

Telpas mikroklimats

Komforts

Komforta apstākļi ir tad, kad viss ir labi un nekas nepievērš cilvēka uzmanību. Universālas komforta definīcijas nav. Par komfortu var runāt tikai no pretējā skatu punkta – analizējot diskomfortu.

Diskomforts - jebkuru nepatīkamu parādību, kas piesaista cilvēka apzinātu uzmanību.

Ietekmes kritēriji

- Intensitāte
- Periodiskums
- Ilgums
- Konteksts
- Prioritātes

Termālais komforts.

LBN 231-15 "Dzīvojamo un publisko ēku apkure un ventilācija"

90. Būvprojektā norāda visus izejas datus, kā arī prasības, kuru izpilde jānodrošina ventilācijas sistēmām. Ventilācijas sistēmas projektē atbilstoši standartam LVS EN 16798-1:2019 "Ēku energoefektivitāte. Ēku ventilācija. 1. daļa: Telpu mikroklimata ievades parametri ēku energoefektivitātes projektēšanai un novērtēšanai, ņemot vērā telpu gaisa kvalitāti, temperatūras režīmu, apgaismojumu un akustiku. M1-6 modulis" un LVS EN ISO 7730:2006 "Siltuma vides ergonomika. Termālā komforta analītiska noteikšana un interpretācija, izmantojot paredzamā vidējā balsojuma (PMV) un paredzamā neapmierināto personu procenta (PPD) indeksu kalkulāciju un lokālā termālā komforta kritērijus", ja projektēšanas uzdevumā attiecīgās ēkas ekspluatācijai nav paredzētas īpašas prasības.

92. Gaisa kvalitāti un vēlamos parametrus attiecīgajās telpās nosaka atbilstoši standartam LVS EN ISO 7730:2006 "Siltuma vides ergonomika. Termālā komforta analītiska noteikšana un interpretācija, izmantojot paredzamā vidējā balsojuma (PMV) un paredzamā neapmierināto personu procenta (PPD) indeksu kalkulāciju un lokālā termālā komforta kritērijus", ja projektēšanas uzdevumā attiecīgās ēkas ekspluatācijai nav paredzētas īpašas prasības.

96. Ventilācijas sistēmu ražīgumu aprēķina atbilstoši izejas datiem. Ventilācijas sistēmu ražīgumam jābūt pietiekamam, lai nodrošinātu svaiga gaisa padevi, apmierinošu komfortu vai tehnoloģiskos apstākļus apkalpojamā zonā. Telpas gaisa piesārņojuma avotus novērtē atbilstoši standartam LVS EN ISO 7730:2006 "Siltuma vides ergonomika. Termālā komforta analītiska noteikšana un interpretācija, izmantojot paredzamā vidējā balsojuma (PMV) un paredzamā neapmierināto personu procenta (PPD) indeksu kalkulāciju un lokālā termālā komforta kritērijus" un standartam LVS EN 16798-1:2019 "Ēku energoefektivitāte. Ēku ventilācija. 1. daļa: Telpu mikroklimata ievades parametri ēku energoefektivitātes projektēšanai un novērtēšanai, ņemot vērā telpu gaisa kvalitāti, temperatūras režīmu, apgaismojumu un akustiku. M1-6 modulis", ja projektēšanas uzdevumā attiecīgās ēkas ekspluatācijai nav paredzētas īpašas prasības.

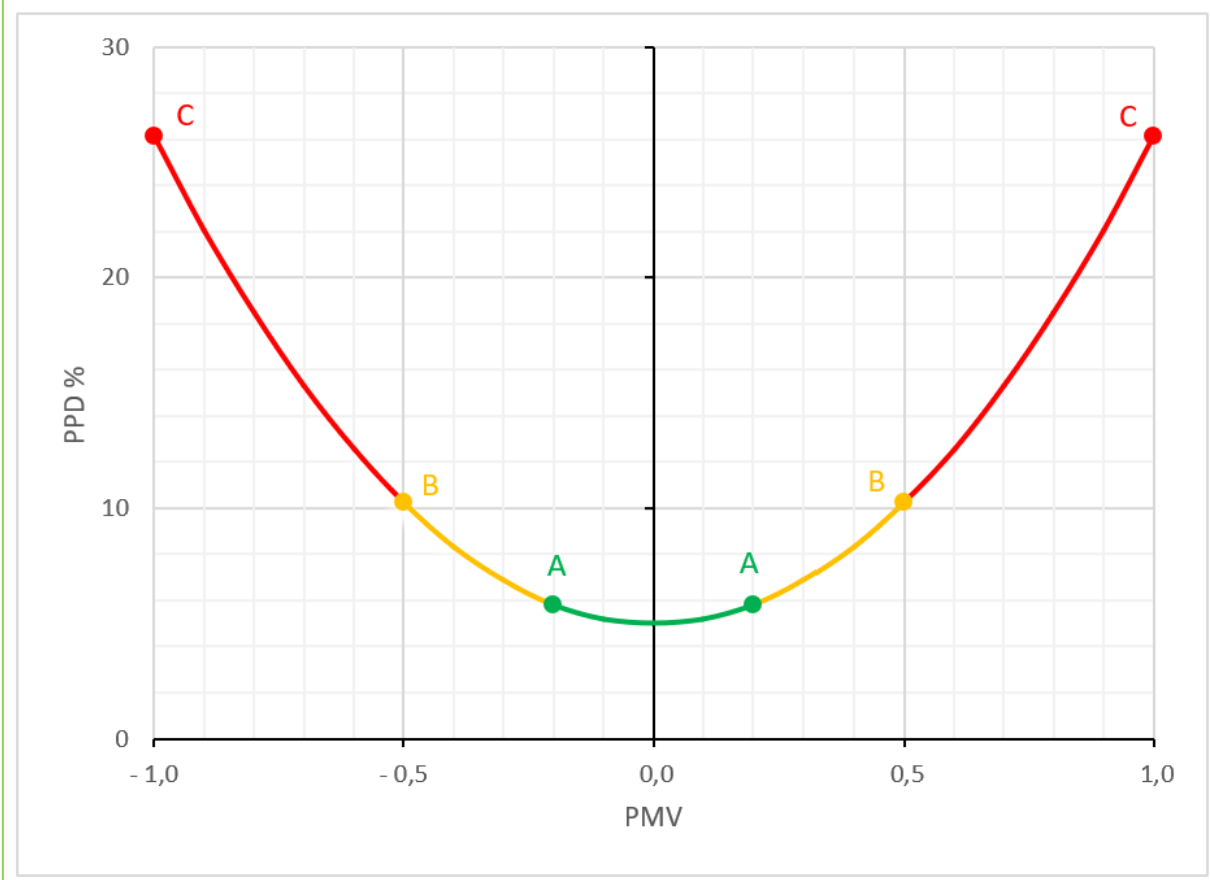
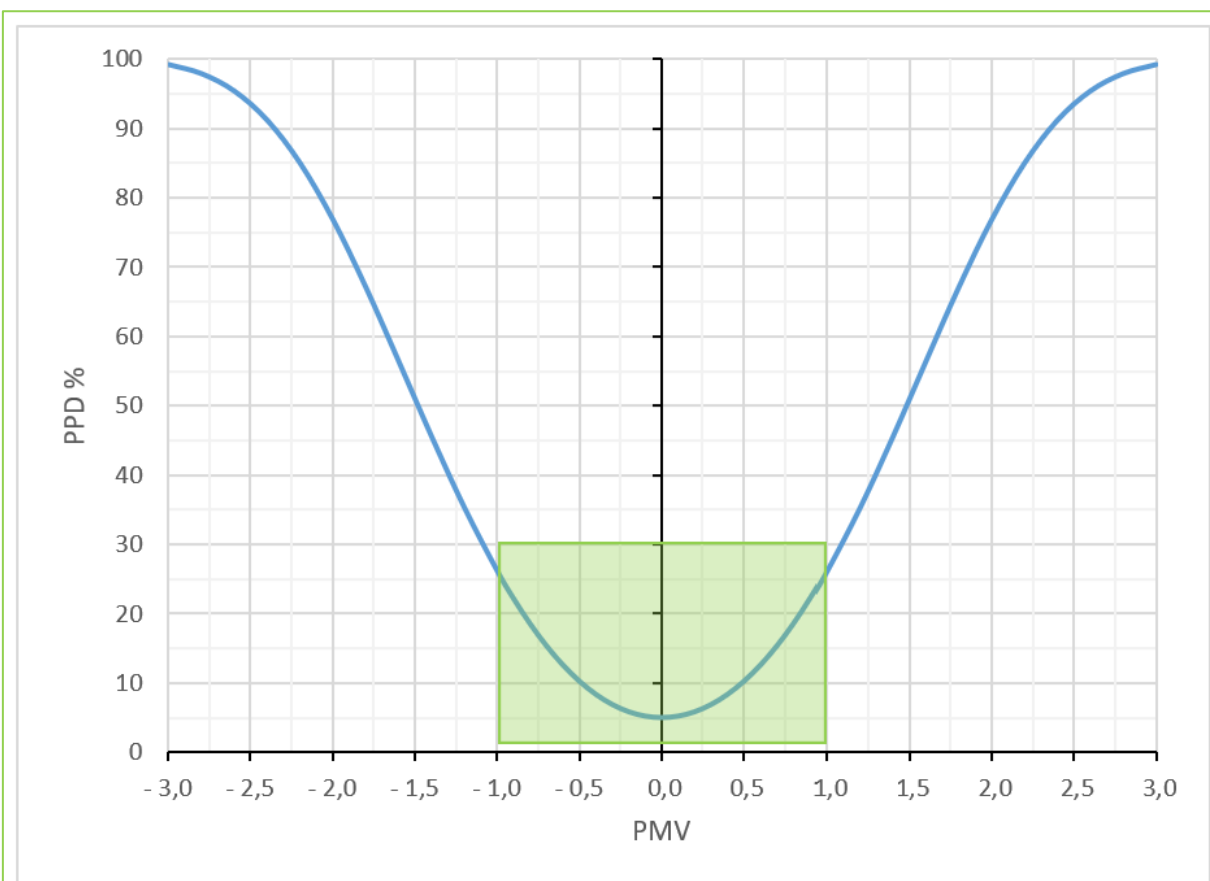
156. Gaisa sadales sistēmas projektē un ierīko tā, lai apkalpojamā telpas zonā nodrošinātu vienmērīgu pieplūdes gaisa sadali, nepārsniedzot pieļaujamo gaisa plūsmu ātrumu un netraucējot vietējo nosūces sistēmu darbību atbilstoši standartam LVS EN ISO 7730:2006 "Siltuma vides ergonomika. Termālā komforta analītiska noteikšana un interpretācija, izmantojot paredzamā vidējā balsojuma (PMV) un paredzamā

