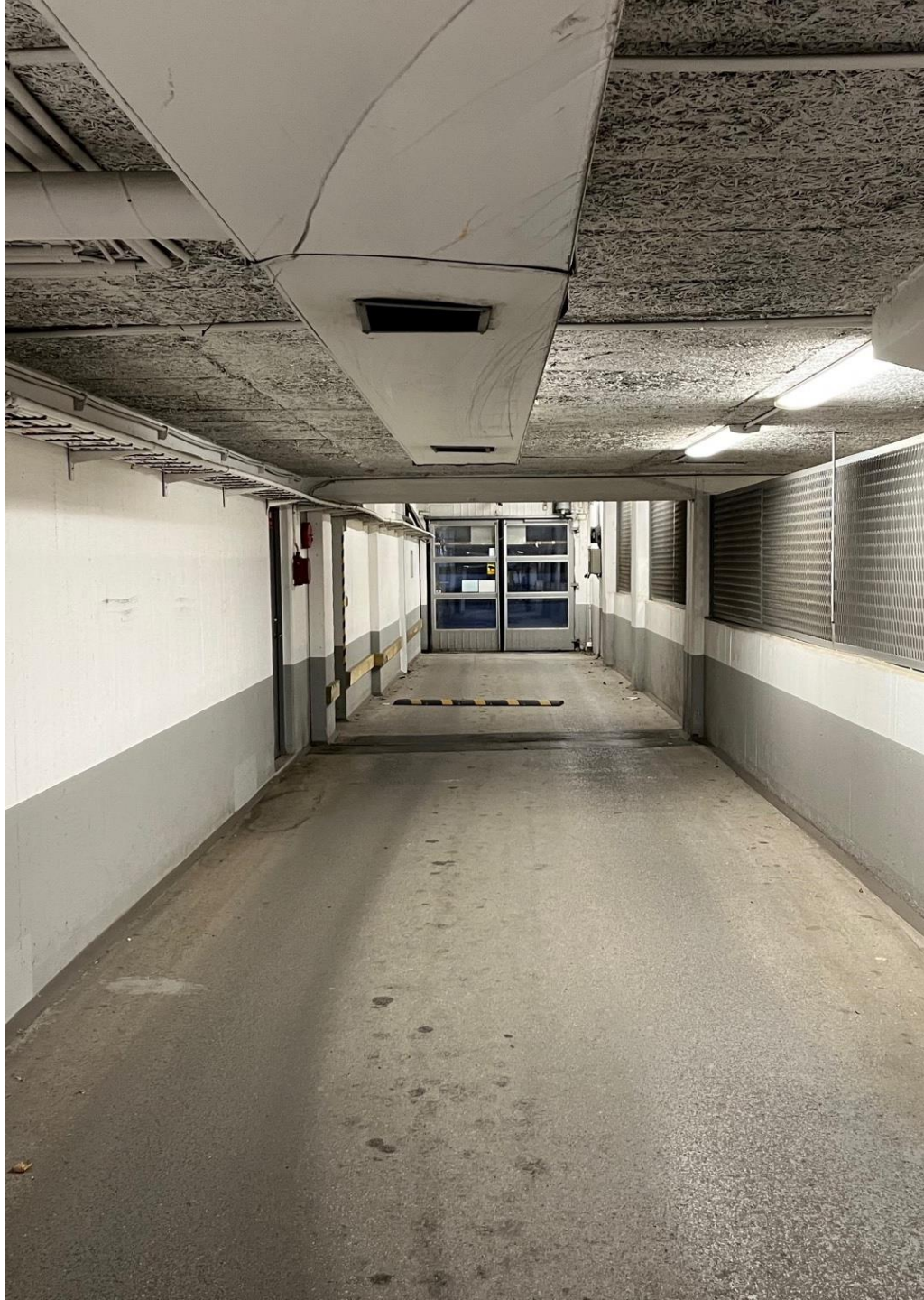


Elektriautode suurenenud osakaal seab uued nõuded ka tulekaitseventilatsioonile?

