



TALLINNA
TEHNIKAÜLIKOOL

Madal- ja liginullenergia büroohoonete fassaadide lahendused

Doktorant: Martin Thalfeldt

Nooremteadur: Ergo Pikas

Juhendaja: Jarek Kurnitski



SISSEJUHATUS

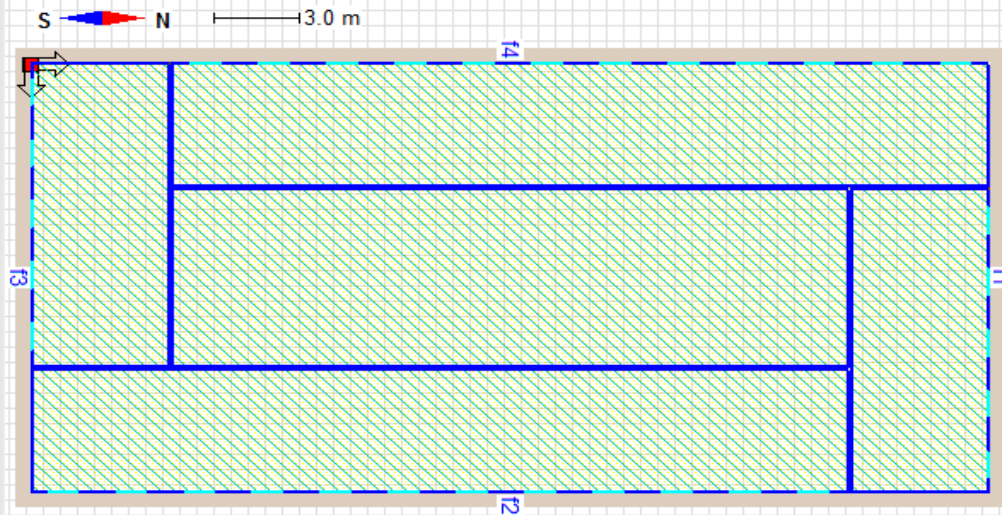
- Töö eesmärk on välja töötada juhendmaterjal/printsiibid energia- ja kulusäästlike välisfassaadide projekteerimiseks
- Rõhk võimalikult madala soojusläbivusega ja kõrge valgusläbivusega akendel
- Avatud plaaniga büroohoone simuleerimine.
- Klaaspakettide tüübid – 2 kuni 5 klaasi, kirkad või päikesekaitsepaketid, välisvarjestuse olemasolu
- Analüüsi välisfassaadi investeringut ja selle tasuvust
kulutõhusaim/majanduslikult põhjendatuim -> min. 20 aasta NPV

UURIMISTÖÖ METOODIKA

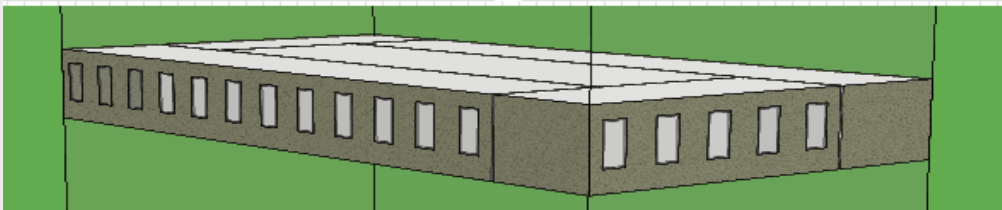


- Simulatsiooni juhtumite valik (konstruktivism: iteratiivne etappideks jagatud uuring).
- Kriteerium kulusäästlike lahenduste hindamiseks on minimaalne nüüdisväärtus, mis kajastab esmast investeeringut ja energiakulu 20 aasta perspektiivis.