neapmierināto personu procenta (PPD) indeksu kalkulāciju un lokālā termālā komforta kritērijus" un standartam LVS EN 16798-1:2019 "Ēku energoefektivitāte. Ēku ventilācija. 1. daļa: Telpu mikroklimata ievades parametri ēku energoefektivitātes projektēšanai un novērtēšanai, ņemot vērā telpu gaisa kvalitāti, temperatūras režīmu, apgaismojumu un akustiku. M1-6 modulis".

Standarts LVS EN ISO 7730:2006 ir piemērots pieaugušo un veselu cilvēku siltuma komforta noteikšanai, bet nav piemērots bērniem, cilvēkiem ar kustības ierobežojumiem un gados esošiem cilvēkiem.

Kategorija	Termālais komforts kopuma		Lokālais diskomforts. PD - prognozējamais neapmierināto personu skaits			
	Prognozējamais neapmierināto personu skaits	Paredzamais vidējais vērtējums	Diskomforts no caurvēja	PD ko izraisa vertikālā gaisa temperatūras starpība	PD ko izraisa silta vai auksta grīda	PD ko izraisa siltumstarojuma asimetrija
	PPD (%)	PMV	DR (%)	PD (%)	PD (%)	PD (%)
A	< 6	-0,2 < PMV < +0,2	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 10	-0,5 < PMV < +0,5	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 15	-0,7 < PMV < +0,7	< 30	< 10	< 15	< 10

PMV	PPD (%)	Cilvēka pašsajūta
99%	+3	Karsti
77%	+2	Silti
26%	+1	Mēreni silti
5%	0	Neitrāli
26%	-1	Mazliet vēsi
77%	-2	Vēsi
99%	-3	Auksti



Kategorija	Termālais komforts kopuma		Lokālais diskomforts. PD - prognozējamais neapmierināto personu skaits			
	Prognozējamais neapmierināto personu skaits	Paredzamais vidējais vērtējums	Diskomforts no caurvēja	PD ko izraisa vertikālā gaisa temperatūras starpība	PD ko izraisa silta vai auksta grīda	PD ko izraisa siltumstarojuma asimetrija
	PPD (%)	PMV	DR (%)	PD (%)	PD (%)	PD (%)
A	< 6	-0,2 < PMV < +0,2	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 10	-0,5 < PMV < +0,5	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 15	-0,7 < PMV < +0,7	< 30	< 10	< 15	< 10

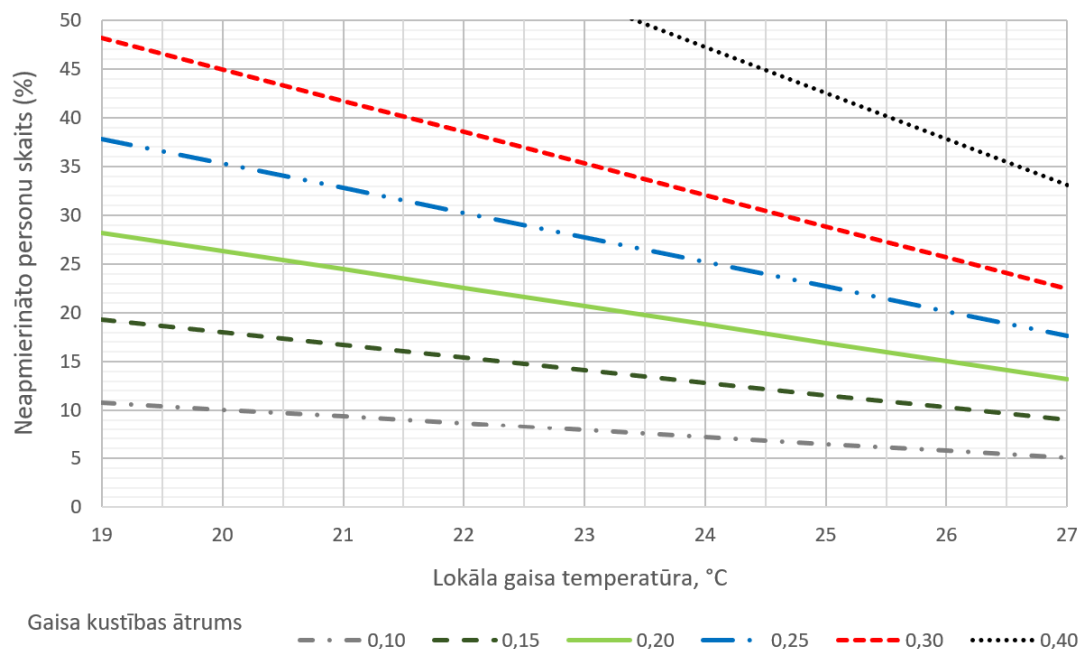
Caurvēja aprēķins

Vietējā turbulences intensitāte, % (no 10% līdz 60%)

40,0

Gaisa temperatūra °C	Gaisa kustības ātrums darba zona, m/sek					
	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40
19,00	11	19	28	38	48	71
20,00	10	18	26	35	45	66
21,00	9	17	24	33	42	61
22,00	9	15	23	30	39	57
23,00	8	14	21	28	35	52
24,00	7	13	19	25	32	47
25,00	6	12	17	23	29	43
26,00	6	10	15	20	26	38
27,00	5	9	13	18	22	33

Caurvēja ietekme uz komforta apstākļiem

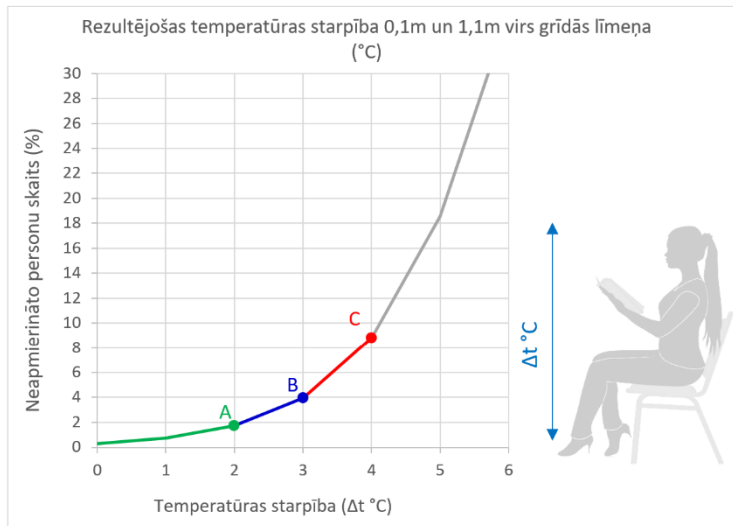


Kategorija	Termālais komforts kopuma		Lokālais diskomforts. PD - prognozējama neapmierināto personu skaits			
	Prognozējama neapmierināto personu skaits	Paredzamais vidējais vērtējums	Diskomforts no caurvēja	PD ko izraisa vertikālā gaisa temperatūras starpība	PD ko izraisa silta vai auksta grīda	PD ko izraisa siltumstarojuma asimetrija
	PPD (%)	PMV	DR (%)	PD (%)	PD (%)	PD (%)
A	< 6	-0,2 < PMV < +0,2	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 10	-0,5 < PMV < +0,5	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 15	-0,7 < PMV < +0,7	< 30	< 10	< 15	< 10