Registreeritud sõiduautod kütuseliigi järgi Rootsis (kuupõhine statistika)

Sundventilatsiooni dimensioneerimise alused

- Autode heitgaaside kogus (kombineeritud emissioon)
- Käitatud autode arv tipptunni jooksul ööpäevas
- Kui kaua autod on töös (käivitusel)
- Saasteainete piirmäär garaažis



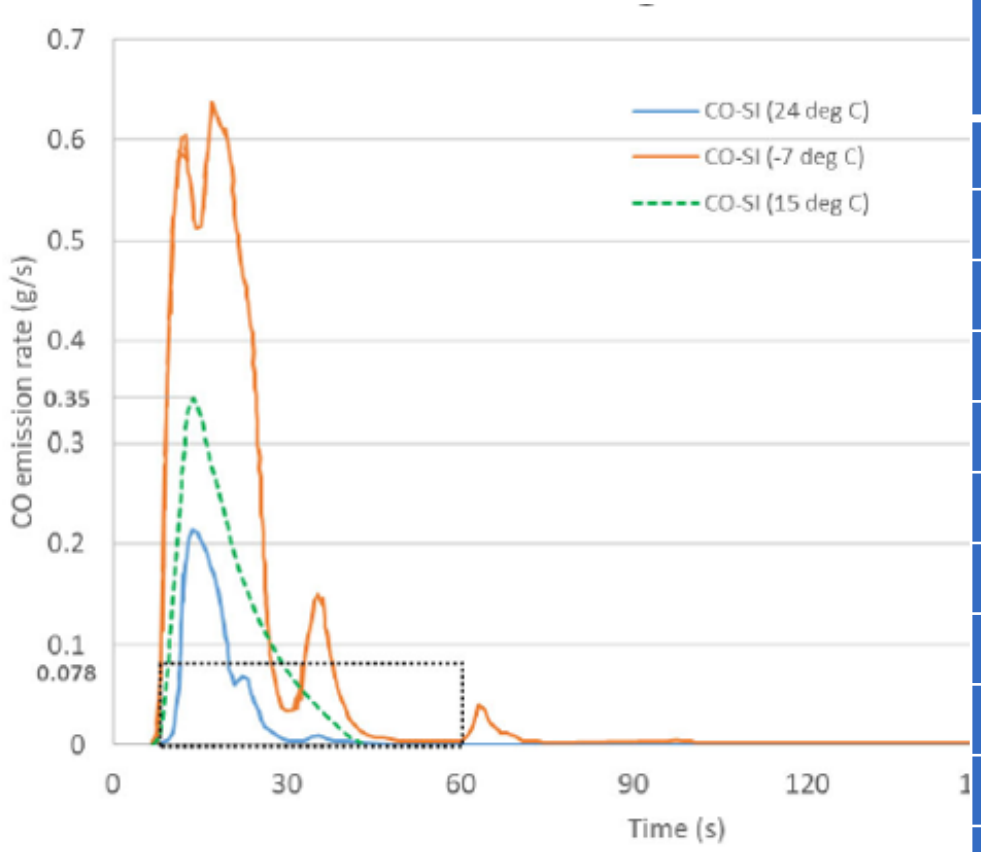
Heitgaaside piirmäärad Rootsis

- Rootsi Töökeskkonnaameti piirnormid (AFS 2018:1 muudatustega AFS 2020:6)

Aine	Taseme piirväärtus (8 tundi)		Lühiajaline piirväärtus (15 min)	
	ppm	mg/m^3	ppm	mg/m^3
Lämmastikmonoksiid	2	2,5	-	-
Lämmastikdioksiid	0,5	0,96	1	1,9
Süsinikmonoksiid	20	23	100	117
Süsinikdioksiid	5000	9000	10 000	18 000
Diislikütuse heitgaasid	-	0,05	-	-