Kõige efektiivsem energiatarve \neq min €



*Simuleeritav
tüüpkorrus*





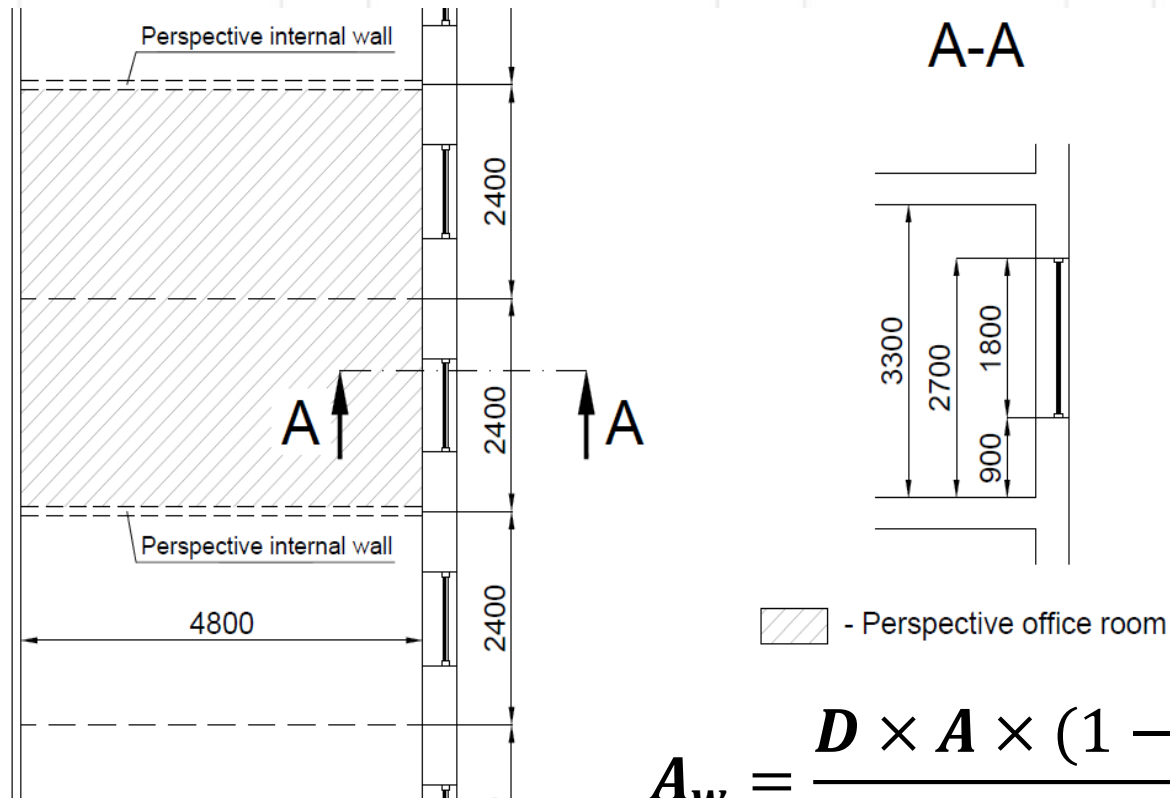
UURIMISTÖÖ METOODIKA: LÄHTEOLUKORD

- Arvutused üldiselt vastavalt VVm nr 63 ja 68
- Vabasoojused:
 - Inimesed 5 W/m^2
 - Seadmed 12 W/m^2
 - Valgustus 5 W/m^2
- Nõudluspõhine valgustus, valgustase töökohal 500 lx
- Välisvarjestus või kardinaid on ees, kui kiirgustase välisseinale on üle 200 W/m^2
- Kaugküte, külmamasina $\text{COP}=3.0$
- Ventilatsiooni $\text{SFP}=1.5$, $\eta=80\%$



MINIMAALNE AKNA SUURUS

- Keskmise päevavalguse tegur peab olema $\geq 2\%$
- Aknad on valitud minimaalse suurusega