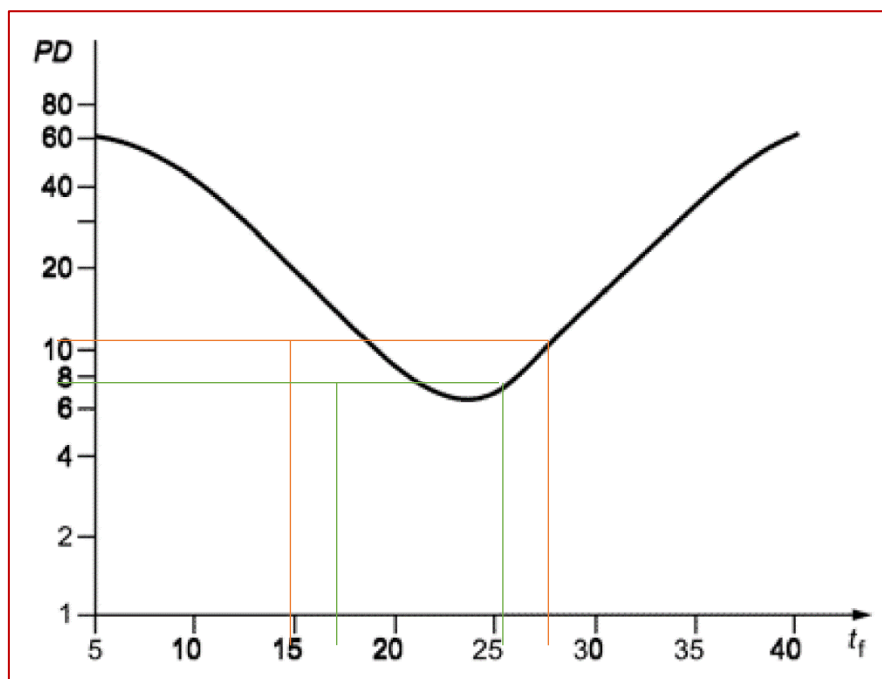
Neapmierināto personu skaits atkarība no rezultējošas temperatūras starpības pa vertikāli 0,1m un 1,1m virs grīdās līmeņa

Gaisa temperatūra, °C 24,0
Siltumstarojuma temperatūra, °C 18,0
Rezultējoša temperatūra. °C 21,0

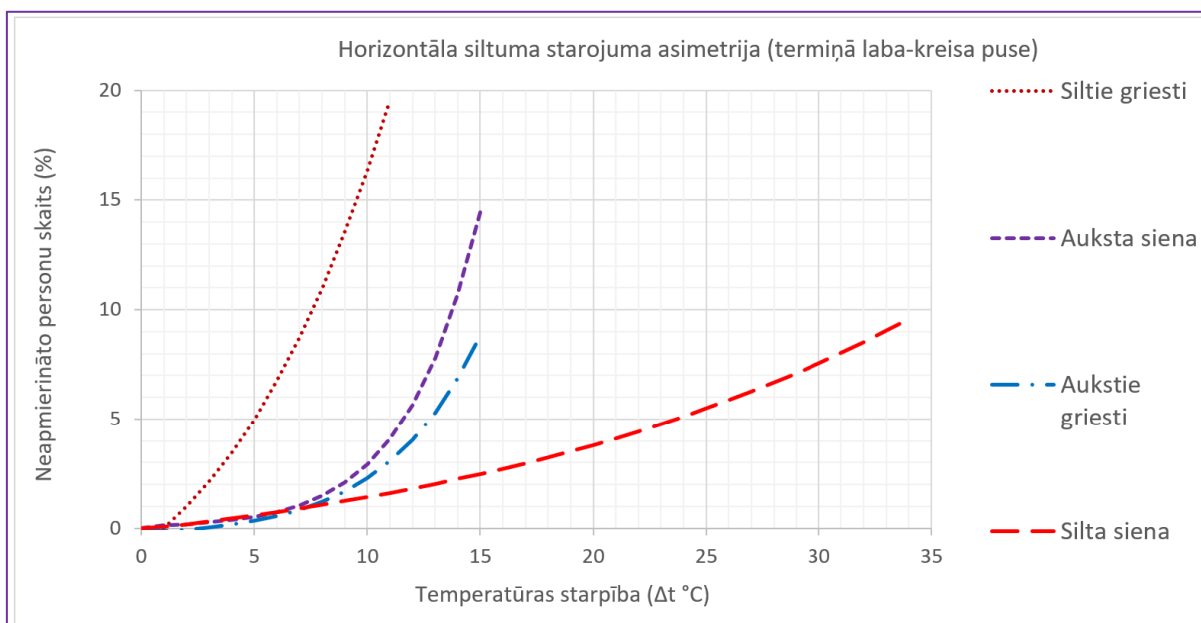
Rezultējošas temperatūras starpība, Δ °C	Neapmierināto personu skaits, PD %
0,00	0,3
1,00	0,7
2,00	1,7
3,00	3,9
4,00	8,8
5,00	18,5
6,00	34,9
7,00	55,8
8,00	74,8



Kategorija	Termālais komforts kopuma		Lokālais diskomforts. PD - prognozējama neapmierināto personu skaits			
	Prognozējama neapmierināto personu skaits	Paredzamais vidējais vērtējums	Diskomforts no caurvēja	PD ko izraisa vertikālā gaisa temperatūras starpība	PD ko izraisa silta vai auksta grīda	PD ko izraisa siltumstarojuma asimetrija
	PPD (%)	PMV	DR (%)	PD (%)	PD (%)	PD (%)
A	< 6	-0,2 < PMV < +0,2	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 10	-0,5 < PMV < +0,5	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 15	-0,7 < PMV < +0,7	< 30	< 10	< 15	< 10



Kategorija	Termālais komforts kopuma		Lokālais diskomforts. PD - prognozējamais neapmierināto personu skaits			
	Prognozējamais neapmierināto personu skaits	Paredzamais vidējais vērtējums	Diskomforts no caurvēja	PD ko izraisa vertikālā gaisa temperatūras starpība	PD ko izraisa silta vai auksta grīda	PD ko izraisa siltumstarojuma asimetrija
	PPD (%)	PMV	DR (%)	PD (%)	PD (%)	PD (%)
A	< 6	-0,2 < PMV < +0,2	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 10	-0,5 < PMV < +0,5	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 15	-0,7 < PMV < +0,7	< 30	< 10	< 15	< 10



Termāla komforta prognoze.

Cilvēka vielmaiņas ātrums atkarība no kustības aktivitātes.

Kustības aktivitāte, poza	Vielmaiņas intensitāte	
	W/m ² (Y')	met (Y)
Atrašanas pusgūļus stāvoklī	46	0,8
Sēžot, atslābinājies	58	1,0
Sēdošs darbs (birojā, mājās, skolā, laboratorijā)	70	1,2
Viegla fiziskā slodze, darbs stāvus (pērkot preces, vieglā rūpniecība)	93	1,6
Vidēja fiziskā slodze, darbs stāvošā stāvoklī (pārdevējs, mājas darbi, darbs pie darbagalda)	116	2,0
Staigāšana ar ātrumu:		
2 km/st.	110	1,9
3 km/st.	140	2,4
4 km/st.	165	2,8
5 km/st.	200	3,4

Temperatūras izolācija atkarībā no dažādiem apģērbu veidiem.

Nr.	Darba apģērbi	clo (X)	m ² ·C/W (X)
1	Apakšbikses, kombinezons, zeķes, kurpes	0,70	0,110
2	Apakšbikses, t-krekls, kombinezons, zeķes, kurpes	0,80	0,125
3	Apakšbikses, t-krekls, bikses, darba halāts, zeķes, kurpes	0,90	0,140
4	Apakšveļa, t-krekls, krekls, bikses, žaketes, zeķes, kurpes	1,00	0,155
5	Apakšveļa ar garām piedurknēm un apakšbiksēm, silta jaka, zeķes, kurpes	1,20	0,185
6	Apakšējā ar īsām piedurknēm un apakšbiksēm, krekls, bikses, žaketes, smaga stepēta jaka un bikses, zeķes, kurpes	1,40	0,220
7	Apakšējā ar garam piedurknēm un apakšbiksēm, krekls, bikses, žaketes, smaga stepēta jaka un bikses, zeķes, kurpes cepures, cimdi	2,00	0,310
8	Apakšējā ar garam piedurknēm un apakšbiksēm, siltum aizsargāta jaka un bikses, siltinātas bikses, zeķes, kurpes, cepure, cimdi	2,55	0,395
	Ikdienas apģērbs		
9	Apakšbikses, krekls, šorti, vieglās zeķes, sandales	0,30	0,050
10	Apakšbikses, krekls ar īsām piedurknēm, vieglās bikses, vieglās zeķes, apavi	0,50	0,080
11	Apakšbikses, sieviešu apakšveļa, zeķubikses, kleita, kurpes	0,70	0,105
12	Apakšveļa, krekls, bikses, zeķes, kurpes	0,70	0,110
13	Apakšbikses, krekls, bikses, žaketes, zeķes, kurpes	1,00	0,155
14	Apakšbikses, zeķubikses, blūze, gara svārka, žakete, kurpes	1,10	0,170
15	Apakšveļa ar garām piedurknēm un apakšbiksēm, krekls, bikses, džemperis, žakete, zeķes, kurpes	1,30	0,200
16	Apakšveļa ar īsām piedurknēm un apakšbiksēm, krekls, bikses, veste, žakete, mētelis, zeķes, kurpes	1,50	0,230

Situācijas piemērs: Ziema. Tirdzniecības centrs.

Problēma: Pārdevējiem ir auksti, apmeklētājiem karsti.

Prognose pārdevējiem:

- prognozējamais vidējais vērtējums (PMV) -0.93 (mēreni vēsi);
- prognozējamais neapmierināto personu skaits (PPD) 23.1%.

Prognose apmeklētājiem:

- prognozējamais vidējais vērtējums (PMV) 1.04 (mēreni silti);
- prognozējamais neapmierināto personu skaits (PPD) 27.6%.