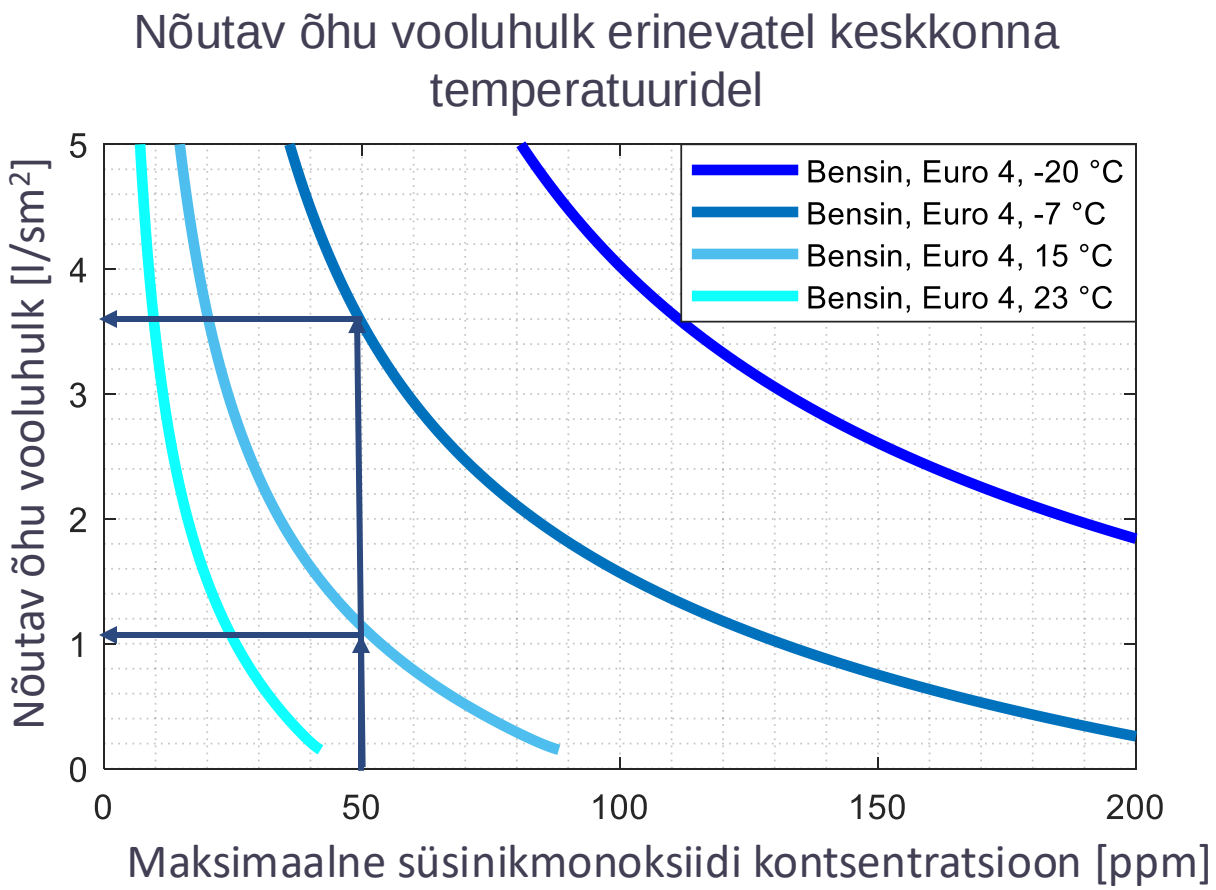
  - Töötajate terviseprobleemide ennetamiseks
  - Viited maa-alusele või tunnelis töötamisele
  - Garaažikeskkondadele viited puuduvad
- SBN75: CO sisaldus ei tohi ületada 50 ppm
- Praktikas CO tasemed 5 - 100 ppm ventilatsiooni õhuvooluhulkade reguleerimiseks

