

DESIGNGUIDE FOR VALG AF VINDUE

BRUGERMANUAL OG PROGRAM DOKUMENTATION

Udarbejdet ved BYG•DTU

Januar 2007

Diana Lauritsen s031855

Dorthe Friehling s032115

FORORD

Nærværende designguide er, sammen med vedlagte beregningsværktøj, resultatet af specialkurset ”Designguide for valg af vinduer”, udarbejdet i januar 2007, på BYG•DTU. Projektet tager udgangspunkt i det faktum at der mangler et arbejdsværktøj, der gør det muligt tidligt i projekteringsfasen at undersøge vinduesløsningers betydning for forskellige byggerier.

Beregningsværktøjet er målrettet ingeniører, arkitekter samt andre interessenter i byggeriet.

Nærværende projekt er udført under vejledning af lektor, Svend Svendsen.

Igennem designguiden foretages henvisninger ved angivelse af [], der kan lokaliseres i den komplette referenceliste, angivet sidst i rapporten.

Sammen med designguiden er vedlagt en CD-Rom indeholdende beregningsværktøjet.

INDHOLDSFORTEGNELSE

Symbolliste	5
Formål	7
Forudsætninger	8
Brugermanual.....	9
1 Beregningsværktøjets indhold	9
1.1 Bruttolister	9
1.2 Hovedark.....	11
1.2.1 Oplysninger vedrørende huset	11
1.2.2 Vinduesgeometri	11
1.2.3 Egenskaber	12
1.2.4 Vinduesmatrix.....	12
1.2.4.1 Opdeling efter energiforbrug	13
1.2.4.2 Tolkning af energiforbrug.....	13
1.2.5 Endelig valg til konkret hus	13
1.2.5.1 Avanceret indtastning	14
1.3 Slutrapport.....	15
1.4 Beregningsark	15
1.5 Beregningseksempel	15
Programmets opbygning	16
2 Opsætning	16
2.1 Bruttolister	16
2.1.1 Rudetyper.....	16
2.1.2 Ramme/karm-profiler	17
2.1.3 Poster.....	18
2.1.4 Sprosser.....	18
2.2 Hovedark.....	18
2.2.1 Oplysninger vedrørende huset	19
2.2.2 Vinduesgeometri	19
2.2.3 Egenskaber	20
2.2.4 Vinduesmatrix.....	20
2.2.4.1 Opdeling efter energiforbrug	21
2.2.4.2 Tolkning af energiforbrug.....	22
2.2.5 Endelig valg til konkret hus	22
2.2.5.1 Avanceret indtastning	22
2.3 Slutrapport.....	23
2.4 Beregningsark	23
2.4.1 Skjulte data.....	24
Beregningsbaggrund	25
3 Vinduets energiforbrug	25
4 Sæsonopdeling	26
4.1 Gradtimer	26
5 Transmissionskoefficient for vinduer	27
5.1 Korrigeret transmissionskoefficient.....	27
6 Solindfaldsfaktor, I	28
6.1 Bestemmelse af solindfaldsfaktoren	28

7	Udnyttelsesfaktor	30
7.1	Udnyttelsesfaktoren i opvarmningssæsonen	30
7.2	Udnyttelsesfaktoren i kølingssæsonen	31
7.3	Varmekapaciteten, C_m	32
7.4	Varmetabskoefficienten, H	33
7.4.1	Ventilationskoefficienten, H_{vent}	33
7.4.1.1	Mekanisk ventilation med varmegenvinding	33
7.4.2	Transmissionskoefficient for vinduer, H_v	34
7.4.3	Transmissionskoefficient for konstruktioner, H_{kon}	34
7.5	Totalt varmetilskud, Q_G	35
7.5.1	Interne varmekilder, Q_i	35
7.5.2	Solindfald, Q_s	35
7.6	Varmetab, Q_L	35
8	Referencevinduet energiforbrug	37
	Diskussion	38
	Konklusion	39
	Mulighed for videre udvikling	40
	Referenceliste	41
	Bilagsliste	42

SYMBOLLISTE

- a_C - Dimensionsløs numerisk parameter
 a_H - Dimensionsløs numerisk parameter
 $a_{0,C}$ - Referenceparameter
 $a_{0,H}$ - Referenceparameter
- A_r - Arealet af ruden [m^2]
 A_v - Arealet af vinduet [m^2]
 A_k - Arealet af ramme/karm [m^2]
 A_p - Arealet af poster [m^2]
 A_s - Arealet af sprosser [m^2]
- C_m - Varmekapaciteten for bygningen [$Wh/(m^2K)$]
- E_H - Energiforbruget for et bestemt vindue i opvarmningssæsonen [kWh]
 E_C - Energiforbruget for et bestemt vindue i kølingssæsonen [kWh]
- g_v - Vinduets soltransmittans
 g_r - Rudens soltransmittans
 G - Gradtimer [kKh]
 G_H - Gradtimer i opvarmningssæsonen [kKh]
 G_C - Gradtimer i kølingssæsonen [kKh]
- H_v - Transmissionskoefficienten for vinduer [$W/(m^2K)$]
 H_{vent} - Ventilationskoefficienten for naturlig ventilation [$W/(m^2K)$]
 $H_{vent,C}$ - Ventilationskoefficienten for mekanisk ventilation i kølingssæsonen [$W/(m^2K)$]
 $H_{vent,H}$ - Ventilationskoefficienten for mekanisk ventilation med varmegenvindingsaggregat i opvarmningssæsonen [$W/(m^2K)$]
 H_{kon} - Transmissionskoefficienten for konstruktioner [$W/(m^2K)$]
- H_C - Samlet varmetabskoefficient i kølingssæsonen [$W/(m^2K)$]
 $H_{L,H}$ - Samlet varmetabskoefficient i opvarmningssæsonen [$W/(m^2K)$]
- $I_{S,r}$ - Solindfaldsfaktor, korrigeret for g-værdiens afhængighed af indfaldsvinklen, udtrykt ved m^2 rudeareal [kWh/m^2]
 $I_{S,e}$ - Solindfaldsfaktor, korrigeret for g-værdiens afhængighed af indfaldsvinklen, udtrykt ved m^2 etageareal [kWh/m^2]
- Q_i - Varmetilskud fra interne varmekilder [kWh/m^2]
 $Q_{G,C}$ - Total varmetilskud i kølingssæsonen [kWh/m^2]
 $Q_{L,C}$ - Totalt varmetab for bygningen i kølingssæsonen [kWh/m^2]
 $Q_{G,H}$ - Total varmetilskud i opvarmningssæsonen [kWh/m^2]
 $Q_{L,H}$ - Totalt varmetab for bygningen i opvarmningssæsonen [kWh/m^2]
 $Q_{S,H}$ - Solindfaldet i opvarmningssæsonen [kWh/m^2]

-
- $Q_{s,C}$ - Solindfaldet i kølingssæsonen [kWh/m²]
- t_i - Inde temperatur [°C]
 t_u - Ude temperatur [°C]
 Δt - Længden af tidsskiftet [h]
- U_v - Transmissionskoefficienten for vinduet [W/m²K]
 U_v - Transmissionskoefficienten for vinduet [W/m²K]
 U_r - Transmissionskoefficienten for ruden [W/m²K]
 U_p - Transmissionskoefficienten for poster [W/m²K]
 U_s - Transmissionskoefficienten for sprosser [W/m²K]
- Ψ_k - Linietaf for ramme/karm [W/mK]
 Ψ_p - Linietaf for poster [W/mK]
 Ψ_s - Linietaf for sprosser [W/mK]
- η_H - Udnyttelsesfaktoren i opvarmningssæsonen
 η_C - Udnyttelsesfaktoren af kølingen i kølingssæsonen
 γ_H - Forholdet mellem tilført og transmitteret varme
 λ_C - Forholdet mellem tilført og transmitteret varme
 τ_C - Tidskonstant for bygningen [h]
 τ_H - Tidskonstant for bygningen [h]
 $\tau_{0,C}$ - Reference tids konstant [h]
 $\tau_{0,H}$ - Reference tidskonstant [h]
- ρ - Luftens massefylde [kg/m³]
 c - Luftens varmekapacitet [J/(kgK)]
 q - Volumenstrømmen af tilført udeluft [m³/s]

FORMÅL

Målet med dette beregningsværktøj er at det skal kunne benyttes af både ingeniører, arkitekter samt andre interessenter i byggeriet.

Formålet med beregningsværktøjet, er at man så tidligt i projekteringsfasen som muligt, er i stand til at vælge vinduer, deres placering samt egenskaber bedst muligt. Dette gør sig gældende for både nybyg og renoveringsprojekter.