DATU IEVADE

Vielmaiņas intensitāte (tabula B.1.)	1,2 (met)
Ārējais mehāniskais darbs (parasti ap 0)	0 (met)
Apģērbu siltumizolācija (tabula C.1.)	0,6 (clo)
Gaisa temperatūra	22,0 (°C)
Vidējā starojuma temperatūra	20,0 (°C)
Gaisa relatīvais mitrums	30 (RH %)
Gaisa ātrums	0,05 (m/c)

PĀRBAUDE
Ievadītajai un aprēķinātajai temperatūrai uz apģērba virsmas jāsakrīt

Atšķirībai jābūt tieši 0

APRĒĶINĀT 28,01 (°C)
0,00 (°C)

REZULTĀTS

Prognozētais vidējais rādītājs (PMV) -0,93

Prognozētais neapmierināto personu skaits (PPD) 23,1 (%)

SILTUMA ZUDUMU KOMPONENTES

Kopējā siltuma plūsma (kopējais siltums)	87,4 (W/m2)
Konvekcijas zudumi	24,8 (W/m2)
Siltuma zudumi radiācijas dēļ	36,9 (W/m2)
Siltuma zudumi svišanas dēļ (ērti)	4,9 (W/m2)
Siltuma zudumi caur ādu	13,6 (W/m2)
Slēptie siltuma zudumi elpošanas dēļ	6,0 (W/m2)
Siltuma zudumi sausas elpas dēļ	1,2 (W/m2)
Kopējā bilance	-17,6 (W/m2)

DATU IEVADE

Vielmaiņas intensitāte (tabula B.1.)	1,9 (met)
Ārējais mehāniskais darbs (parasti ap 0)	0 (met)
Apģērbu siltumizolācija (tabula C.1.)	1,5 (clo)
Gaisa temperatūra	22,0 (°C)
Vidējā starojuma temperatūra	20,0 (°C)
Gaisa relatīvais mitrums	30 (RH %)
Gaisa ātrums	0,05 (m/c)

PĀRBAUDE
Ievadītajai un aprēķinātajai temperatūrai uz apģērba virsmas jāsakrīt

Atšķirībai jābūt tieši 0

APRĒĶINĀT 24,78 (°C)
0,00 (°C)

REZULTĀTS

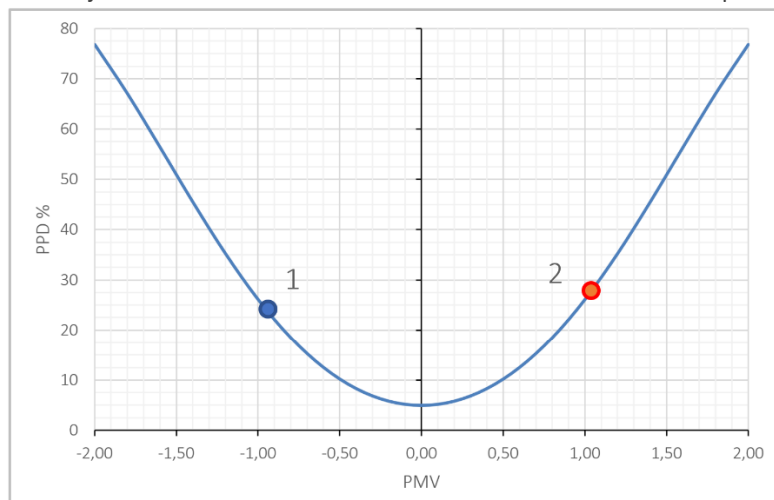
Prognozētais vidējais rādītājs (PMV) 1,04

Prognozētais neapmierināto personu skaits (PPD) 27,6 (%)

SILTUMA ZUDUMU KOMPONENTES

Kopējā siltuma plūsma (kopējais siltums)	79,7 (W/m2)
Konvekcijas zudumi	10,2 (W/m2)
Siltuma zudumi radiācijas dēļ	23,4 (W/m2)
Siltuma zudumi svišanas dēļ (ērti)	22,0 (W/m2)
Siltuma zudumi caur ādu	12,7 (W/m2)
Slēptie siltuma zudumi elpošanas dēļ	9,5 (W/m2)
Siltuma zudumi sausas elpas dēļ	1,9 (W/m2)
Kopējā bilance	30,7 (W/m2)

Pārdevēji



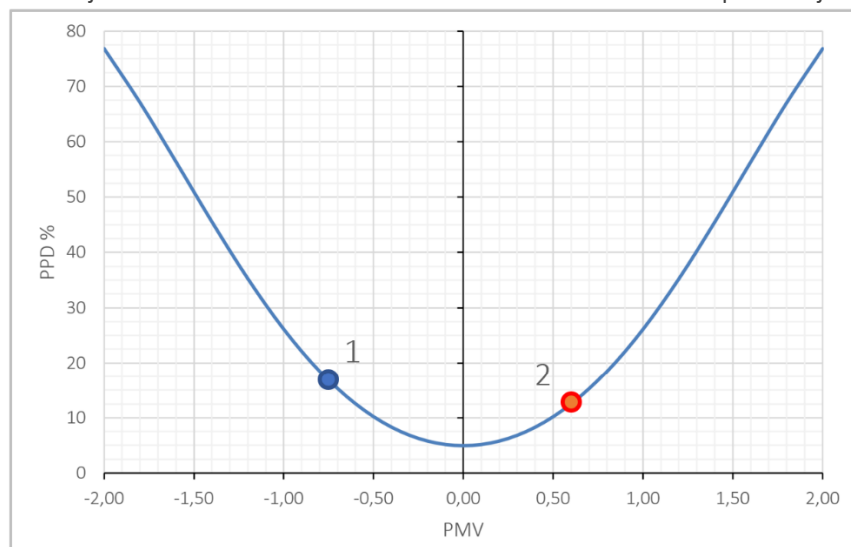
Apmeklētāji

Rekomendācija.

Ja apģērba siltumizolāciju pārdevējiem palielinātu no 0.6 clo (apakšveļa, zeķes, bikses, krekliņš ar īsām piedurknēm, kurpes) līdz 1.1 clo (apakšveļa, zeķes, bikses, blūze, uzvalks, apavi) un telpas temperatūru pazeminātu no 22°C līdz 18°C. Tad, termālā komforta prognoze būs sekojoša:

DATU IEVADE	
Vielmaiņas intensitāte (tabula B.1.)	1,2 (met)
Ārējais mehāniskais darbs (parasti ap 0)	0 (met)
Apģērbu siltumizolācija (tabula C.1.)	1,1 (clo)
Gaisa temperatūra	18,0 (°C)
Vidējā starojuma temperatūra	17,0 (°C)
Gaisa relatīvais mitrums	30 (RH %)
Gaisa ātrums	0,05 (m/c)
PĀRBAUDE	
Ievadītajai un aprēķinātajai temperatūrai uz apģērba virsmas jāsakrīt	
Atšķirībai jābūt tieši 0	APRĒĶINĀT 23,92 (°C) 0,00 (°C)
REZULTĀTS	
Prognozētais vidējais rādītājs (PMV)	-0,77
Prognozētais neapmierināto personu skaits (PPD)	17,5 (%)
SILTUMA ZUDUMU KOMPONENTES	
Kopējā siltuma plūsma (kopējais siltums)	84,4 (W/m2)
Konvekcijas zudumi	25,5 (W/m2)
Siltuma zudumi radiācijas dēļ	32,1 (W/m2)
Siltuma zudumi svišanas dēļ (ērti)	4,9 (W/m2)
Siltuma zudumi caur ādu	14,1 (W/m2)
Slēptie siltuma zudumi elpošanas dēļ	6,2 (W/m2)
Siltuma zudumi sausas elpas dēļ	1,6 (W/m2)
Kopējā bilance	-14,6 (W/m2)

Pārdevēji



Prognose pārdevējiem:

- prognozējamais vidējais vērtējums (PMV) -0.77 (mēreni vēsi);
- prognozējamais neapmierināto personu skaits (PPD) 17.5%.

Prognose apmeklētājiem:

- prognozējamais vidējais vērtējums (PMV) 0.64 (mēreni silti);
- prognozējamais neapmierināto personu skaits (PPD) 13.6%.

Rezultātā, neapmierināto personu skaits būtiski samazināsies.

Ietaupījums

Izskatīsīm sekojošu piemēru – konkrētajiem ēkas parametriem nav lielas nozīmes (jo nemainās īpatnējais siltuma raksturojums), procentuālā līdzsakarība būs identiska.

Telpas temperatūra 22°C, siltuma zudumi 100kW, īpatnējais siltuma raksturojums 0.359W/m3K.