Autode heitgaaside koguse määramine



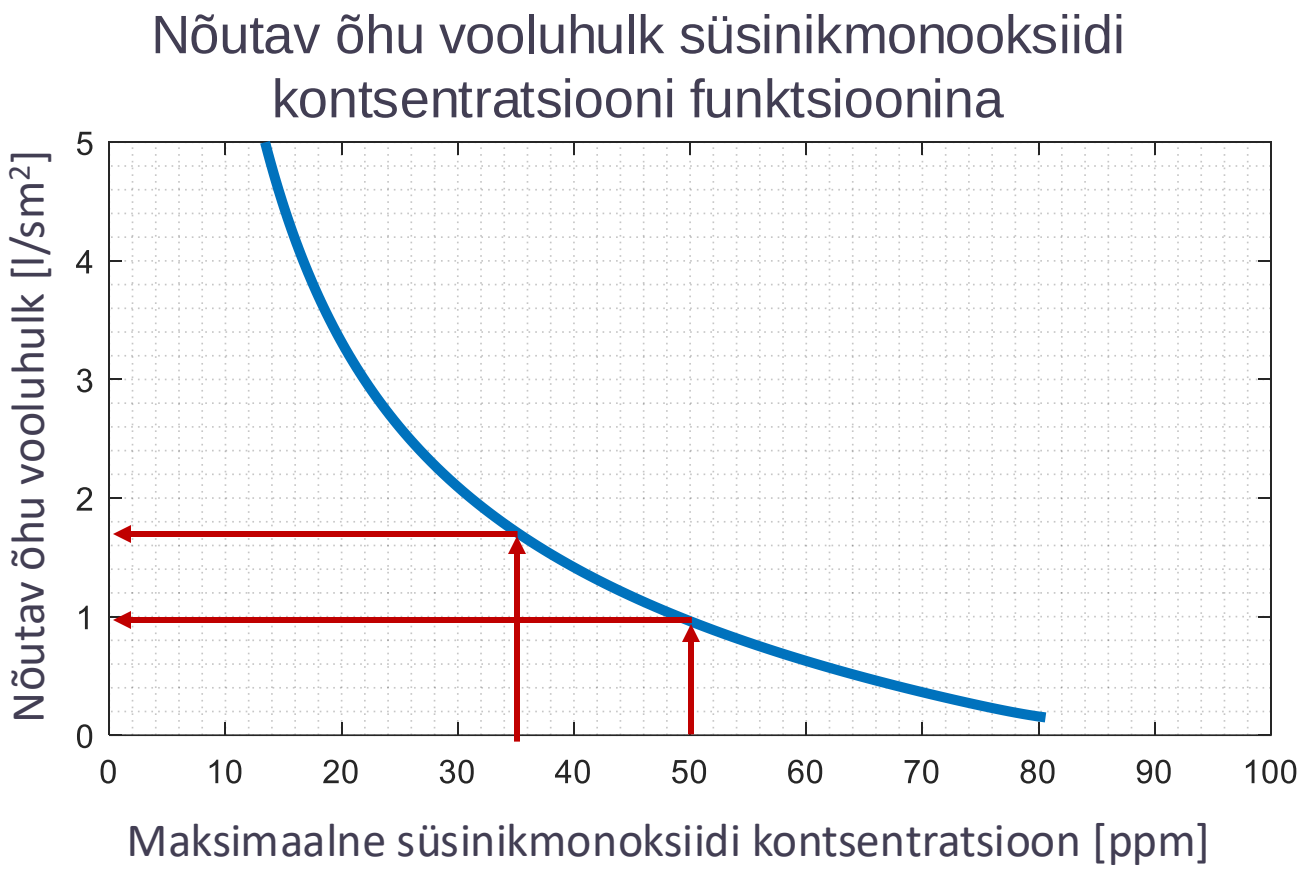
Kütuseliik, heitmestandard, keskkonna temperatuur	CO eraldus külmkäivitusel [g/start]	Allikas
Bensiin, 80-tal, +15 °C	112,7	Weilenmann et al. (28)
Bensiin, Euro 3, +15 ° C	21,2	Weilenmann et al. (28)
Bensiin, Euro 4, +15 ° C	14,0	Weilenmann et al. (28)
Bensiin, Euro 5, +15 ° C	4,3	Bielaczyc et al. (13)
Bensiin, Euro 6, +15 ° C	2,21	Suarez-Bertoa & Astorga (29)
Diisel, Euro 4, +15 ° C	1,79	Weilenmann et al. (28)
Diisel, Euro 5, +15 °C	1,2	Bielaczyc et al. (13)
Diisel, Euro 6, +15 ° C	0,17	Suarez-Bertoa & Astorga (29)
Bensiin, Euro 4, -7 °C	34,3	Weilenmann et al. (28)
Bensiin, Euro 4, -20 °C	77,1	Weilenmann et al. (28)
Bensiin, Euro 4, +23 °C	6,66	Weilenmann et al. (28)