I programmet er det muligt, både fra forudindtastede værdier, samt egne værdier, at opbygge vinduer med forskellige ramme/karm konstruktioner, rudetyper, poster og sprosser. Ud fra disse valg, er det muligt hurtigt at danne sig et overskueligt overblik over de forskellige vinduers indflydelse på husets varmebalance. Da der i et hvert tilfælde ønskes så lavt et energiforbrug som muligt, vil denne varmebalance, have stor indflydelse på det endelig valg af vinduestyper og placering til huset.

FORUDSÆTNINGER

Det vedrørende beregningsværktøj er udarbejdet til brug ved boliger, nærmere betegnet fritliggende et-plans længehuse. Dette indebærer at de normer og standarder der bliver anvendt i de generelle beregninger, er de gældende inden for det omtalte område. Dette medfører at det ikke umiddelbart er muligt at anvende beregningsværktøjet til f.eks. kontorbygninger, da det her er nogle andre normer der er gældende.

Beregningsværktøjet har to funktioner. Den første er muligheden for sammenligning af forskellige vinduesløsninger, kun på baggrund af husets stand (gammelt, nyt eller lavenergi). Den anden funktion er bestemmelse af et specifikt vinduesvalgs, indflydelse på varmebalancen for et konkret hus. Dette kræver dog som minimum, et kendskab til husets opvarmede etageareal.

På baggrund af den store detaljeringsfrihed er beregningsværktøjet anvendeligt for både projekteringsfasen ved nybyggeri og ved reovering af eksisterende byggeri. Idet det er muligt, blot ved indtastning af husets stand og etageareal, at udregne et anslået energiforbrug fra vinduerne. Dog gælder det, at jo mere detaljeret kendskabet til huset er, desto mere nøjagtigt udregnes energiforbruget og dermed dennes påvirkning på husets varmebalance.

Da beregningsværktøjet er målrettet mod boliger er det ikke nødvendigt at udnyttelsesgraden af solindfaldet bestemmes detaljeret på time- eller måned basis. I stedet ses der sæsonbaseret på vinduernes varmebalance.

Sæsonopdelingen foregår i to sæsoner, en opvarmnings- og en kølingssæson, hvori der tages højde for, at ældre boliger har en længere opvarmningsæson end nybyggeri.

BRUGERMANUAL

I det følgende gennemgås, trin for trin brugen af beregningsværktøjet.

1 BEREGNINGSVÆRKTØJETS INDHOLD

Beregningsværktøjet består af flere forskellige typer regneark, jf. fanebladene nederst i projektmappen. Regnearkene betegnes vha. flg. Typer:

- Bruttolister
- Hovedark
- Avanceret indtastning
- Slutrapport
- Beregningsark

´Bruttolister´, ´Hovedark´ og ´Avanceret indtastning´ er de tre ark der er relevante, da det er i disse ark samtlige indtastninger og relevante uddata aflæses. Disse ark vil i Afsnit 1.1 - 1.2.5.1 blive beskrevet detaljeret, således at der ikke forekommer tvivl om indtastning og aflæsning af uddata.

Generelt er det muligt at foretage indtastninger i felter markeret med blå.

Derudover består beregningsværktøjet af en slutrapport, som er et regneark der automatisk genereres ud fra vinduesløsninger valgt til et konkret hus. Denne rapport kan have relevans, ved bestilling af konkrete vinduer, så det sikres at der bestilles vinduer, med samme egenskaber som det, der er foretaget beregninger på.

Beregningsarkene er støtteark til hovedarket, hvilket betyder at beregningsarkene indeholder mellemregninger brugt til de endelig beregninger i hovedarket, og har derfor kun relevans for dybere forståelse af beregningsværktøjets funktion.

1.1 BRUTTOLISTER

Under fanebladet, Bruttolister, forefindes generelle data for hhv. rudetyper, ramme/karm-profiler, poster og sprosser. Værdierne repræsenterer et bredt spektrum af de enkelte komponenter, således at det er muligt at konstruere typiske vinduesløsninger, uden nogen større viden om de enkelte komponenter.

Er de forud indtastede værdier ikke tilstrækkelige, er det endvidere muligt at indtaste egne værdier for en eller flere komponenter. For egen indtastning af egenskaber for de enkelte komponenter, kræves der viden om følgende oplysninger:

Ruder:

- g-værdi [-]
- U-værdi [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

- Lystransmittansen, LT [%] er ikke et krav at have kendskab til, da denne værdi ikke benyttes ved beregninger.

Figur 1-1 Uddrag af bruttoliste for ruder.

Rude						
ID	Producent	Beskrivelse	Type	U _f -værdi	g-værdi	LT
			[-]	[W/(m ² K)]	[-]	[%]
1	Pilkington	To-lags energirude	4-15-K4	1,5	0,72	75
2	Pilkington	To-lags energirude	4-15-SN4	1,2	0,63	80
3	Pilkington	Tre-lags energirude	4SN-12-4-12-SN4	0,7	0,50	70
8	Pilkington	koblet 1+2	4K+35+4-15-S(3)4	0,7	0,51	67
9	Pilkington	To-lags energirude	6Hc(65)-15-6	1,1	0,44	65
12	Pilkington	To-lags energirude	A6Hs(50)-15-4	1,1	0,30	49
13	Pilkington	koblet 1+2	4+35+6Hc(65)-12-4	1,0	0,43	60
14						
15						
16						

Udfyldning af Producent, Beskrivelse og Type er ligesom Lystransmittansen valgfrit, og er udelukkende en funktion til bedre at skælde de enkelte rudeløsninger fra hinanden.

Ramme/karm, Poster og Sprosser:

For Ramme/karm, Poster og Sprosser skal oplyses de samme data:

- Bredde [m]
- U-værdi [W/m²K]
- Ψ-tab [W/mK]

Figur 1-2 Uddrag af bruttolister for ramme/karm profiler.

Ramme/karm				
ID	Bredde	Ψ-linjetab	U _f -værdi	U _{f,kor}
	[m]	[W/(mK)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]
1	0,100	0,10	0,8	1,80
2	0,100	0,10	1,6	2,60
3	0,050	0,06	3,2	4,40
4	0,050	0,06	1,6	2,80
5				
6				

Den korrigerede U-værdi beregnes automatisk.

I Bruttolisterne er hver enkelt indtastede løsningsmulighed identificeres vha. et ID-nummer, angivet yderst til venstre, hvilket benyttes til indlæsning af de enkelte løsninger i Hovedarket. Dette er nærmere beskrevet i Afsnit 1.2.3.

1.2 HOVEDARK

Hovedarket har flere funktioner. Primært er det i dette ark brugerens indtastninger foregår, samtidigt med at uddata aflæses.

I Afsnit 1.2.1 – Afsnit 1.2.4.2 beskrives de enkelte feltopdelinger i arket.

1.2.1 OPLYSNINGER VEDRØRENDE HUSET

Under ”Oplysninger vedr. huset” kategoriseres husets stand, som en af følgende tre kategorier; gammelt, nybyggeri eller lavenergi. Hver af de tre kategorier er tilknyttet et sæt generelle udnyttelsesfaktorer, som vil blive benyttet til bestemmelse af de enkelte vinduesløsningers energiforbrug, se Afsnit 1.2.4.

OPLYSNINGER VEDR. HUSET		
Husets stand		Lavenergi
Opvarmet etageareal	=	150,0 [m ²]

Det er endvidere muligt at indtaste husets opvarmede etageareal. Denne oplysning er kun nødvendig at indtaste, hvis der ønskes udført beregninger af energiforbrug for et endeligt vinduesvalg, til et konkret hus, se Afsnit 1.2.5.

Af Tabel 1-1, ses de anvendte udnyttelsesfaktorer, tilknyttet de tre kategorier.

Tabel 1-1 Generelle udnyttelsesfaktorer.

Kategori	Udnyttelsesfaktor opvarmningssæsonen η_H	Udnyttelsesfaktor kølingssæsonen η_H
Gammelt byggeri	0,96	0,85
Nybyggeri	0,95	0,74
Lavenergibyggeri	0,82	0,66

1.2.2 VINDUESGEOMETRI

Under vinduesgeometri skal der tages stilling til vinduesorienteringen, vinduets størrelse, antallet af lodrette og vandrette poster, samt vandrette og lodrette sprosser. Det er vigtigt at alle felter under en given vinduesorientering er udfyldt, da der ellers ikke vil blive foretaget beregninger af denne sammensætning. Hvis der ikke ønskes sprosser eller poster indtastes blot værdien 0.