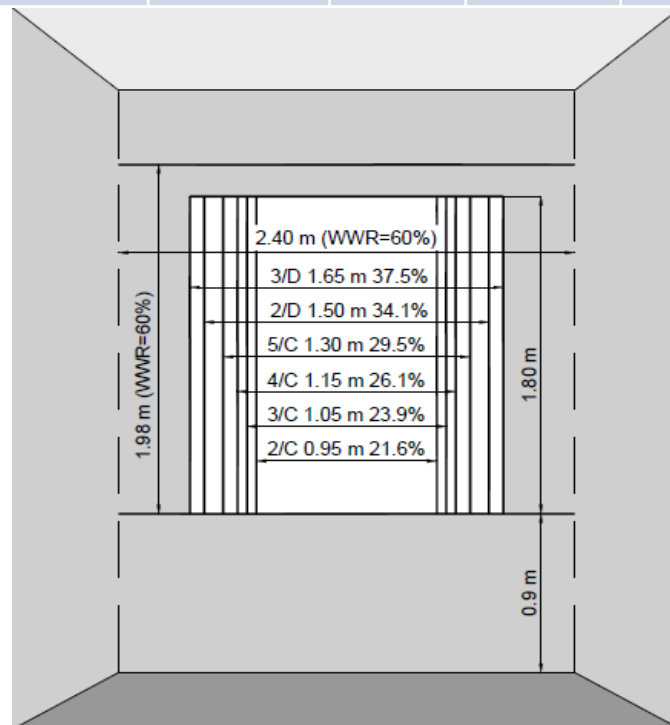


$$A_w = \frac{D \times A \times (1 - R^2)}{T \times \theta \times m}$$



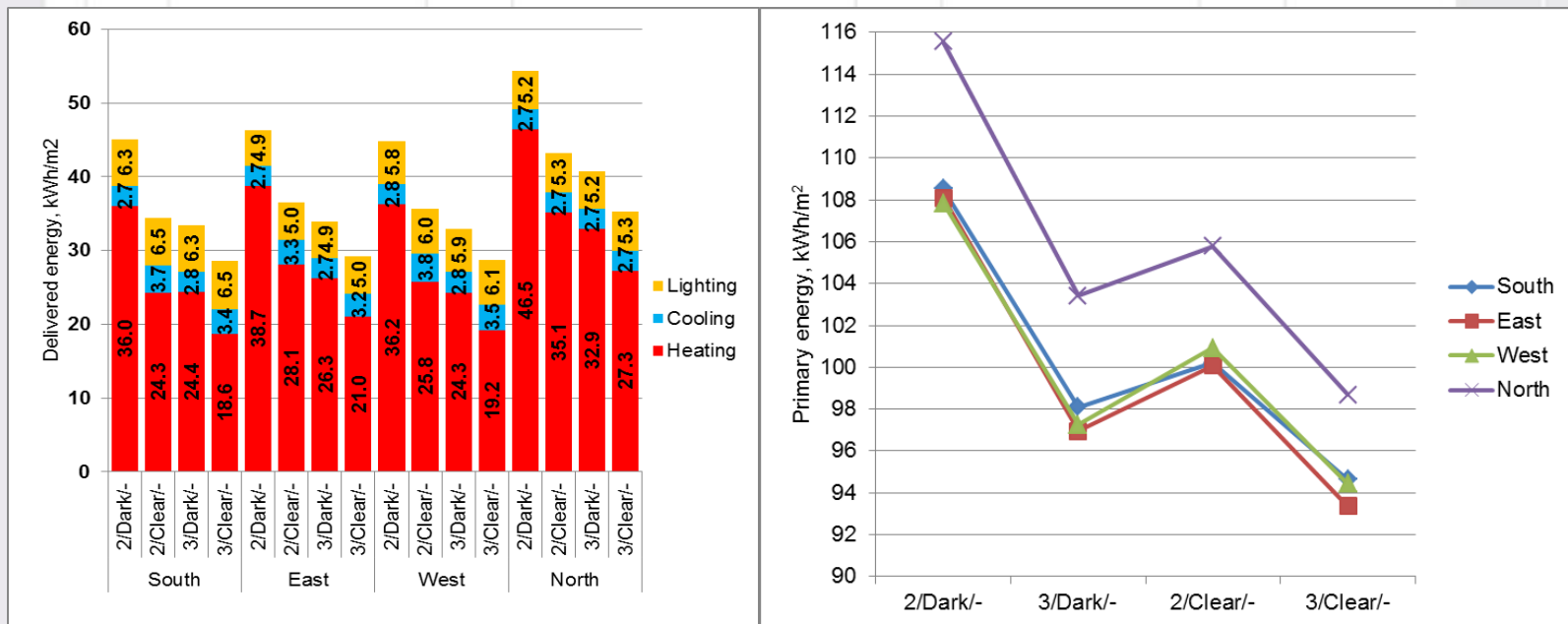
AKENDE MINIMAALSED SUURUSED

Variant	Klaaspakett				WWR, %	Akna laius, m
	Klaaside arv	Soojusläbivus, $W/(m^2 \cdot K)$	Päikese faktor $g, -$	Valgusläbivus $T_{vis}, -$		
2/Tume	2	1.0	0.27	0.50	34.1	1.50
2/Kirgas	2	1.1	0.61	0.78	21.6	0.95
3/Tume	3	0.54	0.24	0.45	37.5	1.65
3/Kirgas	3	0.54	0.49	0.70	23.9	1.05
4/Kirgas	4	0.32	0.36	0.63	26.1	1.15
5/Kirgas	5	0.21	0.24	0.56	29.5	1.30



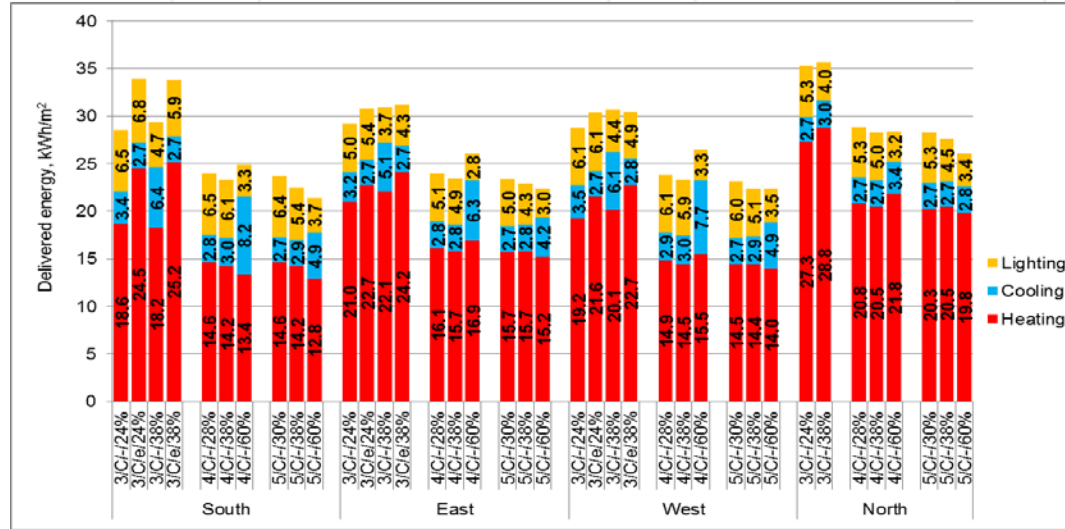


KAS KIRKAD VÕI PÄIKESEKAITSEKLAASID?