Vajalik väljatõmbeõhu vooluhulk garaažis



- Näidisgaraaž 450 parkimiskohaga, eeldatud kasutustingimustel
- Bensiiniautod Euro 4 heitmestandard (väljalaske aasta 2005)
- Erinevad garaaži sisetemperatuurid
- Varasemate uuringute põhjal eeldatav auto CO emissioon
- Õhuvoolu vajadus arvutatud vastavalt ASHRAE meetodile.

Vajalik väljatõmbeõhu vooluhulk garaažis



- Sama näidisgaraaž 450 parkimiskohaga, eeldatud kasutustingimustel
- Süsinikdioksiidi koostise hinnang põhineb tänapäeva Rootsi autopargil
- Varasemate uuringute põhjal eeldatav auto CO emissioon, mis kehtib ümbritseval õhutemperatuuril +15 °C
- Õhuvoolu vajadus arvutatud vastavalt ASHRAE meetodile

Süsteemilahendused garaažides

Väljatõmbe ventilatsioon (vanemates hoonetes)

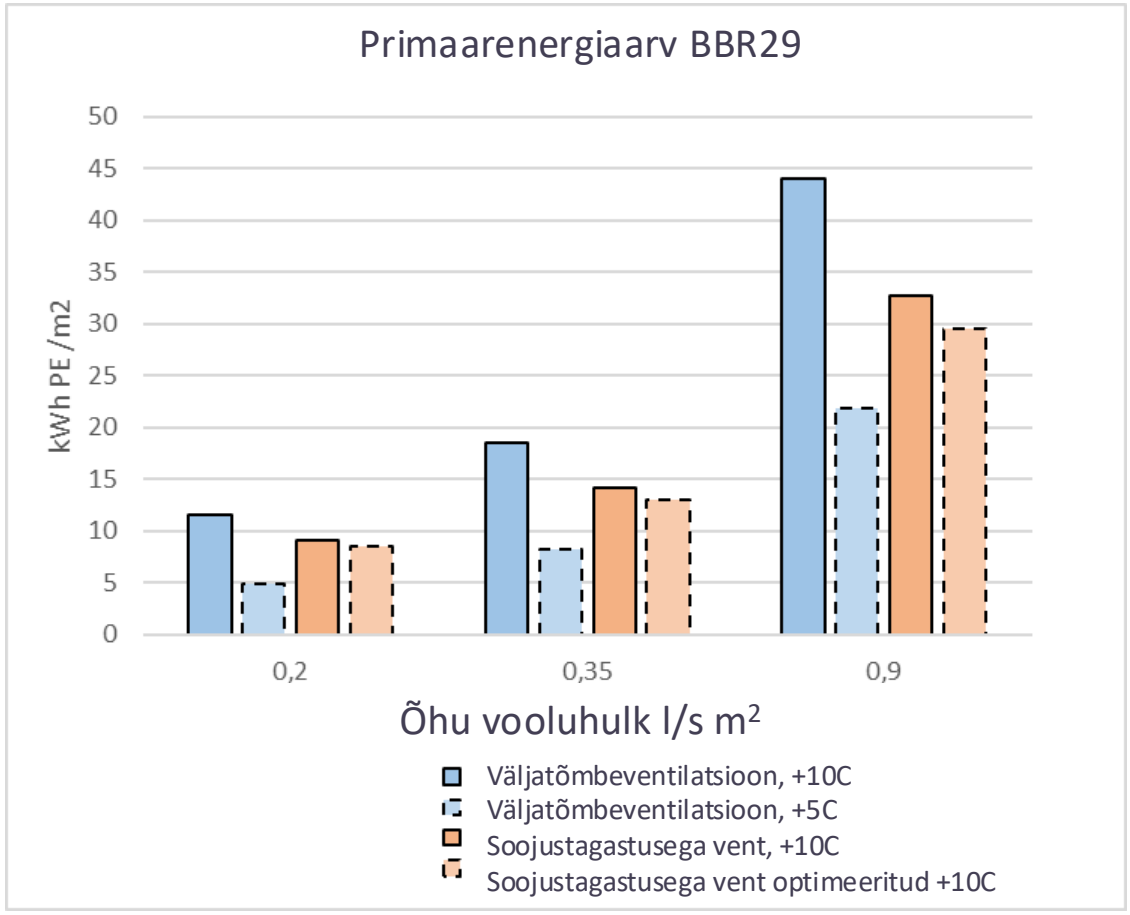
- Lihtsam ja odavam
- Madalam energiatarve
- Sobib hästi madalate sisetemperatuuridele, nt +5 ºC
- Suurem risk kondensi tekkimisele pindadel
- Madalam ruumtemperatuur suurendab heitgaaside emissiooni autodelt

Sisse-ja väljatõmbeventilatsioon koos soojustagastusega (uuemates hoonetes)

- Kallim, suurem ruumi vajadus seadmetele ja torustikule
- Soojustagastus vähendab energiatarvet
- Miinimu vajalik temperatuur garaazis +10 ºC
- Soojusvaheti jäätumisoht ning temperatuuri kasuteguri langus sulatustsüklidel
- Niiskuse ülekanne rootorsoojustagasti korral, kõrgem risk niiskuseproleemidele

Nõudluspõhiselt reguleeritav ventilatsioon, CO, CO+CO_2, NO_2, suhteline niiskus (harva)