VINDUESGEOMETRI						
Orientering	[-]	N	N	N	N	1
Vinduets bredde	[m]	0,9	1,2	1,2	0,9	1
Vinduets højde	[m]	0,9	0,9	0,9	0,9	1
Antal vandrette poster	[stk]	1	1	2	1	1
Antal lodrette poster	[stk]	1	1	2	2	1
Antal vandrette sprosser	[stk]	1	1	0	0	1
Antal Lodrette sprosser	[stk]	1	1	0	0	1

Ved orientering kan der vælges mellem de fire orienteringer Nord (N), Syd (S), Øst (Ø) og Vest (V). Vinduets orientering har indflydelse på den mængde sol der rammer vinduet.

1.2.3 EGENSKABER

Under 'Egenskaber' skal indtastes ID-nr. fra bruttolisten, for de ønskede komponenter. Hver linie illustrerer én vinduesløsning. For hver valgt vinduesløsning, angives reference vinduets energiforbrug, som er beregnet ud fra et standardvindue (1.23x1.48 m) med den valgte ramme/karm-profil samt rude. Ved denne beregning tages der ikke højde for sprosser og poster.

EGENSKABER				
Rude	Ramme/ karm	Poster	Sprosser	Referencevinduets energiforbrug
ID-nr	ID-nr	ID-nr	ID-nr	[kWh]
3	1	1	1	19,54
3	1	1	2	19,54
3	1	1	2	19,54
3	4	1	2	

For hver vinduesløsning skal indtastes et ID-nr. fra hver af de fire bruttolister (ruder, ramme/karm, poster og sprosser) for, at vinduesløsningens energiforbrug kan beregnes. Det vil sige, at hvis der f.eks. kigges på vinduesløsninger uden sprosser er det alligevel nødvendigt at indtaste et ID-nr. i dette felt. Sprossen vil dog kun blive regnet med, hvis der under "Vinduesgeometri" er indtastet et antal sprosser, forskellig fra nul.

1.2.4 VINDUESMATRIX

Ud fra værdierne indtastet i "Vinduesgeometri" og "Egenskaber" beregnes den enkelte vinduesløsningens energiforbrug udtryk i kWh pr. m² vindue.

	A	B	C	D	E	F
1.	153,7	153,7	143,7	143,7	135,4	133,8
2.	116,3	116,3	117,4	117,4	98,3	104,4
3.	116,3	116,3	117,4	117,4	98,3	104,4
4.	128,4	128,4	132,1	132,1	106,8	106,3
5.	128,4	128,4	132,1	132,1	106,8	106,3
6.	128,4	128,4	132,1	132,1	106,8	106,3
7.	109,2	109,2	117,3	117,3	94,4	100,9

Koordinat betegnelserne for det beregnede energiforbrug; kolonnebetegnelse A,B,C... vandret og rækkebetegnelse 1,2,3... lodret, benyttes når det endelige vinduesvalg foretages, se Afsnit 1.2.5.

Energiforbrug for de enkelte vinduesløsninger, der ses i Hovedarket, er summen af energiforbruget for den enkelte vinduesløsning for hhv. opvarmnings- og kølingsæsonen.

1.2.4.1 OPDELING EFTER ENERGIFORBRUG

I vinduesmatricen opdeles energiforbruget via to farvekoder; rød og grøn. Farvekoderne bestemmes ud fra intervallet mellem det laveste og det mindste beregnede energiforbrug der inddeles i to lige store dele, det vil sige at farvekoderne vil ændres løbende, efterhånden som der indtastes flere vinduesløsninger. Farvekoderne kan altså bruges til sammenligne de enkelte vinduesløsninger indbyrdes.

OPDELING EFTER ENERGIFORBRUG	
Min. Energibehov	: 101,10
Max. Energibehov	: 191,70
Grøn	101,10 ≤ E ≤ 146,40 [kWh/m ²]
Rød	146,40 < E ≤ 191,70 [kWh/m ²]

Ved hjælp af boksen ”Opdeling efter energibehov” er det muligt at følge med i intervalindelingen og hvad det mindste og højeste energiforbrug ligger på.

1.2.4.2 TOLKNING AF ENERGIFORBRUG

For nemt at kunne se, om en vinduesløsning kræver køling, benyttes en farvekode af selve tallet, så energiforbruget vil fremstå som rødt så snart vinduesløsningen har et kølingsbehov.

1.2.5 ENDELIG VALG TIL KONKRET HUS

Når alle de ønskede vinduesløsninger er undersøgt er det muligt at beregne et samlet energiforbrug for vinduerne i et konkret hus, ved at vælge de vinduesløsninger der ønskes

i huset. Valget foretages ved at indtaste den valgte vinduesløsnings koordinator under boksen ”Endelig valg til konkret hus”.

ENDELIG VALG TIL KONKRET HUS						
Kolonnebetegnelse		A	a	C	d	B
Rækkebetegnelse		1	2	1	1	3
Antal		2	1	1	1	2
Energiforbrug pr. m ² etageareal		1,5	0,8	1,1	1,0	2,1

Udfor kolonne- og rækkebetegnelsen indtastes den ønskede vinduesløsnings koordinator, derudover indtastes det ønskede antal af hver vinduesløsning.

Hvis der under ”Oplysninger vedr. huset”, er indtastet et etageareal vil beregningsværktøjet automatisk beregne energiforbruget pr. m² etageareal, for hvert af de valgte vinduer, ellers vil dette felt forblive blankt. Samtidig vil alle de valgte vinduers samlede energiforbrug løbende blive vist yderst til højre.

1.2.5.1 AVANCERET INDTASTNING

I arket ”Avanceret indtastning” er det muligt at indtaste mere detaljerede oplysninger omkring huset. På den måde er det muligt at få beregnet en mere nøjagtig udnyttelsesfaktor til beregning af energiforbruget ved ”Endelig valg til konkret typehus” Hvis der ikke er indtastet andet, vil programmet benytte de generelle udnyttelsesfaktorer, som bliver brugt i vinduesmatricen, til også at beregne det samlede energiforbrug i det konkrete hus.

For at kunne drage nytte af den avancerede indtastning er det nødvendigt, som minimum at kende husets udvendige omkreds og etagehøjden. Disse indtastes under husets geometri.

Herefter kan der indtastes værdier for husets termiske egenskaber. Ved varmekapaciteten er der to muligheder; den første er at vælge en af SBI-anvisning 213’s fire konstruktionskategorier, hvorved programmet indlæser den dertil hørende varmekapacitet, jf. Tabel 1-2. Den anden mulighed er i rullemenuen at vælge ”andet” og så selv indtaste en varmekapacitet i feltet under.

Tabel 1-2 Standardværdier for varmekapaciteten, jf. [SBI-213]

Beskrivelse	Indvendige konstruktioner	Varmekapaciteten, C _m [Wh/(Km ²)]
Ekstra let	Lette vægge, gulve og lofter, f.eks. skellet med plader eller brædder, helt uden tunge dele.	40
Middel let	Enkelte tungere dele, f.eks. betondæk med trægulve eller porebetondæk.	80
Middel tung	Flere tunge dele, f.eks. betondæk med klinker og tegl- eller klinkebetonvægge.	120
Ekstra tung	Tunge vægge, gulve og lofter i beton, tegl og klinker.	160

Det samme gør sig gældende for varmetabskoefficienten, hvor det er muligt at vælge i kategorierne; ”gammelt byggeri”, ”nybyggeri”, ”lavenergibyggeri” og ”andet”. Vælges en af de første tre kategorier, vil programmet automatisk benytte varmetabskoefficienten, som de generelle udnyttelsesfaktorer også er beregnet ud fra. Disse standarder ses i Tabel 1-3. Hvis der derimod vælges ”andet”, er det muligt at indtaste data for husets For ventilationssystem samt husets transmissionstab.

Tabel 1-3 Varmetabskoefficienten, $H_{L,H}/H_C$, for forskellige byggerier.

Beskrivelse	Varmetabskoefficient, $H_{L,H}$ [W/(m ² K)]	Varmetabskoefficient, H_C [W/(m ² K)]
Gammelt byggeri	2,60	2,60
Nybyggeri	1,30	1,30
Lavenergibyggeri	0,58	0,65

For varmetilskud er det muligt at indtaste det interne varmetilskud fra personer og apparater samt hvis der er et tilskud fra installationerne.

Hvis ikke alle felter udfyldes, benytter programmet automatisk de samme standardværdier, som er benyttet til bestemmelse af de generelle udnyttelsesfaktorer, for de data som ellers er ukendte.

1.3 SLUTRAPPORT

Ud fra det ”Endelige valg til konkret hus” genereres automatisk en slutrapport der indeholder en liste over de valgte vinduesløsninger, hvor der indgår relevante oplysninger fra bruttolisterne, samt vinduernes U-værdi. Derudover oplyses vinduernes energiforbrug samt de anvendte udnyttelsesfaktorer.

1.4 BEREGNINGSARK

Beregningsarkene er hjælpefunktioner til hovedarket. Det er i disse ark de fleste beregninger foregår.