DATU IEVADE	
Vielmaiņas intensitāte (tabula B.1.)	1,9 (met)
Ārējais mehāniskais darbs (parasti ap 0)	0 (met)
Apģērbu siltumizolācija (tabula C.1.)	1,5 (clo)
Gaisa temperatūra	18,0 (°C)
Vidējā starojuma temperatūra	17,0 (°C)
Gaisa relatīvais mitrums	30 (RH %)
Gaisa ātrums	0,05 (m/c)
PĀRBAUDE	
Ievadītajai un aprēķinātajai temperatūrai uz apģērba virsmas jāsakrīt	
Atšķirībai jābūt tieši 0	APRĒĶINĀT 22,40 (°C) 0,00 (°C)
REZULTĀTS	
Prognozētais vidējais rādītājs (PMV)	0,64
Prognozētais neapmierināto personu skaits (PPD)	13,6 (%)
SILTUMA ZUDUMU KOMPONENTES	
Kopējā siltuma plūsma (kopējais siltums)	91,5 (W/m2)
Konvekcijas zudumi	18,2 (W/m2)
Siltuma zudumi radiācijas dēļ	25,7 (W/m2)
Siltuma zudumi svišanas dēļ (ērti)	22,0 (W/m2)
Siltuma zudumi caur ādu	13,2 (W/m2)
Slēptie siltuma zudumi elpošanas dēļ	9,9 (W/m2)
Siltuma zudumi sausas elpas dēļ	2,5 (W/m2)
Kopējā bilance	19,0 (W/m2)

Apmeklētāji

Ēkas kopējie siltuma zudumi	$\Sigma Q =$	100 000	W
Ēkas apjoms pēc ārējiem izmēriem	$V =$	6 000	m ³
Temperatūra telpa	$t_T =$	22	°C
Argaisa temperatūra	$t_{a5} =$	-10	°C
Koeficients atkarīgs no t_{a5}	$a =$	1,45	
Īpatnējais siltuma raksturojums	$q_o =$	0,359	W/m ³ *K

Samazināsim telpas temperatūru līdz 18°C, nemainot īpatnējo siltuma raksturojuma koeficientu. Iegūsim siltuma zudumu samazinājumu līdz 87.5kW.

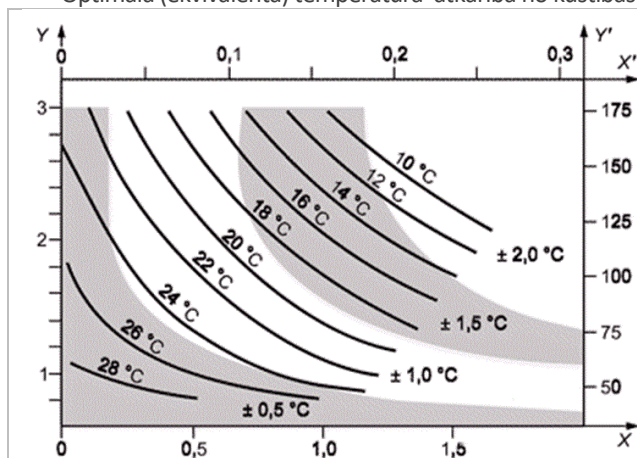
Ēkas kopējie siltuma zudumi	$\Sigma Q =$	87 500	W
Ēkas apjoms pēc ārējiem izmēriem	$V =$	6 000	m ³
Temperatūra telpa	$t_T =$	18	°C
Argaisa temperatūra	$t_{a5} =$	-10	°C
Koeficients atkarīgs no t_{a5}	$a =$	1,45	
Īpatnējais siltuma raksturojums	$q_o =$	0,359	W/m ³ *K

Atkarībā no ārējā gaisa temperatūras, ietaupījums var svārstīties diapazonā no 7 līdz 15%. Ņemot vērā vidējo āra gaisa temperatūru apkures sezonā (1.1°C), reālais ietaupījums no temperatūras samazināšanas no 22–18°C var sastādīt 5–7%.

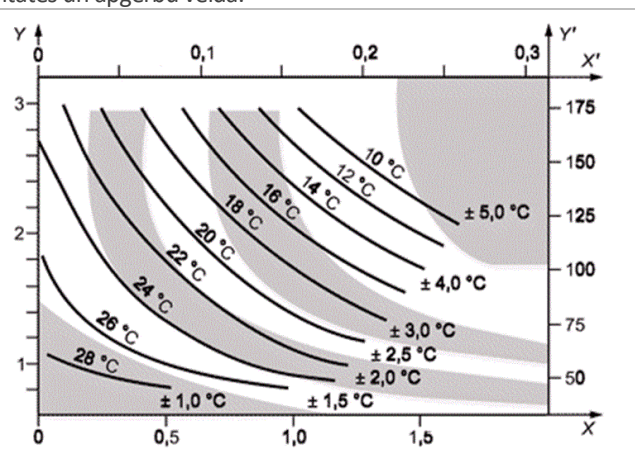
Optimāla (ekvivalenta) temperatūra

Optimāla (ekvivalenta) temperatūra – iedomājamas apkārtējās vides, vienmērīga temperatūra, pie kuras cilvēks zaudē tikpat siltuma ar siltumstarojumu un konvekciju, cik reālā vidē ar nevienmērīgu temperatūru.

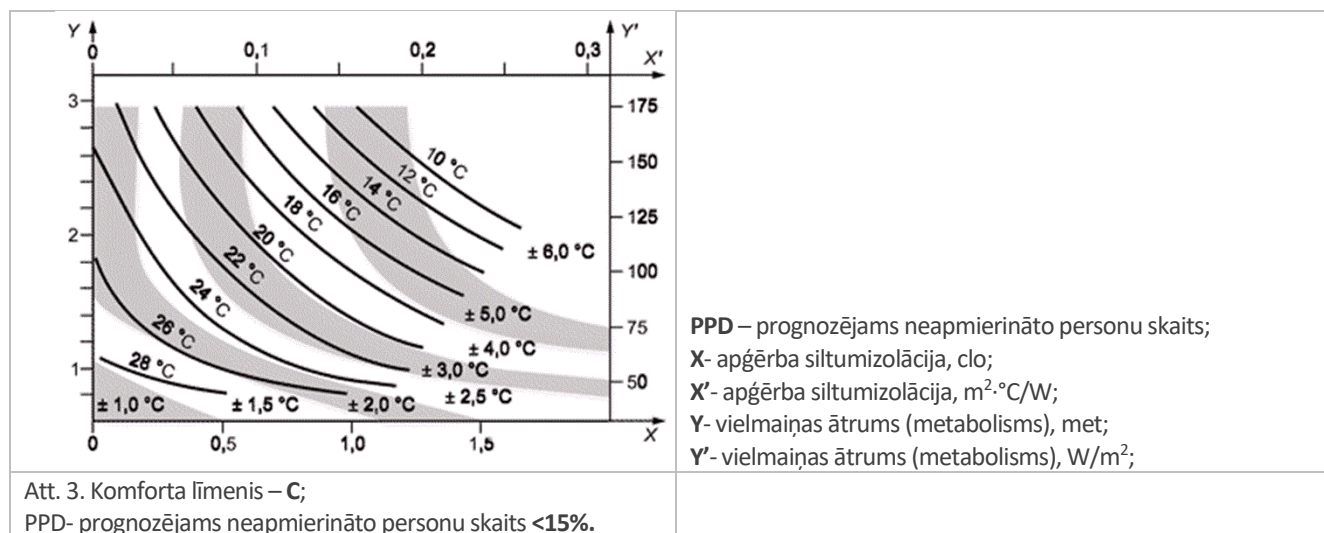
Optimāla (ekvivalenta) temperatūra atkarībā no kustības aktivitātes un apģērba veida.



Att. 1. Komforta līmenis – A;
PPD- prognozējams neapmierināto personu skaits <6%.

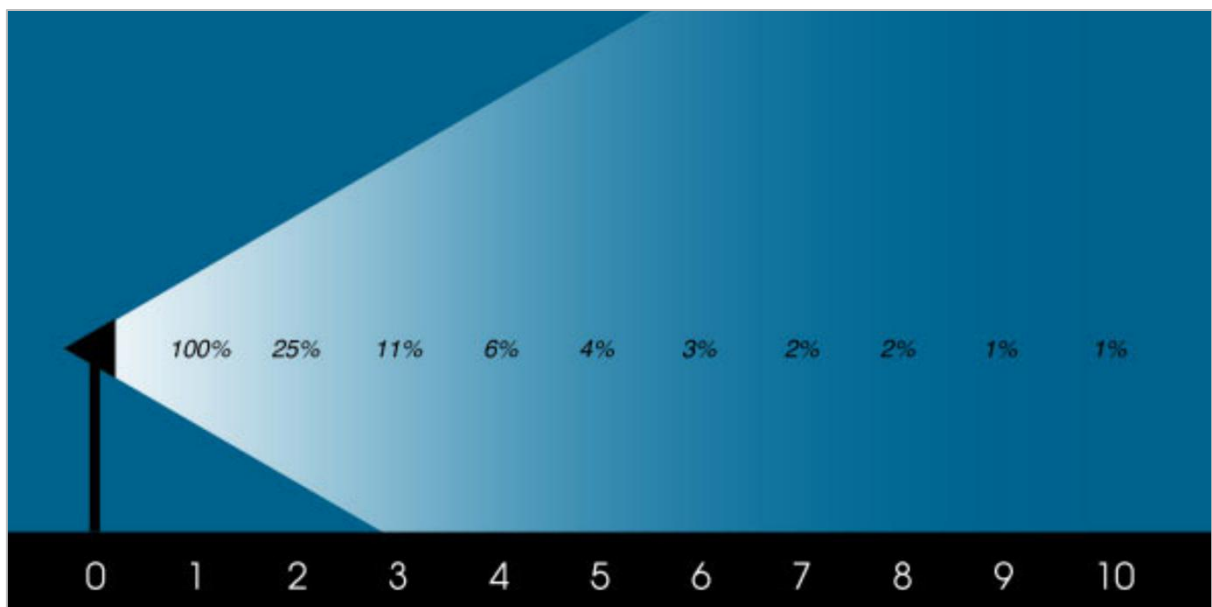
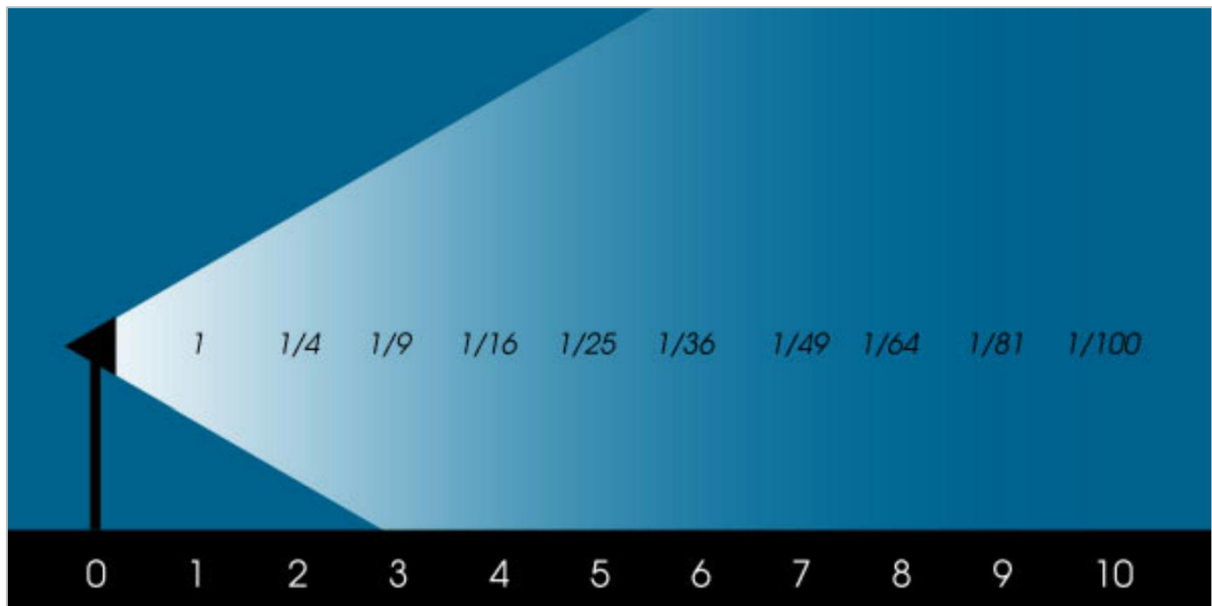