Energiasääst erinevate süsteemidega



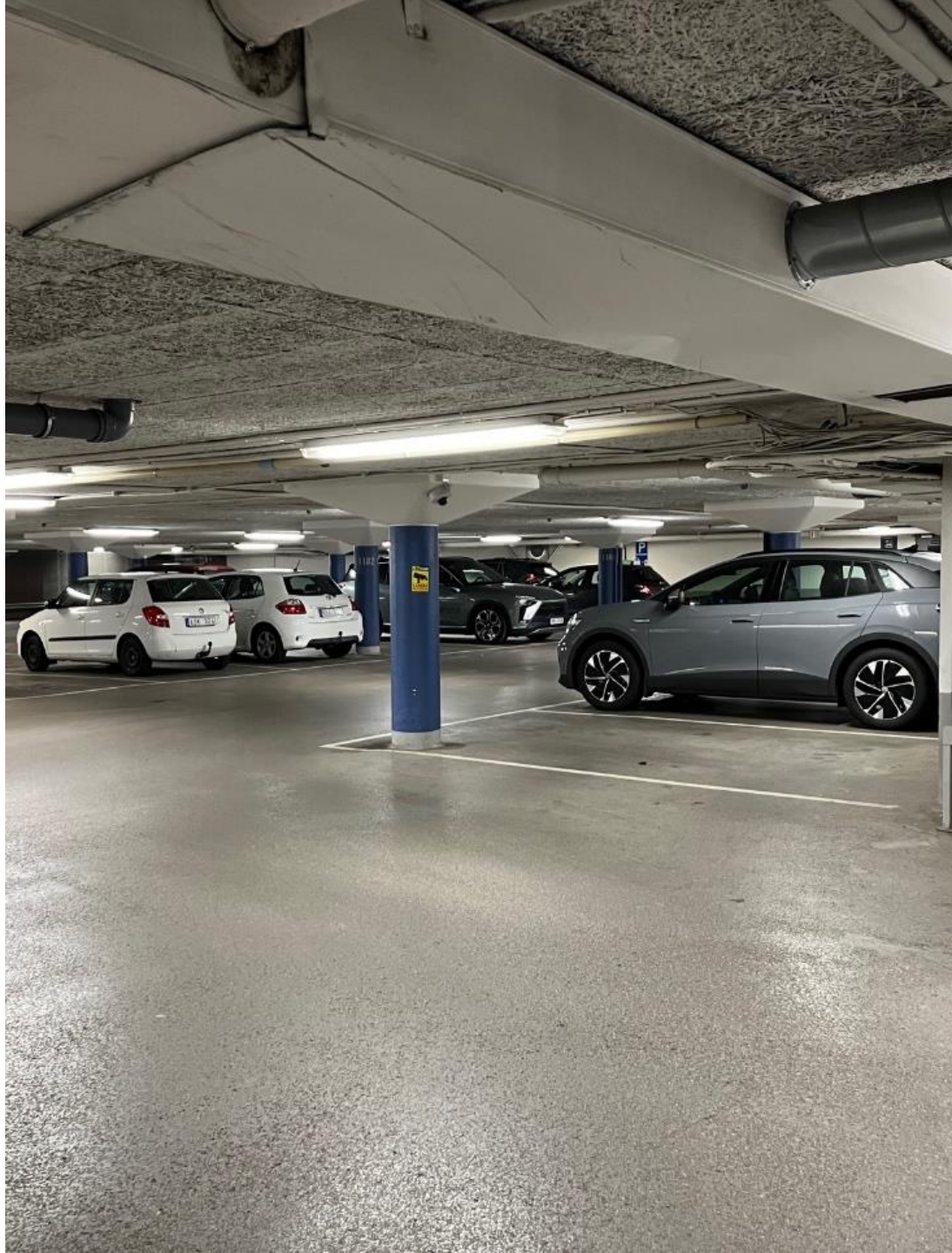
Energia kokkuhoid 58% kui vooluhulka vähendada 0,9 l/s m² → 0,35 l/s m²

Energia kokkuhoid iga 0,1 l/s·m² põrandapinna kohta:

- Väljatõmbeventilatsioon ruumitemperatuuril +10 °C: ca 4 kWh/m²
- Väljatõmbeventiltsioon ruumitemperatuuril +5 °C: ca 2 kWh/m²
- Soojustagastusega ventilatsioon ruumitemperatuuril +10 °C: ca 3 kWh/m²

Kokkuvõte

- Suur potentsiaal õhu vooluhulkade vähendamiseks suletud garaažides
- Vaja on uusi arvutusmeetodeid garaažide ventilatsiooni projekteerimiseks
- Puuduvad sisendandmed:
  - ✓ Autode heitgaaside emissioon garaažikeskkonnas
  - ✓ Garaažide kasutus erinevatel tingimustel (Käivitatud autode arv ööpäeva kõige koormatud tunnil, autode käivitatuse aeg)
  - ✓ Aksepteeritav saasteainete tase garaažiõhus
- Vaja on paremaid juhiseid süsteemilahenduste ja kontrollparameetrite kohta (niiskus, heitgaasid, jne)





Küsimusi?

Mari-Liis Maripuu, *PhD*
Business Area Manager Indoor Climate
Mari-liis.maripuu@chalmersindustriteknik.se
+46 (0)76 2345 818