1.5 BEREGNINGSEKSEMPEL

For større forståelse af de nu gennemgåede afsnit, henvises til beregningseksemplet i Bilag C.

Beregningseksemplet viser mange af de muligheder, der ligger i opbygningen, samtidigt med at det kan bruges som kontrol, for korrekt opfattelse af brugen af beregningsværktøjet.

PROGRAMMETS OPBYGNING

For bedre forståelse af beregningsværktøjets opbygning, mht. inddata, beregningsmetoder, uddata osv., gennemgås dette trin for trin i de følgende afsnit.

2 OPSÆTNING

I beregningsværktøjet skelnes der mellem følgende typer regneark:

- Bruttolister
- Hovedark
- Avanceret indtastning
- Slutrapport
- Beregningsark

Bruttolister, Hovedark og den Avancerede indtastning er de tre ark der er relevant for den almindelige bruger. Da det er i disse tre ark alle indtastninger af relevante oplysninger om bygningen samt vinduesvalg foretages. Alle indtastninger foretages i de blå felter. Slutrapporten genereres automatisk ud fra de valgte vinduesløsninger. Beregningsarkene er støtteark til Hovedarket og er kun relevant hvis man ønsker en dybere forståelse for hvordan beregningsværktøjet fungerer.

2.1 BRUTTOLISTER

Beregningsværktøjet er baseret på fire bruttolister, som hhv., indeholder forud indtastede værdier for rudetyper, ramme/karm-profiler, poster og sprosser. Værdierne er, efter studier, valgt så typiske som muligt, således at der er tale om egenskaberne for de hyppigst anvendte komponenter.

I situationer hvor de forud indtastede værdier ikke er tilstrækkelige, er det muligt at indtaste egne værdier for de enkelte komponenter.

2.1.1 RUDETYPER

I bruttolisten for rudetyper, er der forud indtastet værdier, for både to-lags, tre-lags samt koblede ruder for henholdsvis almindelige energiruder og solafskærmende ruder. Ud over rudens egenskaber er der for hver rude også mulighed for en kort beskrivelse af ruden, samt producentens navn.

I Tabel 2-1 ses et udsnit af bruttolisten for ruder, hvor de blå felter er beregnet til brugerens egne indtastninger.

Tabel 2-1 Bruttoliste for rudetyper

Rude						
ID	Producent	Beskrivelse	Type	U _r -værdi	g-værdi	LT
			[-]	[W/(m ² K)]	[-]	[%]
1	Pilkington	To-lags energirude	4-15-K4	1,5	0,72	75
2	Pilkington	To-lags energirude	4-15-SN4	1,2	0,63	80
3	Pilkington	Tre-lags energirude	4SN-12-4-12-SN4	0,7	0,50	70
8	Pilkington	koblet 1+2	4K+35+4-15-S(3)4	0,7	0,51	67
9	Pilkington	To-lags energirude	6Hc(65)-15-6	1,1	0,44	65
12	Pilkington	To-lags energirude	A6Hs(50)-15-4	1,1	0,30	49
13	Pilkington	koblet 1+2	4+35+6Hc(65)-12-4	1,0	0,43	60
14						
15						
16						

Hver rude løsning er identificeret vha. et ID-nr. angivet yderst til venstre, hvilket benyttes til indlæsning af den enkelte rude i Hovedarket. Dette er nærmere beskrevet i Afsnit 2.2.

2.1.2 RAMME/KARM-PROFILER

For ramme/karm-profiler, er der forud indtastet fire variationer, hvilket dækker over de hyppigst anvendte profiler, både mht. almene energiruder samt passivhus vinduer.

På Tabel 2-2 ses de forud indtastede værdier, samt disses ID-nr.

Tabel 2-2 Bruttoliste for ramme/karm-profiler

Ramme/karm				
ID	Bredde	Ψ-linjetab	U _k -værdi	U _{k,kor}
	[m]	[W/(mK)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]
1	0,100	0,10	0,8	1,80
2	0,100	0,10	1,6	2,60
3	0,050	0,06	3,2	4,40
4	0,050	0,06	1,6	2,80
5				
6				

For indtastning af egen værdier, bemærkes det at beregningsværktøjet automatisk omregner linjetab [W/mK] og profilers U-værdi [W/(m²K)] til en samlet korrigeret U-værdi, U_{k,kor} [W/(m²K)]. Denne omregning sker ud fra:

$$U_{k,kor} = U_k + \frac{\psi_k}{b_k}$$

Hvor

U_{k,kor} - Profilets korrigerede U-værdi inkl. linjetab [W/m²K]

U_k - Profilets U-værdi [W/m²K]

b_k - Profilets bredde [m]

Ψ_k - profilets linietaf [W/mK]

2.1.3 POSTER

For posterne er der forudindtastet fire eksempler på poster. Af Tabel 2-3, ses et udsnit af bruttolisten for poster.

Tabel 2-3 Bruttoliste for poster.

Poster				
ID	Bredde	Ψ -linjetaf	U_p -værdi	$U_{p, kor}$
	[m]	[W/(mK)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]
1	0,1	0,1	0,8	2,8
2	0,1	0,1	1,6	3,6
3	0,05	0,06	3,2	5,6
4	0,05	0,06	1,6	4,0
5				#J111111
6				

For posterne regnes en korrigeret U-værdi, som med regner både postens U-værdi, samt linietafet. Dette gøres på samme måde som for ramme/karm profilen, dog med den forskel, at linietafet for posten skal ganges med 2 da posten har to sider.

2.1.4 SPROSSER

I bruttolisten for sprosser, er der forud indtastet to forskellige slags hyppigt anvendte typer. Hvoraf den ene er pålimet og den anden deler ruden. Af Tabel 2-4, ses et uddrag af bruttolisten for sprosser.

Tabel 2-4 Bruttoliste for sprosser.

Sprosser				
ID	Bredde	Ψ -linjetaf	U_s -værdi	$U_{s, kor}$
	[m]	[W/(mK)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]
1	0,06	0,03	2,0	3,0
2	0,02	0,03	1,0	4,0
3				#J111111
4				

På samme måde som for posterne, regnes der også en korrigeret U-værdi for sprosserne.

2.2 HOVEDARK

Hovedarket er der brugeren foretager de fleste indtastninger. Det er samtidig her der er mulighed for både at sammenligne de enkelte vinduesløsningers samlede energiforbrug og kigge på energiforbruget fra et samlet vinduesvalg.

2.2.1 OPLYSNINGER VEDRØRENDE HUSET

Under ”Oplysninger vedr. huset” vælges husets stand. Her kan der vælges mellem tre kategorier; gammelt byggeri, nybyggeri og lavenergibyggeri. Hver af de tre kategorier er tilknyttet et sæt generelle udnyttelsesfaktorer, som ved valget, vil blive benyttet til bestemme af de enkelte vinduesløsningers energiforbrug, se Afsnit 2.2.4. Antagelserne bag de tre kategorier, samt beregningen af de generelle udnyttelsesfaktorer ses i Bilag B. Af Tabel 2-5, ses de generelle udnyttelsesfaktorer, til knyttet de tre kategorier.

Tabel 2-5 Generelle udnyttelsesfaktorer.

Kategori	Udnyttelsesfaktor opvarmningssæsonen η_H	Udnyttelsesfaktor kølingssæsonen η_H
Gammelt byggeri	0,96	0,85
Nybyggeri	0,95	0,74
Lavenergibyggeri	0,82	0,66

Det er endvidere muligt at indtaste oplysninger om husets opvarmede etageareal under ”Oplysninger vedr. huset”. Denne oplysning er kun nødvendig at indtaste, hvis der skal beregnes et energiforbrug for det endelige vinduesvalg til et konkret hus, se Afsnit 2.2.5.

2.2.2 VINDUESGEOMETRI

Af Tabel 2-6, ses et uddrag af tabellen hvor i de ønskede vinduesgeometrier indtastes. For hvert vindue skal der tages stilling til orientering, vinduets bredde og højde samt antallet af poster og sprosser.

Tabel 2-6 Vinduesgeometri

VINDUESGEOMETRI					
Orientering	[-]	N	N	N	N
Vinduets bredde	[m]	0,9	1,2	1,2	0,9
Vinduets højde	[m]	0,9	0,9	0,9	0,9
Antal vandrette poster	[stk]	1	1	2	1
Antal lodrette poster	[stk]	1	1	2	2
Antal vandrette sprosser	[stk]	1	1	0	0
Antal Lodrette sprosser	[stk]	1	1	0	0

Ved orientering kan der vælges mellem de fire orienteringer Nord (N), Syd (S), Øst (Ø) og Vest(V). Ud fra den valgte orientering indlæses solindfaldsfaktoren, jf. Tabel 2-7. Bestemmelsesgrundlaget ses i Afsnit 6.