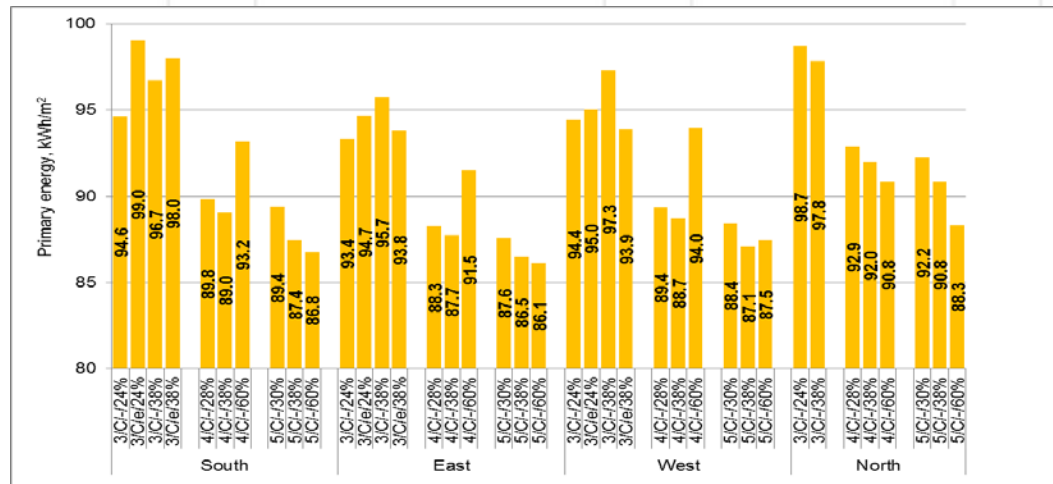


Kirgaste klaaspakettidega on võimalik saavutada parem energiatõhusus!

MILLINE AKENDE SUURUS?



- Soojapidavate akende suuruse muutumisel pole kütteenergia muutus väga oluline; vastukaaluks väheneb valgustuse energiatarve
- Väikeste aknapindade puhul välisvarjestus pigem ei paranda energiatarvet

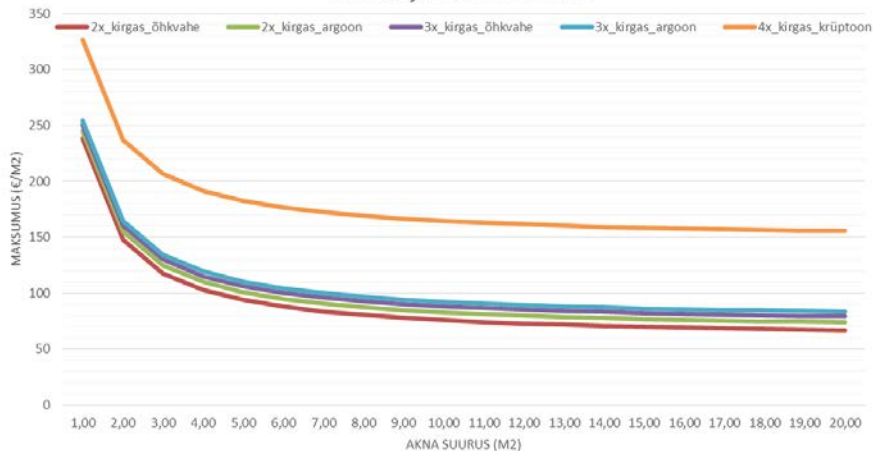




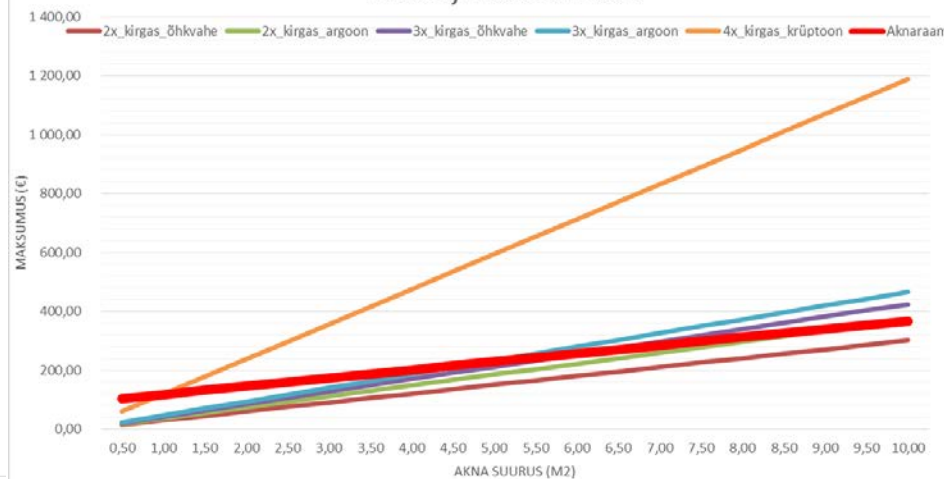
AKENDE HIND

- Ühikhind koosneb: profiilist; paketest; ja paigaldustasu
- Raami hind on domineeriv teatud suuruseni, olenevalt paketest
- 4-kordne aken on oluliselt kallim teistes akendest

Akna ja raami suhe

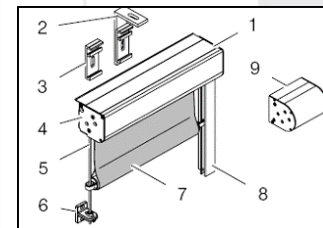
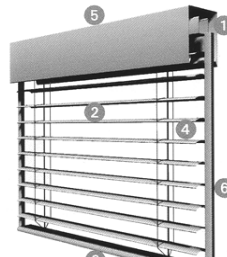