Att. 2. Komforta līmenis – B;
PPD- prognozējams neapmierināto personu skaits <10%.



Piemērs optimālas temperatūras aprēķins apkures sezonām.	
Dots:	Cilvēka kustības aktivitāte - sēdošs darbs (biroja, mājas, skola, laboratorija). Vielmaiņas ātrums – 1.2 met. Viegls apģērba veids (apakšveļa, t-krekls, krekls, bikses, žaketes, zeķes, kurpes). Apģērba siltumizolācija – 1.0 clo Gaisa temperatūra darba zonā: $T_g = 22^\circ\text{C}$. Siltuma starojuma temperatūra darba zonā: $T_{st} = 16^\circ\text{C}$.
Noteikt:	Optimālas temperatūras B komforta līmenim.
Risinājums:	- Attēlā 2. meklējam optimālo temperatūru B komforta līkni. Pie 1.2 met (Y asis) un 1.0 clo (X asis), optimālā temperatūra (X un Y ass krustpunkta) būs 20°C un pieļaujamais temperatūras diapazons apkārt optimālajai temperatūrai $\pm 2.5^\circ\text{C}$. - Rezultējošā temperatūra $= T_{rez} = \frac{T_g + T_{st}}{2}^\circ\text{C}$; kur: T_g - gaisa temperatūra darba zonā, $^\circ\text{C}$; T_{st} – siltumstarojuma temperatūra darba zonā, $^\circ\text{C}$. - Aprēķinām minimālo siltuma starojuma temperatūru darba zonā pie gaisa temperatūras 22°C: $T_{st} = \left(T_{rez} - \frac{T_g}{2}\right) \cdot 2 = \left(20 - \frac{22}{2}\right) \cdot 2 = 18^\circ\text{C}$. - Aprēķinām nepieciešamo gaisa temperatūru pie siltuma starojuma temperatūras 16°C: $T_g = \left(T_{rez} - \frac{T_{st}}{2}\right) \cdot 2 = \left(20 - \frac{16}{2}\right) \cdot 2 = 24^\circ\text{C}$.
Rezultāts:	Lai nodrošinātu B klases komforta līmeni ar PPD <10%, pie gaisa temperatūras telpā 22°C , siltuma starojuma temperatūrai jābūt ne zemāk par 18°C .
Secinājumi:	Sildķermeņus jāizvieto tā, lai paceltu siltumstarojuma temperatūru no norobežojošām konstrukcijām no 16 līdz 18°C .
Piemērs optimālas temperatūras aprēķins vasaras sezonām.	
Dots:	Cilvēka kustības aktivitāte, poza - sēdošs darbs (biroja, mājas, skola, laboratorija). Vielmaiņas ātrums – 1.2 met Apģērba veids - apakšbikses, sieviešu apakšveļa, zeķubikses, kleita, kurpes. Apģērba siltumizolācija – 0.7 clo. Gaisa temperatūra darba zonā: $T_g = 21^\circ\text{C}$. Siltuma starojuma temperatūra darba zonā: $T_{st} = 30^\circ\text{C}$.
Noteikt:	Optimālas temperatūras C komforta līmenim.
Risinājums:	- Attēlā 3. meklējam optimālo temperatūru C komforta līkni. Pie 1.2 met (Y asis) un 0.7 clo (X asis) optimālā temperatūra (X un Y ass krustpunkta) būs 23°C un pieļaujamais temperatūras diapazons apkārt optimālajai temperatūrai $\pm 3.0^\circ\text{C}$. - Aprēķinām maksimālo siltuma starojuma temperatūru darba zonā pie gaisa temperatūras 21°C: $T_{st} = \left(T_{rez} - \frac{T_g}{2}\right) \cdot 2 = \left(23 - \frac{21}{2}\right) \cdot 2 = 25^\circ\text{C}$. - Aprēķinām nepieciešamo gaisa temperatūru pie siltuma starojuma temperatūras 30°C: $T_g = \left(T_{rez} - \frac{T_{st}}{2}\right) \cdot 2 = \left(23 - \frac{30}{2}\right) \cdot 2 = 16^\circ\text{C}$.
Rezultāts:	Lai nodrošinātu C klases komforta līmeni ar PPD <15%, pie gaisa temperatūras telpā 21°C , siltuma starojuma temperatūrai jābūt zemāk par 25°C .
Secinājumi:	Īpašu uzmanību jāpievērš logu apēnošanai, lai samazinātu siltuma starojuma intensitāti un paceltu komforta līmeni darba zonā.

Siltuma starojums



Jautājumi un uzdevumi

1. Kādi faktori ietekme cilvēka termālo komfortu?

2. Kādi faktori ietekme diskomfortu no caurvēja?

3. Kāds ir pieļaujamais ar termālo komfortu neapmierināto personu skaits B kategorijai?

- a) < 5%
- b) < 10%
- c) < 15%

4. Kāda ir maksimāli pieļaujama siltas grīdas temperatūra C kategorijai?

- a) < 25°C
- b) < 30°C
- c) < 35°C

5. Noteikt optimālo (ekvivalento), minimālo un maksimālo siltuma starojuma temperatūras B kategorijas biroju darbiniekam.

6. Noteikt B kategorijas komforta apstākļus ziemas un vasaras sezonām sekojošiem darba apstākļiem:

- a) metinātājs kurš patstāvīgi strādā cehā
- b) pavārs
- c) biroju darbinieks
- d) ūdens atrakciju parkā

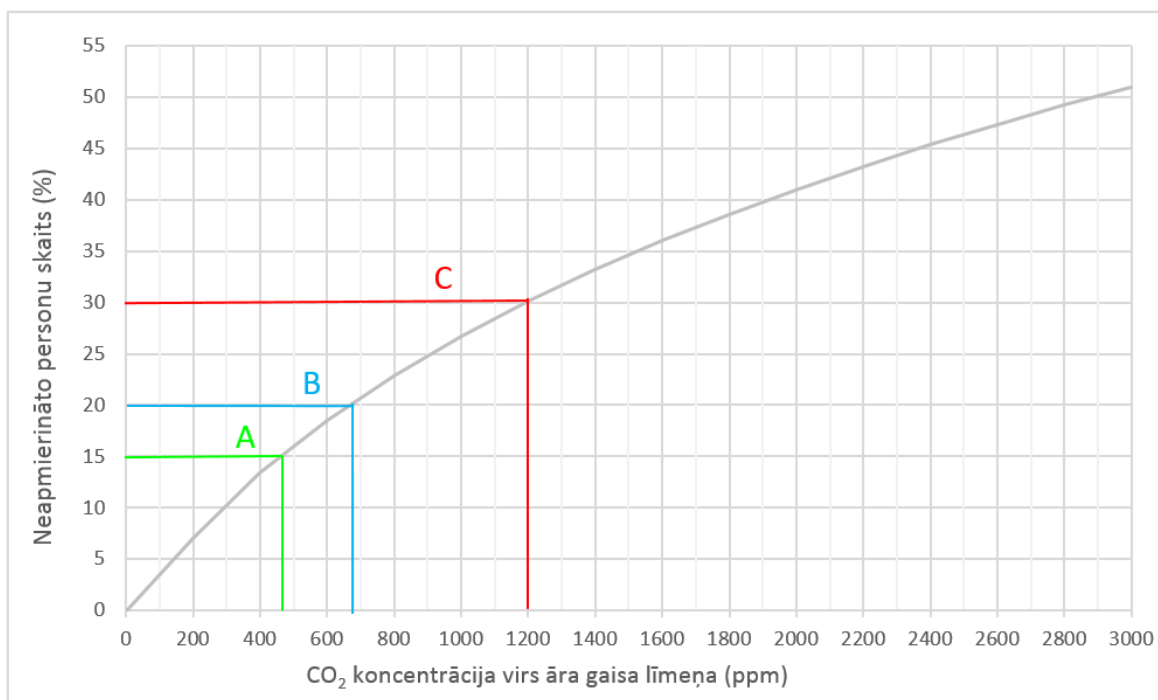
7. Noteikt A, B un C kategorijas komforta apstākļus biroju darbiniekam starpsezonu laikā.