Tabel 2-7 Solindfaldsfaktor for de fire orienteringer.

	Faktor, $I_{S,r,H}$ opvarmningssæson [kWh pr. m ² rude]	Faktor, $I_{S,r,C}$ kølingssæson [kWh pr. m ² rude]
Nord	108,87	156,61

Syd	413,42	329,93
Øst	230,90	313,33
Vest	230,90	313,33

2.2.3 EGENSKABER

Af Tabel 2-8 ses et uddrag af tabellen over vinduesløsningernes egenskaber. Ved at indtaste ID-nr. for en ønsket rudeløsning, indlæses den ønskede rudes egenskaber fra bruttolisten, se Afsnit 2.1.1. Det samme gælder for ramme/karm profiler, poster og sprosser.

Programmet er opbygget sådan, at der for en vinduesløsning skal indtastes et ID-nr. fra hver af de fire bruttolister (ruder, ramme/karm, poster og sprosser) for, at vinduesløsningens energiforbrug kan beregnes. Det vil sige, at hvis der f.eks. kigges på vinduesløsninger uden sprosser er det alligevel nødvendigt at indtaste et ID-nr. i dette felt. Sprossen vil dog kun blive regnet med, hvis der under "Vinduesgeometri" er indtastet et sprosse antal forskellig fra nul.

Tabel 2-8 Vinduets egenskaber

EGENSKABER				
Rude	Ramme/ karm	Poster	Sprosser	Referencevinduet energiforbrug
ID-nr	ID-nr	ID-nr	ID-nr	[kWh]
3	1	1	1	19,54
3	1	1	2	19,54
3	1	1	2	19,54
3	4	1	2	

Ud fra hver af de valgte vindueskombinationer regnes referencevinduet energiforbrug, som er beregnet ud fra standarddimensionerne (1,23x1,48 m), med den valgte ramme/karm profil samt rude. Der tages ikke højde for sprosser og poster. Formålet med denne referenceværdi er, at brugeren nemmere kan danne sig et overblik over de enkelte vinduesløsninger, se også Afsnit 2.4.

2.2.4 VINDUESMATRIX

Ud fra værdierne indtastet i "Vinduesgeometri" og "Egenskaber" beregnes den enkelte vinduesløsningens energiforbrug udtryk pr. m² vindue. Dette gøres ud fra teorien beskrevet i Beregningsgrundlaget, Afsnit 3. Af Tabel 2-9, ses et uddrag af vinduesmatrixen.

Tabel 2-9 Uddrag af det samlede energiforbrug for de enkelte vinduesløsninger.

	A	B	C	D	E	F
1	85,2			93,1	103,3	97,6
2	85,2			93,1	103,3	97,6
3	85,2			93,1	103,3	97,6
4	88,9			99,9	117,8	117,3
5	88,9			99,9	117,8	117,3
6	88,9			99,9	117,8	117,3
7	99,6			116,5	66,9	67,2

Energiforbruget bestemmes ud fra flg. formel:

$$E = U_v \cdot G \cdot A_v - I_{s,r} \cdot g_r \cdot A_r \cdot \eta$$

Koordinat betegnelserne for det beregnede energiforbrug; kolonnebetegnelse A,B,C... og rækkebetegnelse 1,2,3... lodret, benyttes når det endelige vinduesvalg foretages, se Afsnit 2.2.5.

Energiforbrug for de enkelte vinduesløsninger, der ses i Hovedarket, er summen af energiforbruget for den enkelte vinduesløsning bestemt for henholdsvis opvarmnings- og kølingssæsonen. Hvis der for et vindue ikke er behov for køling, bliver energiforbruget i kølingssæsonen negativt og det samlede energiforbrug består så udelukkende af energiforbruget i opvarmningssæsonen, da energiforbruget for vinduet ellers ville blive lavere end det reelt er. Denne udregning laver beregningsværktøjet sideløbende i to beregningsark, som vil være låst for brugeren, se Afsnit 2.4.

2.2.4.1 OPDELING EFTER ENERGIFORBRUG

I vinduesmatricen opdeles energiforbruget via to farvekoder; rød og grøn. Farvekoderne bestemmes ud fra intervallet mellem det laveste og det mindste beregnede energiforbrug der inddeles i to lige store dele, det vil sige at farvekoderne vil ændres løbende efterhånden som der indtastes flere vinduesløsninger. Farvekoderne kan altså bruges til at sammenligne de enkelte vinduesløsninger indbyrdes.

Ved hjælp af boksen "Opdeling efter energibehov" er det muligt for brugeren nemt at følge med i intervalinddelingen og hvad det mindste og højeste energiforbrug ligger på, se Tabel 2-10.

Tabel 2-10 Opdeling efter energibehov.

OPDELING EFTER ENERGIFORBRUG	
Min. Energiforbrug	: 101,10
Max. Energiforbrug	: 191,70
Grøn	101,10 ≤ E ≤ 146,40 [kWh/m ²]
Rød	146,40 < E ≤ 191,70 [kWh/m ²]

2.2.4.2 TOLKNING AF ENERGIFORBRUG

For at brugeren nemt kan se om en vinduesløsning kræver køling, benyttes en farvekode af selve tallet, så energiforbruget vil fremstå som rødt så snart vinduesløsningen har et kølingsbehov. Dette gøres vha. en funktion, der sørger for at det samlede energiforbrug bliver ganget med (-1) hvis kølingsbehovet er større end nul. Derefter tilføjes en regnskabsfunktion, der medfører at alle negative tal vises som røde, men uden fortegn.

2.2.5 ENDELIG VALG TIL KONKRET HUS

Når alle de ønskede vinduesløsninger er undersøgt er det muligt at beregne et samlet energiforbrug for vinduerne i et konkret hus, ved at vælge de vinduesløsninger der ønskes i huset. Valget foretages ved at indtaste den valgte vinduesløsnings koordinator under boksen ”Endelig valg til konkret hus”, se Tabel 2-11.

Tabel 2-11 Udsnit af ”Endeligt valg til konkret hus”.

ENDELIG VALG TIL KONKRET HUS							
Kolonnebetegnelse		A	a	C	d	B	T
Rækkebetegnelse		1	2	1	1	3	
Antal		2	1	1	1	2	
Energiforbrug pr. m ² etageareal		1,5	0,8	1,1	1,0	2,1	

Under kolonne- og rækkebetegnelsen indtastes det ønskede antal. Hvis der under ”Oplysninger vedr. huset”, er indtastet et etageareal vil beregningsværktøjet automatisk beregne energiforbruget pr. m² etageareal, for hvert af de valgte vinduer, ellers vil dette felt forblive blankt. Samtidig vil alle de valgte vinduers samlede energiforbrug løbende blive beregnet yderst til højre.

2.2.5.1 AVANCERET INDTASTNING

I arket ”Avanceret indtastning” er det muligt at indtaste mere detaljerede oplysninger omkring huset. På den måde er det muligt at få beregnet en mere nøjagtig udnyttelsesfaktor til beregning af energiforbruget ved ”Endelig valg til konkret typehus”. Hvis der ikke er indtastet andet, vil programmet benytte de generelle udnyttelsesfaktorer, som blev brugt i vinduesmatricen, til beregningen af det samlede energiforbrug i det konkrete hus.

For at kunne drage nytte af den avancerede indtastning er det nødvendigt, som minimum at kende husets udvendige omkreds og etagehøjden. Disse indtastes under husets geometri. Herefter kan der indtastes værdier for husets termiske egenskaber. Ved varmekapaciteten er der to muligheder; den første er at vælge en af SBI-anvisning 213’s fire konstruktionskategorier, hvorved programmet indlæser den dertil hørende varmekapacitet, jf. Tabel 2-12. Den anden mulighed er i rullemenuen at vælge ”andet” og så selv indtaste en varmekapacitet i feltet under.

Tabel 2-12 Standardværdier for varmekapaciteten, jf. [SBI-213]

Beskrivelse	Indvendige konstruktioner	Varmekapaciteten, C _m
-------------	---------------------------	----------------------------------

		[Wh/(Km ²)]
Ekstra let	Lette vægge, gulve og lofter, f.eks. skellet med plader eller brædder, helt uden tunge dele.	40
Middel let	Enkelte tungere dele, f.eks. betondæk med trægulve eller porebetondæk.	80
Middel tung	Flere tunge dele, f.eks. betondæk med klinker og tegl- eller klinkebetonvægge.	120
Ekstra tung	Tunge vægge, gulve og lofter i beton, tegl og klinker.	160

Det samme gør sig gældende for varmetabskoefficienten, hvor det er muligt at vælge i kategorierne; ”gammelt byggeri”, ”nybyggeri”, ”lavenergibyggeri” og ”andet”. Vælges en af de første tre kategorier, vil programmet automatisk benytte varmetabskoefficienten, som de generelle udnyttelsesfaktorer også er beregnet ud fra. Disse standarder ses i Tabel 2-13, beregningen bag ses i Bilag B. Hvis der derimod vælges ”andet”, er det muligt at indtaste data for husets For ventilationssystem samt husets transmissionstab.