Akna ja raami suhe





ÜHIKHIINAD



Nr	Akna tüüp	Pindala (m ²)	Ribikardinate ühikhind (€)	Ruutmeetri hind	Rulookarindate ühikhind (€)	Ruutmeetri hind
1	1242-AK-2kordne_kirgas_õhkvahe_900x1800mm	1,62	578,00	356,79	559,00	345,06
2	1242_Ak-3kordne_kirgas_õhkvahe_1000x1800mm	1,80	603,00	335,00	559,00	310,56
3	1242_Ak-3kordne_kirgas_argoon_1000x1800mm	1,80	603,00	335,00	559,00	310,56
4	1242_Ak-4kordne_kirgas_krüptoon_1100x1800mm	1,98	618,00	312,12	559,00	282,32
5	1242_Ak-4kordne_kirgas_krüptoon_1150x1800mm	2,07	632,00	305,31	595,00	287,44
6	1242_Ak-5kordne_kirgas_krüptoon_1300x1800mm	2,34	643,00	274,79	613,00	261,97
7	1242_Ak-3kordne_kirgas_argoon_1650x1800mm	2,97	703,00	236,70	683,00	229,97
8	1242_Ak-5kordne_kirgas_krüptoon_11900x1980mm	23,56	3372,00	143,11	3913,00	166,07

Seinapaneel: välisviimistlus+80mm betoon väliskiht+mineraalvill+150 mm kandev osa+sile vormipind

Nr	Elemendi kirjeldus	Materjali ühikhind	Paigaldamise ühikhind	Platsi üldkulu (7,5 %)	Ühikhind	Ühik
1	1241_VS_SW-paneel_80x150x150	107,00 €	15,00 €	9,15 €	131,15 €	EUR/m ²
2	1241_VS_SW-paneel_80x180x150	134,00 €	15,00 €	11,18 €	160,18 €	EUR/m ²
3	1241_VS_SW-paneel_80x200x150	152,00 €	15,00 €	12,53 €	179,53 €	EUR/m ²
4	1241_VS_SW-paneel_80x240x150	188,00 €	15,00 €	15,23 €	218,23 €	EUR/m ²
5	1241_VS_SW-paneel_80x250x151	197,00 €	15,00 €	15,90 €	227,90 €	EUR/m ²
6	1241_VS_SW-paneel_80x280x150	224,00 €	15,00 €	17,93 €	256,93 €	EUR/m ²
7	1241_VS_SW-paneel_80x300x150	242,00 €	15,00 €	19,28 €	276,28 €	EUR/m ²
8	1241_VS_SW-paneel_80x340x150	278,00 €	15,00 €	21,98 €	314,98 €	EUR/m ²
9	1241_VS_SW-paneel_80x390x150	323,00 €	15,00 €	25,35 €	363,35 €	EUR/m ²