Gaisa apmaiņa

Gaisa apmaiņas noteikšanai pēc CO₂ izdalījumiem

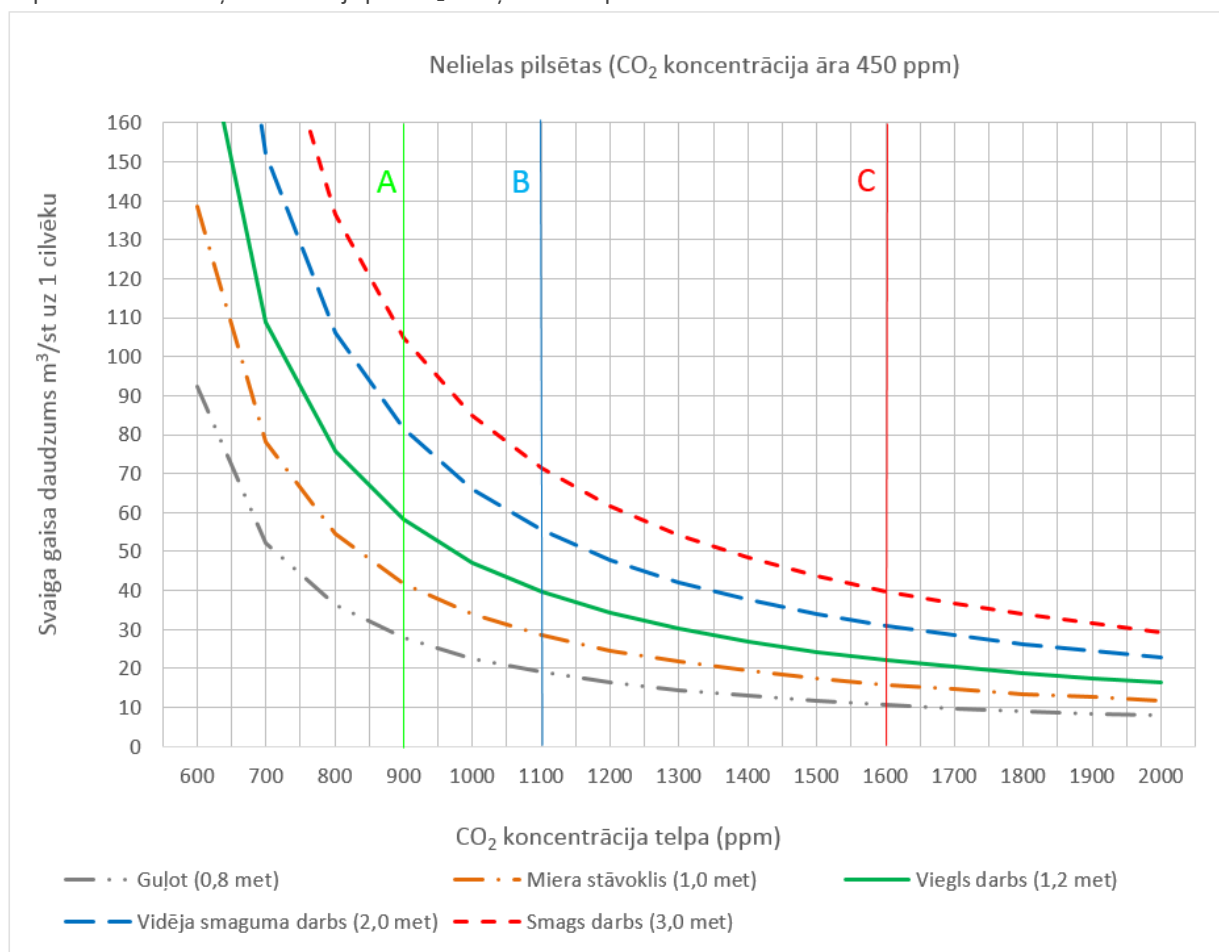
Aktivitāte	Izdalījumi no 1. cilvēka		
	l/st	g/st	ppm
Guļot (0,8 met)	12	18	12000
Miera stāvoklis (1,0 met)	18	27	18000
Viegls darbs (1,2 met)	25	38	25000
Vidēja smaguma darbs (2,0 met)	35	53	35000
Smags darbs (3,0 met)	45	68	45000
Pieļaujama CO ₂ koncentrācija gaisā			
Telpas ar patstāvīgo cilvēku klātbūtni (dzīvojamās telpas)	1,0	1,51	1000
Slimnīcas un bērnu izglītības iestādes	0,7	1,06	700
Telpas ar ilgtermiņa cilvēku klātbūtni (iestādes)	1,25	1,89	1250
Telpas ar īslaicīgo cilvēku klātbūtni (iestādes)	2,0	3,02	2000
Apdzīvotas vietas (ciemati)	0,4	0,60	400
Nelielas pilsētas	0,47	0,71	470
Lielas pilsētas	0,57	0,86	570

Telpas komforta līmeņa klasifikācija pēc CO₂ līmeņa gaisā.



Rīgā CO₂ koncentrācija āra gaisā sastāda ≈ 450 ppm. Pilsētas centra aprēķinos iespējams izmantot 550 ppm, nelielos ciematos 350 ppm.

Telpas komforta līmeņa klasifikācija pēc CO₂ līmeņa nelielās pilsētās.



Piemērs nr. 1.

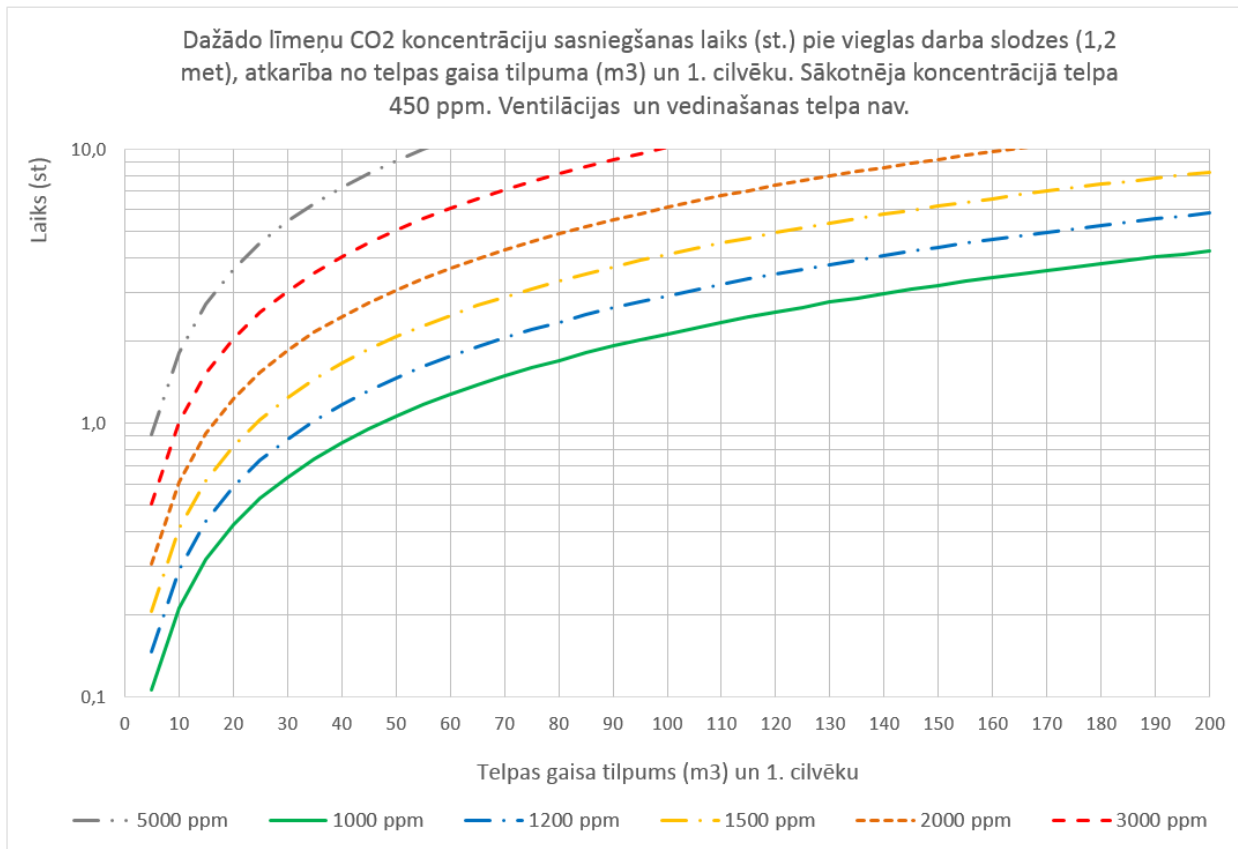
Dots:	Noteikt nepieciešamo gaisa apmaiņu telpā atbilstoši A klasei pie darba slodzes 3.0 met. Cilvēku skaits telpā: 20 cilvēki.
-------	--