Tabel 2-13 Varmetabskoefficienten, $H_{L,H}/H_C$, for forskellige byggerier.

Beskrivelse	Varmetabskoefficient, $H_{L,H}$ [W/(m ² K)]	Varmetabskoefficient, H_C [W/(m ² K)]
Gammelt byggeri	2,60	2,60
Nybyggeri	1,30	1,30
Lavenergibyggeri	0,58	0,65

For varmetilskud er det muligt at indtaste det interne varmetilskud fra personer og apparater samt hvis der er et tilskud fra installationerne.

Hvis ikke alle felter udfyldes, benytter programmet automatisk de samme standardværdier, som er benyttet til bestemmelse af de generelle udnyttelsesfaktorer, Bilag B, for de data som ellers er ukendte.

2.3 SLUTRAPPORT

Ud fra det ”Endelige valg til konkret hus” genereres automatisk en slutrapport der indeholder en liste over de valgte vinduesløsninger, hvor der indgår relevante oplysninger fra bruttolisterne, samt vinduernes U-værdi. Derudover oplyses vinduernes energiforbrug samt de anvendte udnyttelsesfaktorer.

2.4 BEREGNINGSAK

Beregningsarkene er hjælpefunktioner til hovedarket. Det er i disse ark de fleste beregninger foregår.

I arkene ”Opvarmningssæson” og ”Kølingssæson” bestemmes energiforbruget for hver enkelt vinduesløsning i de to sæsoner. Vinduesgeometrien indlæses direkte fra de indtastede værdier i Hovedarket, mens de nødvendige egenskaber indlæses fra Bruttolisterne, udfra komponenternes ID-nr. Energiforbruget er endvidere afhængig af vinduets U-værdi samt rudens areal, hvilket beregnes i to andre beregningsark, ”Rudens areal” og ”U-værdi vindue”. Ud fra ID-numrene indtastet under egenskaber, i Hovedarket, indlæses egenskaberne for de forskellige komponenter fra bruttolisterne, der skal bruges til den enkelte beregning. Dette gøres vha. opslagsfunktionerne ”hlookup” og for vinduesgeometrien benyttes ”vlookup”. Da disse funktioner kun kan læse henholdsvis fra venstre mod højre og oppe fra og ned, er der i en række og en kolonne, skjult for brugeren, indtastet kolonne- og rækkebetegnelserne. Disse funktioner bruges også ved indlæsning til ”Endelig valg til konkret hus”.

De data som er konstante og blot indlæses i de forskellige beregninger er opstillet i arket ”Grunddata”. Herunder hører de generelle udnyttelsesfaktorer, solindfaldsfaktorerne, gradtimer, antallet af timer pr. sæson, varmekapaciteter og varmetabskoefficienter.

Referencevinduets energiforbrug, som ses i ”Hovedarket” under Egenskaber, er beregnet i arket ”Referenceværdier”. Referencevinduets energiforbrug er beregnet ud fra standarddimensionerne (1,23x1,48 m), med en 0,1 m bred ramme/karm profil samt den aktuelle rude. Der tages ikke højde for sprosser og poster, se Afsnit 8.

2.4.1 SKJULTE DATA

For nogle funktioner, er det nødvendigt at de værdier der skal hentes ind, står i celler i samme ark som funktionen. Det betyder, at der især i ”Hovedarket” og ”Avanceret indtastning” er en del celler skjult for brugeren. Dette gælder de hyppigt anvendte rullemenuer, samt den numeriske værdi af energiforbruget for de enkelte vinduesløsninger, der benyttes til bestemmelse af farvekoderne.

Derudover er der en del skjulte celler der indeholder mellemregninger, som kunne være placeret i separate ark, men som under programmeringsfasen, er blevet placeret i samme ark, for at gøre det mere overskueligt. Dette forekommer i den ”Avancerede indtastning” hvor der findes nogle enkelte mellemregninger, der letter overskueligheden af de resterende beregninger. Samtidig forekommer det i ”Hovedarket” hvor de fleste af mellemregningerne til det samlede energiforbrug for de valgte vinduer til det konkrete hus, står i skjulte celler.

BEREGNINGSBAGGRUND

I det følgende vil den grundlæggende beregningsbaggrund for regnearket blive gennemgået.

3 VINDUETS ENERGIFORBRUG

Energiforbruget, E, er et udtryk for bidraget, fra et bestemt vindue i en given orientering, til den samlede energiramme. Denne bestemmes for henholdsvis opvarmnings- og kølingssæsonen;

Opvarmningssæsonen:
$$E_H = U_v \cdot G_H \cdot A_v - I_{S,r,H} \cdot g_r \cdot A_r \cdot \eta_H \quad \text{(Formel 3-1)}$$

Kølingssæsonen:
$$E_C = I_{S,r,C} \cdot g_r \cdot A_r - A_v \cdot U_v \cdot G_C \cdot \eta_C \quad \text{(Formel 3-2)}$$

Hvor:

- E_H - Energiforbruget for et bestemt vindue i opvarmningssæsonen [kWh]
- E_C - Energiforbruget fra et bestemt vindue i kølingssæsonen [kWh]
- U_v - Transmissionskoefficienten for vinduet [W/m^2K]
- A_v - Arealet af vinduet [m^2]
- A_r - Arealet af ruden [m^2]
- G_H - Gradtimer i opvarmningssæsonen [kKh]
- G_C - Gradtimer i kølingssæsonen [kKh]
- $I_{S,r,H}$ - Solindfaldsfaktor i opvarmningssæsonen, korrigeret for g-værdiens afhængighed af indfaldsvinklen, udtrykt ved m^2 rudens areal [kWh/m^2]
- $I_{S,r,C}$ - Solindfaldsfaktor i kølingssæsonen, korrigeret for g-værdiens afhængighed af indfaldsvinklen, udtrykt ved m^2 rudens areal [kWh/m^2]

Energiforbruget for samtlige vinduer i en given bolig bestemmes, ved at summere energiforbruget fra hvert enkelt vindue.

4 SÆSONOPDELING

Da beregningsværktøjet er rettet mod boliger er det ikke nødvendigt at udnyttelsesgraden af solindfaldet bestemmes detaljeret på time- eller måned basis. I stedet ses der sæsonbaseret på vinduernes varmebalance.

Sæsonopdelingen foregår i to sæsoner, en opvarmnings- og en kølingssæson. I det, der tages højde for, at ældre boliger har en længere opvarmnings-sæson end nybyggeri, opdeles sæsonerne som følgende;

Opvarmnings-sæson: 16. september – 15. maj => 242 dage = 5808 timer

Kølingssæson: 16. maj – 15. september => 123 dage = 2952 timer

4.1 GRADTIMER

Gradtimerne for de to sæsoner bestemmes vha. følgende formel, jf. [Komp. 7, s. 26];

$$G = \sum (t_i - t_u) \cdot \Delta t \quad (\text{Formel 4-1})$$

Hvor:

- G - Gradtimer [kKh]
- t_i - inde temperatur [°C]
- t_u - ude temperatur [°C]
- Δt - længden af tidsskiftet [h]

Indetemperaturen sættes til 20 °C i opvarmnings-sæsonen og 26 °C i kølingssæsonen. Udetemperaturen, er taget fra et dansk reference år, på engelsk kaldet ”design reference year”, forkortes DRY.

Gradtimerne for de to sæsoner er beregnet til:

Gradtimer i opvarmnings-sæsonen, G_H : 92,38 kKh
Gradtimer i kølingssæsonen, G_C : 32,50 kKh

5 TRANSMISSIONSKOEFFICIENT FOR VINDUER

Transmissionskoefficienten for vinduet beregnes jf. [DS-418]

$$U_v = \frac{A_k \cdot U_{k,kor} + A_r \cdot U_r + A_p \cdot U_{p,kor} + A_s \cdot U_{s,kor}}{A_v} \quad \text{(Formel 5-1)}$$

Hvor

- U_v - Transmissionskoefficienten for vinduet [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]
- A_v - Arealet af vinduet [m^2]
- A_k - Arealet af ramme/karm [m^2]
- A_r - Arealet af ruden [m^2]
- A_p - Arealet af poster [m^2]
- A_s - Arealet af sprosser [m^2]
- $U_{k,kor}$ - U-værdi for ramme/karm, korrigeret for linietaf [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]
- U_r - U-værdi for ruden [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]
- $U_{p,kor}$ - U-værdi for poster, korrigeret for linietaf [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]
- $U_{s,kor}$ - U-værdi for sprosser, korrigeret for linietaf [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

5.1 KORRIGERET TRANSMISSIONSKOEFFICIENT

For ramme/karm konstruktionen, posterne samt sprosserne beregnes en korrigeret transmissionskoefficient, der tager højde for linietafet ved den enkelte konstruktionsdel.