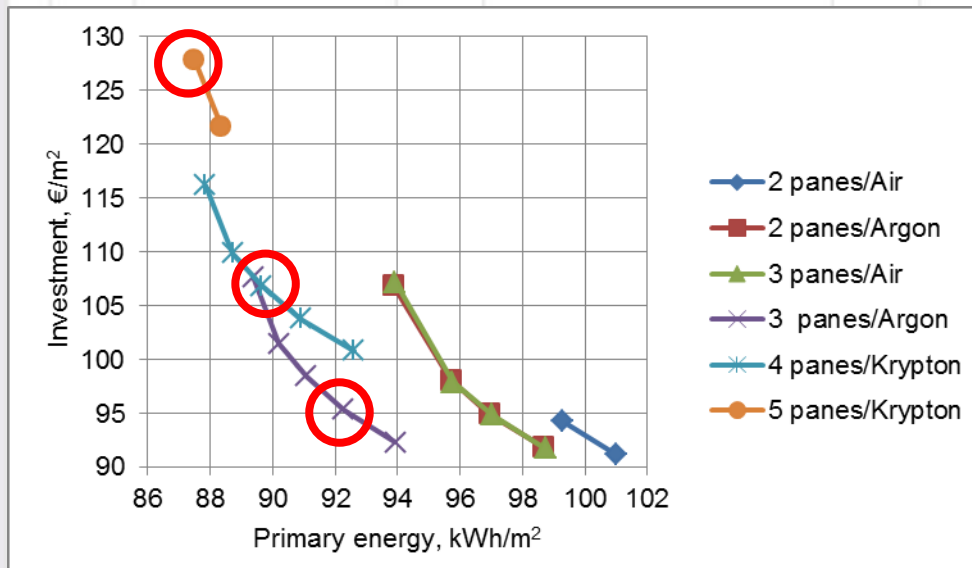


INVESTEERING KOKKU

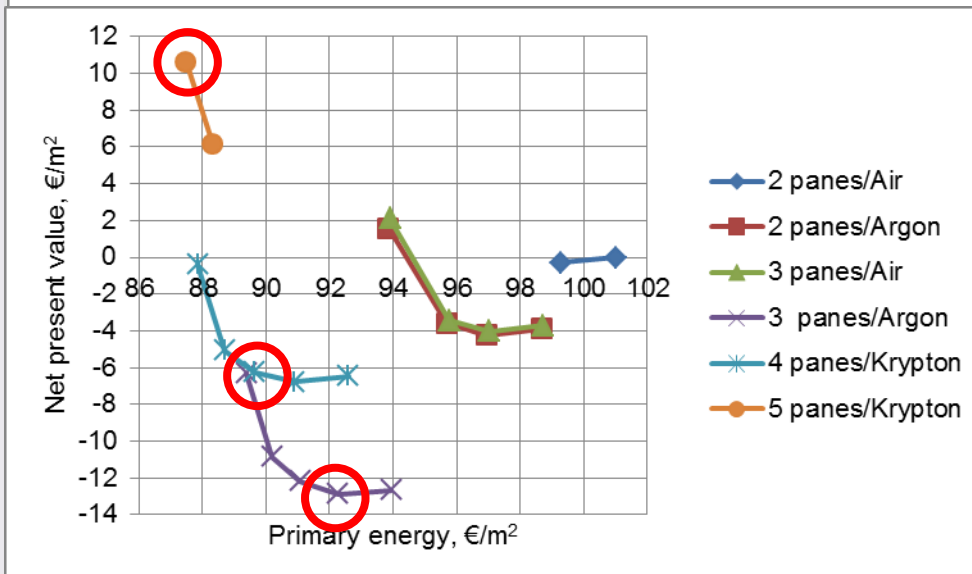
- Akende hinnad kallinevad märkimisväärselt alates neljakordsest aknapaketist
- Soojustuse paksuse suurendamisel hinnatõus sujuv

Klaas- pakett	2/Õhk	2/Ar	3/Õhk	3/Ar	4/Kry	5/Kry
Soojustuse paksus, mm						
150	91.1	91.9	91.8	92.3	100.8	-
200	94.3	95.0	94.8	95.3	103.8	-
250	-	98.1	97.9	98.4	106.8	-
300	-	-	-	101.5	109.8	121.7
390	-	106.9	107.2	107.6	116.2	127.9

TASAKAALUSTATUD KLAASIDE ARVU JA SOOJUSTUSE PAKSUSE VALIK!

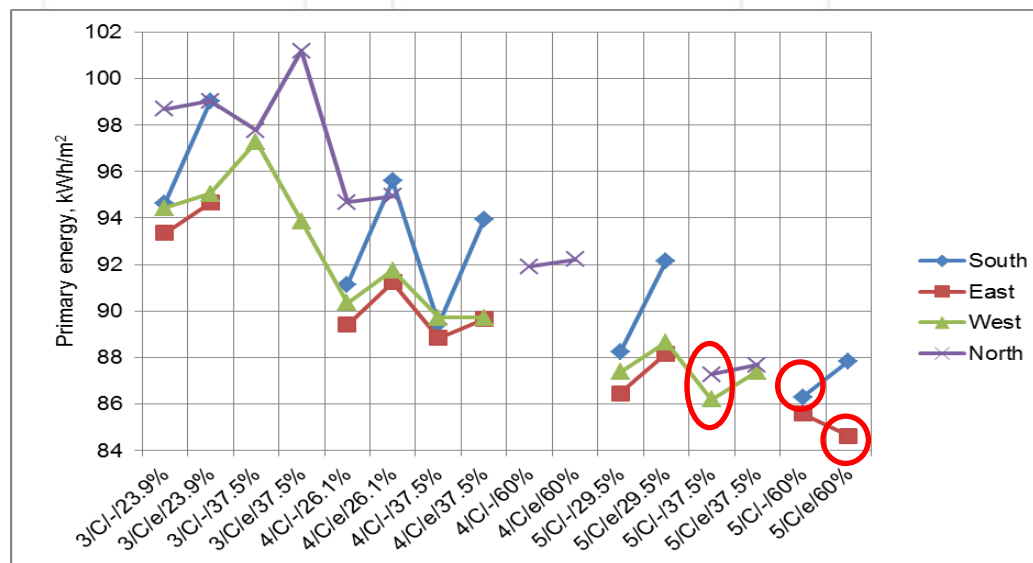
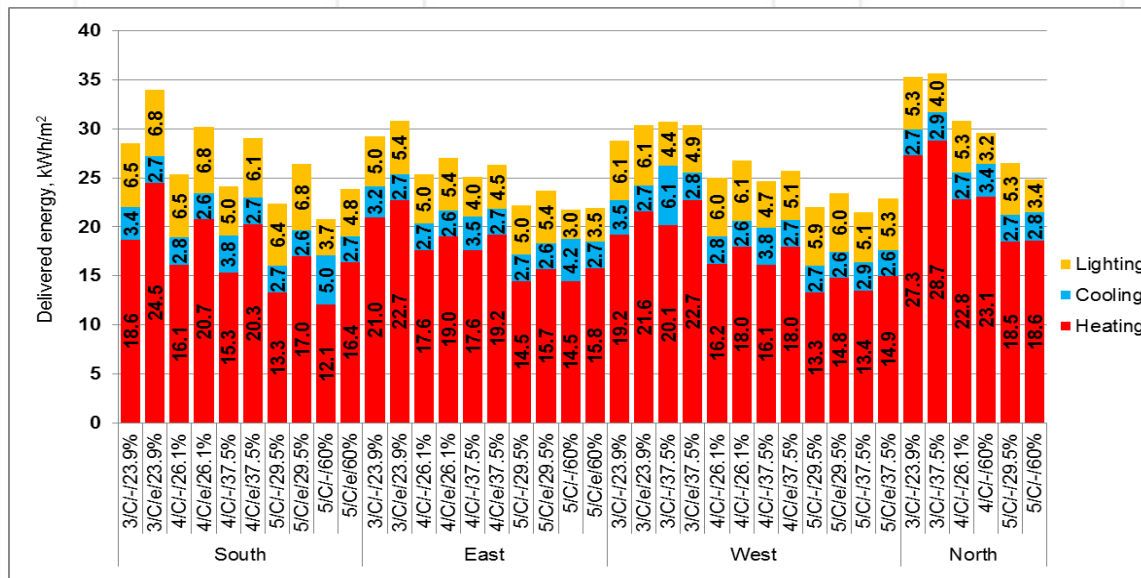