Risinājums:	Grafikā (3.8) meklējam A klases CO ₂ vērtību (900 ppm, horizontālās vērtības) un krustpunktu ar darba slodzes līkni 3.0 met (sarkana). Projektācija uz vertikālo asi būs nepieciešamais svaigā gaisa daudzums uz 1 cilvēku, 105 m ³ /h.
Rezultāts:	Nepieciešamā gaisa apmaiņa A klasei pie 3.0 met: 105·20=2100 m ³ /h.
Piemērs nr. 2.	
Dots:	Noteikt nepieciešamo gaisa apmaiņu telpā atbilstoši B klasei pie darba slodzes 1.2 met. Cilvēku skaits telpā: 20 cilvēki.
Risinājums:	B klases CO ₂ vērtība ir 1100 ppm, un krustpunktu ar vieglas slodzes līkni 1.2 met (zaļa). Projektācijām uz vertikālo asi un nepieciešamais svaigā gaisa daudzums uz 1 cilvēku būs 40 m ³ /h.
Rezultāts:	Nepieciešamā gaisa apmaiņa B klasei pie 1,2 met: 40·20=800 m ³ /h.
Piemērs nr. 3.	
Dots:	Noteikt nepieciešamo gaisa apmaiņu telpā atbilstoši C klasei pie darba slodzes 1.0 met. Cilvēku skaits telpā: 20 cilvēki.
Rezultāts:	Nepieciešamā gaisa apmaiņa C klasei pie 1,0 met: 16·20=320 m ³ /h.
Secinājumi:	Cilvēku aktivitātes veids lielākā mērā ietekmē gaisa kvalitāti telpās nekā A, B vai C kvalitātes kritēriji. Piemēram, pie vieglas slodzes (1.2 met) starpība starp A klases (58 m ³ /h uz cilvēku) un C klases (22 m ³ uz cilvēku) sastāda 58-22=36 m ³ /h uz cilvēku, bet starp A klases smaga darba (3.0 met) un miera stāvokli (0.8 met) sastāda attiecīgi 105-28=77 m ³ /h uz cilvēku.

Piezīmes:

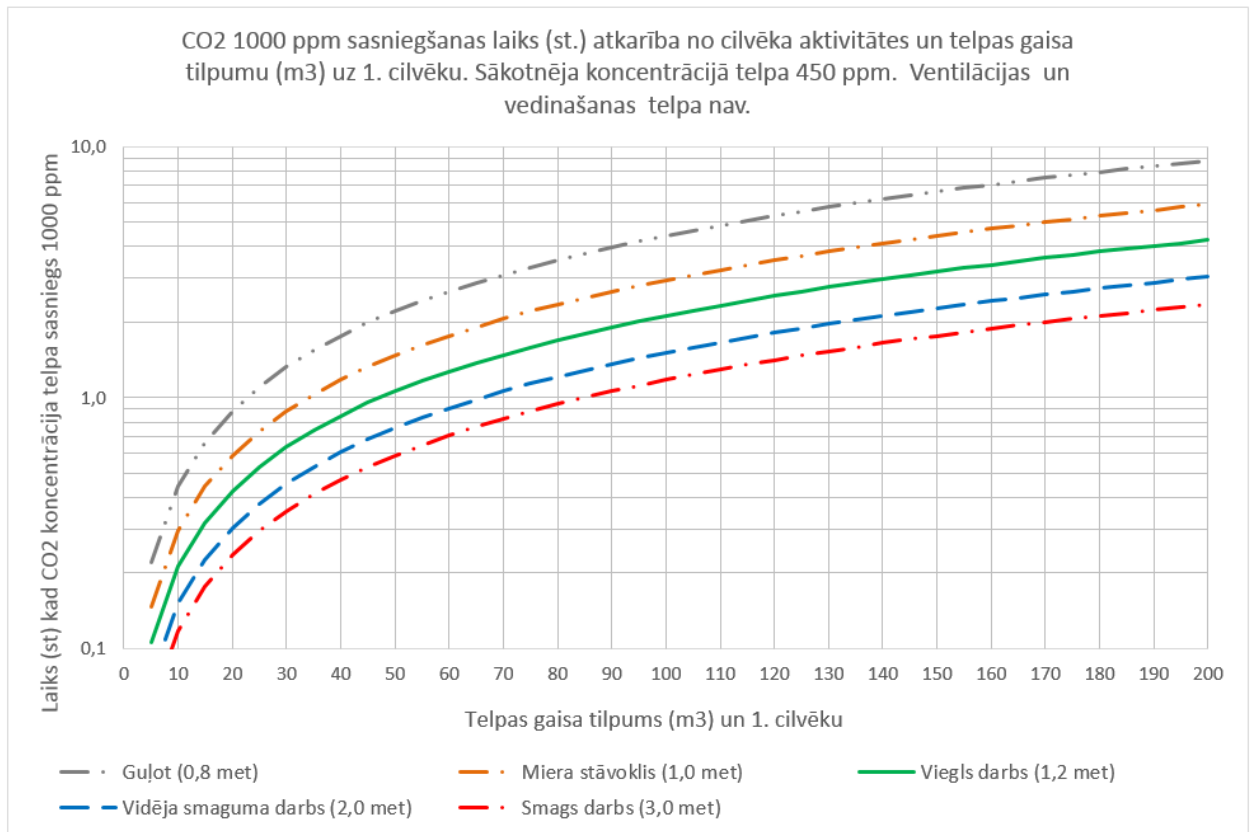
Aprēķinos netika ņemts vērā cilvēku dzimums, vecums un svars. Iespējams izmantot korekcijas koeficientus, sievietēm - 0.85, bērniem - 0.75.

Dažādo CO₂ koncentrāciju sasniegšanas laiks pie vieglas darba slodzes (1.2 met).



Piemērs nr. 4. 1500ppm CO ₂ koncentrāciju sasniegšanas laiks pie vieglas darba slodzes (1.2 met)	
Dots:	Telpas izmēri 10m x 20m, griestu augstums 3m; Cilvēku skaits telpā: 20 cilvēki.
Risinājums:	Telpas tilpums = 10·20·3=600m ³ Telpas tilpums uz 1 cilvēku = 600/20=30 m ³ /cilvēku. Grafikā meklējam attiecīgo tilpuma vērtību uz vienu cilvēku (horizontālās vērtības) un meklējam krustpunktu 1500 ppm līknes (dzeltena). Projektācija uz vertikālo asi būs rezultāts 1.3 stundas vai 1.3·60=78 minūtes.

Rezultāts:	CO2 koncentrācija 1500 ppm tiks sasniegta pēc 78 minūtēm ¹ .
Piemērs nr. 5. Noteikt CO2 koncentrāciju pēc 8 stundām pie vieglas darba slodzes (1.2 met)	
Dots:	Telpas izmēri 4m x 5m, griestu augstums 2.5m; Cilvēku skaits telpā: 2 cilvēki.
Risinājums:	Telpas tilpums = 4·5·2.5=50m ³ Telpas tilpums uz 1 cilvēku = 50/2=25 m ³ /cilv. Grafikā meklējam attiecīgo tilpuma vērtību uz vienu cilvēku (horizontālās vērtības) un 8 stundas (vertikālās, logaritmiskās vērtības), un meklējam krustpunktu. Krustpunkts atrodas virs 5000 ppm līknes.
Rezultāts:	Pēc 8 stundām CO2 koncentrācija telpā pārsniegs 5000 ppm Ошибка! Закладка не определена. 1000ppm sasniegšanas laiks telpā atkarībā no cilvēka aktivitātes.



Piemērs nr. 6. 1000ppm CO2 koncentrāciju sasniegšanas laiks pie nelielas slodzes (1.0 met)	
Dots:	Telpas izmēri 10m x 20m, griestu augstums 3m; Cilvēku skaits telpā: 20 cilvēki.
Risinājums:	Telpas tilpums = 10·20·3=600m ³ Telpas tilpums uz 1 cilvēku = 600/20=30 m ³ /cilv. Grafikā meklējam attiecīgo tilpuma vērtību uz vienu cilvēku (horizontālās vērtības) un meklējam krustpunktu ar 1.0 met līkni (brūna). Projektā uz vertikālo asi būs rezultāts 0.9, vai 0.9·60=54 minūtes.
Rezultāts:	CO2 koncentrācija 1000 ppm tiks sasniegta pēc 54 minūtēm.

Jautājumi un uzdevumi

1. Noteikt B kategorijai atbilstošu gaisa apmaiņu vienam cilvēkam sporta zālē.
2. Noteikt A, B un C kategorijai atbilstošas gaisa apmaiņas vienam cilvēkam biroju telpā.
3. Noteikt B kategorijai atbilstošu gaisa apmaiņu mācību klase, ja tajā atrodas 15 cilvēki.

¹ Pie nosacījuma, ka telpā nenotiek vēdināšanas un ventilācijas procesi.