Den korrigerede U-værdi for ramme/karm konstruktionen regnes som:

$$U_{k,kor} = U_k + \frac{\Psi_k}{b_k}$$

Hvor

- U_k - Transmissionskoefficienten for ramme/karmen [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]
- b_k - bredden af ramme/karmen [m]
- Ψ_k - linietafet for ramme/karmen [W/mK]

Den korrigerede U-værdi for poster og sprosser regnes på samme måde som for ramme/karmen, med den forskel at linietafet her ganges med en faktor 2, da der forekommer linietaf på begge sider af konstruktionerne.

6 SOLINDFALDSFAKTOR, I

Solindfaldsfaktoren er et udtryk for den mængde sol der rammer vinduet ved en g-værdi på 1, som er korrigeret for g-værdiens afhængighed af indfaldsvinklen.

6.1 BESTEMMELSE AF SOLINDFALDSFAKTOREN

Det aktuelle solindfald bestemmes vha. en referencebygning opbygget i BuildDesk. I BuildDesk konstrueres en et-plans fritliggende bolig. Der isættes et vindue med 1 felt i den ene facade med en 4-15-4 argon energirude og en træramme der er 80 mm bred. I Tabel 6-1 ses værdierne for referencebygningen konstrueret i BuildDesk.

Tabel 6-1 Værdier for reference bygningen, konstrueret i BuildDesk.

Værdier for reference vinduet	
Vindueshøjde	1,5 m
Vinduesbredde	2,0 m
Vinduesareal	3,0 m ²
Rudeareal	2,47 m ²
Vinduets U-værdi	1,61 W/(m ² K)
Rudens g-værdi	0,61
Karmbredde	0,8 m

Referencebygningen drejes, så vinduet kommer til at vende mod alle fire verdenshjørner. For hver orientering registreres solindfaldet fra vinduet måned for måned.

I Tabel 6-2 ses aflæsningerne for de to sæsoner i hver af de fire orienteringer. Et mere detaljeret datamateriale findes i Bilag A.

Faktoren for solindfaldet, $I_{S,r}$, udtrykt ved rudens areal, angivet i Tabel 6-2 er beregnet ud fra de aflæste værdier i BuildDesk, ud fra følgende formel:

$$I_{S,r} = \frac{\text{Aflæst solindfald}}{g_r \cdot A_r} \quad \text{(Formel 6-1)}$$

Hvor

- $I_{S,r}$ - Solindfaldsfaktor, korrigeret for g-værdiens afhængighed af indfaldsvinklen, udtrykt ved m² rudeareal [kWh/m²]
- g_r - Reference rudens g-værdi
- A_r - Reference rudens areal [m²]

Tabel 6-2 Det aflæste solindfald for reference bygningen og den beregnede solindfaldsfaktorer.

		Aflæst solindfald Fra BuildDesk [kWh]	Faktor, $I_{S,r}$ [kWh pr. m ² rude]
Opvarmning	Nord	164,03	108,87

	Syd	622,90	413,42
	Øst	347,90	230,90
	Vest	347,90	230,90
Køling	Nord	235,97	156,61
	Syd	497,10	329,93
	Øst	472,10	313,33
	Vest	472,10	313,33

Den beregnede solindfaldsfaktor, $I_{s,r}$, kan benyttes ved alle vinduer, da faktoren angiver det solindfald der er pr. m^2 rude hvor rudens g-værdi er 1. For at beregne det aktuelle solindfald for en given rude, skal solindfaldsfaktoren ganges med den aktuelle rudes areal og g-værdi.

7 UDNYTTELSESFAKTOR

Udnyttelsesfaktoren er et udtryk for hvor stor en andel af den tilførte energi der udnyttes. Der beregnes en udnyttelsesfaktor for hver af de to sæsoner, behandlet i Afsnit 4. I opvarmningssæsonen er der tale om udnyttelsesgraden af energien fra det solindfald der kommer gennem vinduerne. I kølingssæsonen er der derimod tale om udnyttelsesfaktoren af den energi der bruges til køling af boligen, holdt op i mod solindfaldet fra vinduerne.

Udnyttelsesfaktoren regnes for det samlede vinduesareal i en bolig.

7.1 UDNYTTELSESFAKTOREN I OPVARMNINGSSÆSONEN

Udnyttelsesfaktoren i opvarmningssæsonen, η_H , er et udtryk for hvor stor en del af det aktuelle solindfald der udnyttes.

Udnyttelsesfaktoren ved opvarmning, η_H , er en funktion af forholdet mellem den tilførte og tabte varme, γ_H , og en numerisk parameter, a_H , der bl.a. afhænger af bygningens varmekapacitet samt den samlede varmetabskoefficient.

$$\text{Hvis } \gamma_H \neq 1: \quad \eta_H = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H + 1}} \quad (\text{Formel 7-1})$$

$$\text{Hvis } \gamma_H = 1: \quad \eta_H = \frac{a_H}{a_H + 1} \quad (\text{Formel 7-2})$$

$$\text{Hvor:} \quad \gamma_H = \frac{Q_{G,H}}{Q_{L,H}} \quad (\text{Formel 7-3})$$

- η_H - Udnyttelsesfaktoren i opvarmningssæsonen
- γ_H - forholdet mellem tilført og transmitteret varme
- $Q_{L,H}$ - total varmetab for bygningen [kWh/m²]
- $Q_{G,H}$ - total varmetilskud [kWh/m²]
- a_H - numerisk parameter, afhængig af tidskonstanten, τ_H , defineret som;

$$a_H = a_{0,H} + \frac{\tau_H}{\tau_{0,H}} \quad (\text{Formel 7-4})$$

- Hvor:
- $a_{0,H}$ - referenceparameter
- τ_H - tidskonstant for bygningen [h]
- $\tau_{0,H}$ - reference tidskonstant [h]

Referencerne $a_{0,H}$ og $\tau_{0,H}$ aflæses af Tabel 7-1 til $a_{0,H} = 0,8$ og $\tau_{0,H} = 30h$.

Tabel 7-1 Værdier for parameteren, $a_{0,H}$, og reference tidskonstanten, $\tau_{0,H}$, [prEN, tabel 8].

Bygnings type		$a_{0,H}$	$\tau_{0,H}$ [h]
I	Konstant opvarmede bygninger (mere end 12 timer i døgnet), så som boliger, hoteller, hospitaler osv.		
	- Månedsbaseret beregningsmetode	1,0	15
	- Sæsonbaseret beregningsmetode	0,8	30
II	Bygninger opvarmet i dagstimerne (mindre end 12 timer i døgnet), så som skoler, kontorer, butikker osv.	0,8	70
Værdier for $a_{0,H}$ og $\tau_{0,H}$ fås også på national basis.			

Tidskonstanten for bygningen, τ_H , bestemmes ud fra:

$$\tau_H = \frac{C_m}{H_{L,H}} \quad \text{(Formel 7-5)}$$

Hvor:

C_m - varmekapaciteten for bygningen [Wh/(m²K)]

$H_{L,H}$ - samlet varmetabskoefficient [W/(m²K)]

7.2 UDNYTTELSESFAKTOREN I KØLINGSSÆSONEN

Udnyttelsesfaktoren i kølingssæsonen, η_c , er et udtryk for hvor stor en del af den energi der bruges på køling der udnyttes.

Udnyttelsesfaktoren ved køling, η_c , er en funktion af forholdet mellem den tilført og transmitteret varme, λ_c , og en numerisk parameter, a_c , der bl.a. afhænger af bygningens varmekapacitet samt den samlede varmetabskoefficient.

Hvis $\lambda_c > 0$ og $\lambda_c \neq 1$:
$$\eta_c = \frac{1 - \lambda_c^{a_c}}{1 - \lambda_c^{a_c + 1}} \quad \text{(Formel 7-6)}$$

Hvis $\lambda_c = 1$:
$$\eta_c = \frac{a_c}{a_c + 1} \quad \text{(Formel 7-7)}$$

Hvis $\lambda_c < 0$:
$$\eta_c = 1 \quad \text{(Formel 7-8)}$$

Hvor:
$$\lambda_c = \frac{Q_{G,C}}{Q_{L,C}} \quad \text{(Formel 7-9)}$$

η_c - Udnyttelsesfaktoren af kølingen i kølingssæsonen

λ_c - forholdet mellem tilført og transmitteret varme

$Q_{L,C}$ - totalt varmetab for bygningen [kWh]

$Q_{G,C}$ - total varmetilskud [kWh]

a_c - numerisk parameter, afhængig af tidskonstanten, τ_c , defineret som;

$$a_c = a_{0,c} + \frac{\tau_c}{\tau_{0,c}} \quad (\text{Formel 7-10})$$

Hvor:

- $a_{0,c}$ - referenceparameter
- τ_c - tidskonstant for bygningen [h]
- $\tau_{0,c}$ - reference tids konstant [h]

Referencerne $a_{0,c}$ og $\tau_{0,c}$ aflæses af Tabel 7-2 til $a_{0,c} = 0,8$ og $\tau_{0,c} = 30h$.