- 3-kordne pakett – soojustus 200 mm (U=0,16)
- 4-kordne pakett – soojustus 250 mm (U=0,13)
- 5-kordne pakett – soojustus 390 mm (U=0,09)





ENERGIATÕHUSAIMAD FASSAADI LAHENDUSED

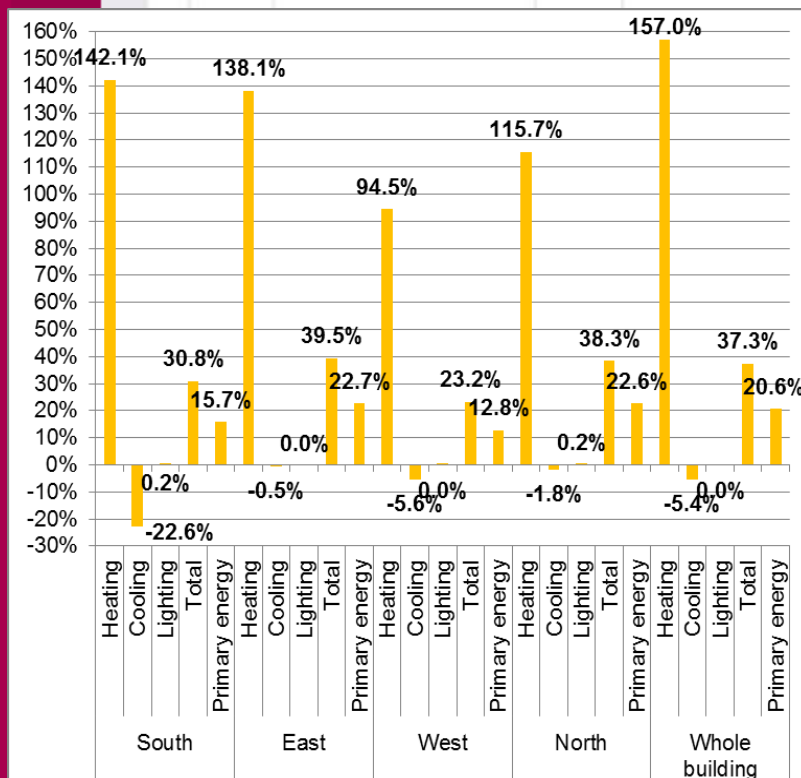




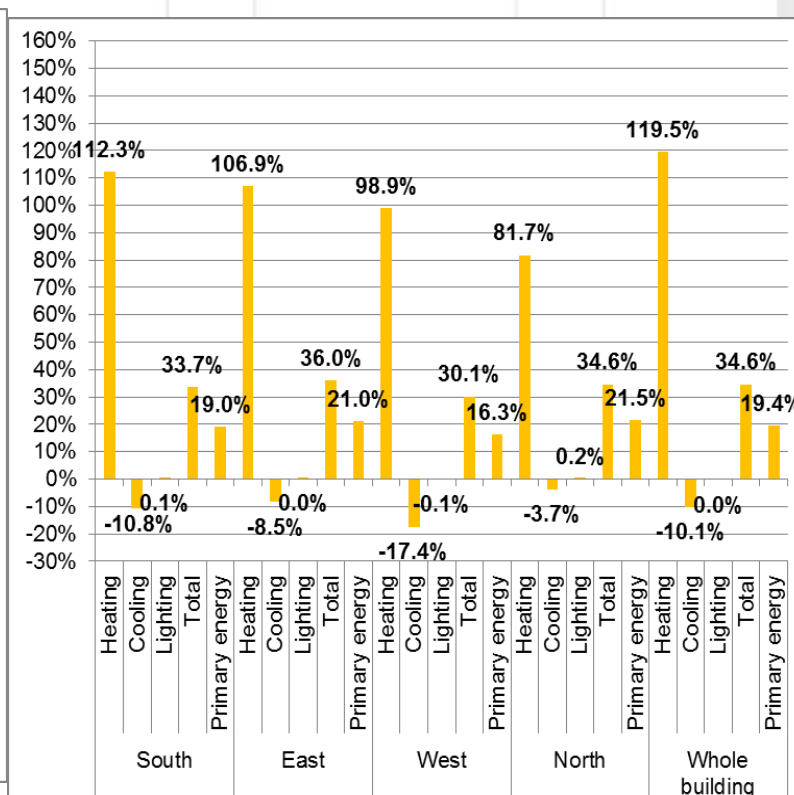
MIS JUHTUB VÄHEM KOMPAKTSE LAHENDUSE PUHUL?

- Kütteenergia kulu sõltub oluliselt hoone kompaktsusest
- Korruse energiatõhususarv suureneb katuslae lisandudes ca 20%

LIGINULLENERGIAHOONE



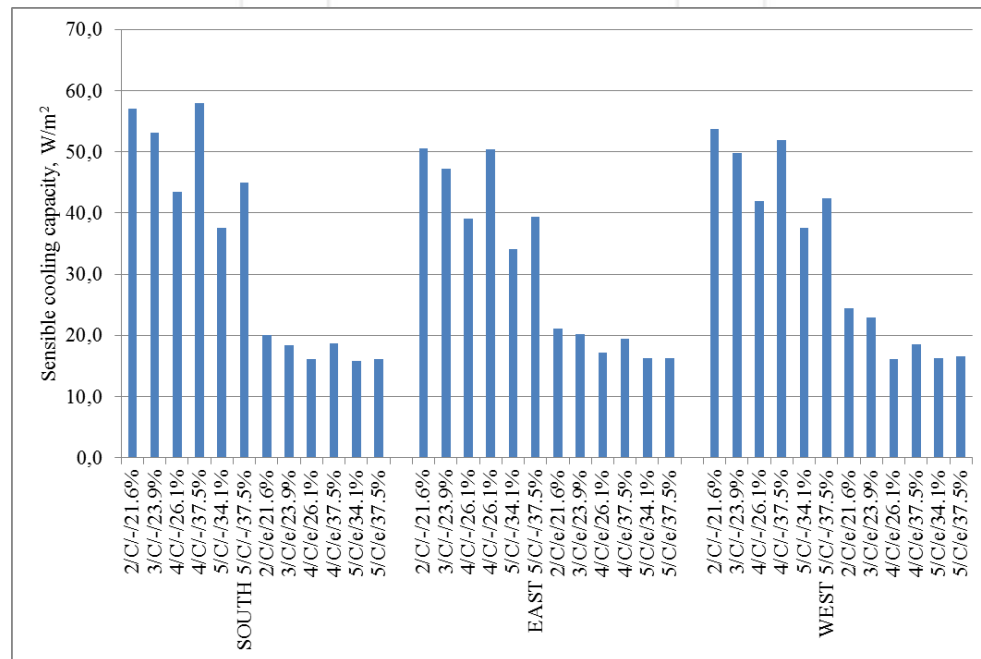
TAGASIHOIDLIKUM LAHENDUS





MIS KASU ON VÄLISVARJESTUSEST?

- Välisvarjestus aitab vähendada jahutuskoormusi, kuid mõistliku suurusega akende puhul pole see tingimata vajalik
- Välisvarjestus maksab 230...350 €/m² akna pinna kohta; mida suurem aken, seda madalam ühikhind
- Suuremate sisemiste vabasoojuste puhul suurenevad jahutuskoormused!!!





LIGINULLENERGIAHOONE FASSAADILAHENDUS

	Klaas-pakett	Akna osa-kaal	Välis-varjes-tus	Soojus-tus, mm	ETA, kWh/m ²	Inves-teering €/m ²	20 a NPV €/m ²
Lõuna	5-kordne	60%	Ei	390	99.2	213.1	261.7
Ida	5-kordne	60%	Jah	390	103.4	242.1	289.3
Lääs	5-kordne	37.5%	Ei	390	97.3	171.3	219.8
Põhi	5-kordne	37.5%	Ei	390	107.3	201.4	260.2

Kogu korruse ETA=103.5 kWh/m²

KULUTÕHUSAIM FASSAADILAHENDUS

	Klaas-pakett	Akna osa-kaal	Välis-varjes-tus	Soojus-tus, mm	ETA, kWh/m ²	Inves-teering €/m ²	20 a NPV €/m ²
Lõuna	3-kordne	23.9%	Ei	200	112.6	157.8	222.5
Ida	3-kordne	23.9%	Ei	200	112.9	131.3	193.7
Lääs	3-kordne	37.5%	Ei	200	113.1	125.5	192.6
Põhi	3-kordne	37.5%	Ei	200	119.0	152.0	225.7

Kogu korruse ETA=110.9 kWh/m²



JÄRELDUSED

- Kirkad klaasid võimaldavad tagada paremat energiatõhusust
- Optimaalne klaaspaketi tüüp on 3-kordne kirkas pakett ning soojustuse paksus on 200 mm
- Välisvarjestus pole majanduslikult põhjendatud ning mõistliku suurusega akende puhul ka tingimata vajalik
- Nõudluspõhise valgustuse ja väga soojapidavate akende (4-klaasi ja enam) puhul ei ole minimaalne akna suurus enam energiatõhusaim lahendus



Tänan kuulamast!