Tabel 7-2 Værdier for parameteren, $a_{0,c}$, og reference tidskonstanten, $\tau_{0,c}$, [prEN, tabel 9].

Bygnings type		$a_{0,c}$	$\tau_{0,c}$ [h]
I	Konstant kølede bygninger (mere end 12 timer i døgnet), så som boliger, hoteller, hospitaler osv.		
	<ul style="list-style-type: none"> - Månedsbaseret beregningsmetode - Sæsonbaseret beregningsmetode 	1,0 0,8	15 30
II	Bygninger kølet i dagstimerne (mindre end 12 timer i døgnet), så som skoler, kontorer, butikker osv.	1,0	15
Værdier for $a_{0,c}$ og $\tau_{0,c}$ fås også på national basis.			

Tidskonstanten for bygningen, τ_c , bestemmes ud fra:

$$\tau_c = \frac{C_m}{H_c} \quad (\text{Formel 7-11})$$

Hvor:

- C_m - varmekapaciteten for bygningen [Wh/(m²K)]
- H_c - samlet varmetabskoefficient [W/(m²K)]

7.3 VARMEKAPACITETEN, C_m

Varmekapaciteten for bygningen, C_m , varierer alt efter konstruktionernes tyngde. Varmekapaciteten for fire almindelige konstruktionstyper er opgivet i Tabel 7-3, jf. [SBI-213, tabel 8].

Tabel 7-3 Bygningers varmekapacitet, C_m ,

Beskrivelse	Indvendige konstruktioner	Varmekapaciteten, C_m [Wh/(Km ²)]
Ekstra let	Lette vægge, gulve og lofter, f.eks. skellet med plader eller brædder, helt uden tunge dele.	40
Middel let	Enkelte tungere dele, f.eks. betondæk med trægulve eller porebetondæk.	80
Middel tung	Flere tunge dele, f.eks. betondæk med klinker	120

	og tegl- eller klinkebetonvægge.	
Ekstra tung	Tunge vægge, gulve og lofter i beton, tegl og klinker.	160

7.4 VARMETABSKOEFFICIENTEN, H

Den samlede varmetabskoefficient, H, er summen af transmissionskoefficienterne for vinduer, H_v , og konstruktionerne, H_{kon} , samt ventilationskoefficienten, H_{vent} .

$$H = H_{vent} + H_v + H_{kon} \quad (\text{Formel 7-12})$$

Hvor:

- H - Varmetabskoefficienten pr. m^2 etageareal [W/m^2K]
- H_{vent} - Ventilationskoefficienten [W/m^2K]
- H_v - Transmissionskoefficienten for vinduer [W/m^2K]
- H_{kon} - Transmissionskoefficienten for konstruktioner [W/m^2K]

Varmetabskoefficienten beregnes for henholdsvis opvarmnings- og fyringssæsonen, som $H_{L,H}$ og H_C .

7.4.1 VENTILATIONSKOEFFICIENTEN, H_{vent}

Ventilationskoefficienten, H_{vent} , for naturlig ventilation beregnes, jf. [DS-418, afsnit 4.1]. Med den forskel, at der i stedet for, at benytte de dimensionerende temperaturer, regnes med gradtimerne for henholdsvis opvarmnings- og kølingssæsonen.

$$H_{vent} = \rho \cdot c \cdot q \quad (\text{Formel 7-13})$$

Hvor:

- ρ - luftens massefylde [$1,205 \text{ kg/m}^3$]
- c - luftens varmekapacitet [1005 J/(kgK)]
- q - volumenstrømmen af tilført udeluft pr. m^2 etageareal [$m^3/(m^2s)$]

7.4.1.1 MEKANISK VENTILATION MED VARMEGENVINDING

Ved mekanisk ventilation med varmegenvinding ændres ventilationskoefficienten så den bliver sæsonafhængig.

I kølingssæsonen laves by-pass på varmegenvindingsaggregatet for at opnå en så effektiv køling som muligt. Det medfører at ventilationskoefficienten i kølingssæsonen, $H_{vent,C}$, er lig ventilationskoefficienten ved naturligventilation, H_{vent} , da luftstrømmen gennem ventilationssystemet og den luftstrøm der går uden om aggregatet vil have den samme temperatur pga. den før nævnte by-pass.

$$H_{vent,C} = H_{vent}$$

I opvarmningssæsonen medfører varmegenvindingen at ventilationskoefficienten, $H_{vent,H}$, er mindsket i forhold til ved naturlig ventilation.

Ventilationskoefficienten, $H_{vent,H}$, bestemmes ved at gange ventilationskoefficienten, H_{vent} , for naturlig ventilation, med én minus udnyttelsesfaktoren for varmegenvindingsaggregatet samt den procentdel af den samlede ventilationsluft der ikke kommer gennem varmegenvindingsaggregatet men som sker via infiltration.

$$H_{vent,H} = H_{vent} \cdot (1 - \eta_{aggregat}) \cdot z + H_{vent} \cdot (1 - z)$$

Hvor

$\eta_{aggregat}$ - udnyttelsesfaktoren for varmegenvindingsaggregatet [-]

z - procentdelen af den samlede ventilationsluft der kommer gennem aggregatet [-]

7.4.2 TRANSMISSIONSKOEFFICIENT FOR VINDUER, H_v

Transmissionskoefficienten for et vindue, H_v , er gerne opgivet i W/K pr. m² vinduesareal. For at bestemme H_v i forhold til det opvarmede etageareal, ganges forholdet mellem vindues- og etagearealet på transmissionskoefficienten for vinduet.

7.4.3 TRANSMISSIONSKOEFFICIENT FOR KONSTRUKTIONER, H_{kon}

Transmissionskoefficienten for konstruktionerne, H_{kon} , bestemmes ud fra transmissionstabet for klimaskærmen ekskl. vinduer og døre. For at omregne transmissionstabet så det, ligesom transmissionskoefficienten for vinduer, er udtrykt ved det opvarmede etageareal, er det nødvendigt at bestemme forholdet mellem arealet af klimaskærmen og det opvarmede etageareal. For henholdsvis terrændæk og loft bestemmes forholdet til 1:1. Forholdet mellem ydervæggen (inkl. vinduer og døre) og etagearealet bestemmes ud fra bygningens omkreds samt etagehøjden fra overside af gulv til overside af vandret loft. For at få forholdet mellem ydervæg ekskl. vinduer og døre er det nødvendigt at fratække forholdet mellem det samlede vinduesareal og etagearealet.

Da der i sidste ende regnes med transmissionskoefficienten i forhold til antallet af gradtimer er det nødvendigt at omregne transmissionstabet, så denne bliver uafhængig af de dimensionerende temperaturer. Dette gøres ved at dividere transmissionstabet for de enkelte konstruktionsdele med forskellen på de dimensionerende temperaturer, jf. Tabel 7-4.

Tabel 7-4 Dimensionerende temperaturer, jf. [DS-418].

Klimaskærm	Dimensionerende rum temperatur [°C]	Dimensionerende ude temperatur [°C]	Forskel [K]
Loft	20	-12	32
Terrændæk (u. gulvarme)	30	10	20
Ydervæg	20	-12	32

For at kompensere for at transmissionskoefficienten for terrændækket i sidste ende sammenholdes med udetemperaturen, på regnes denne en korrektionsfaktor på 0,65, hvilket svarer til at terrændækkets transmissionskoefficient beregnes i forhold til den dimensionerende udetemperatur.

7.5 TOTALT VARMETILSKUD, Q_G

Det totale varmetilskud, Q_G , er summen af interne varmekilder, Q_i , samt solindfaldet, Q_s .

$$Q_G = Q_i + Q_s \quad (\text{Formel 7-14})$$

Varmetilskuddet bestemmes for henholdsvis opvarmnings- og kølingssæsonen, som $Q_{G,H}$ og $Q_{G,C}$.

7.5.1 INTERNE VARMEKILDER, Q_i

De interne varmekilder består af det interne varmetilskud fra personer og apparatur samt tilskuddet fra de tekniske installationer. Summen af disse tilskud ganges med antallet af timer i henholdsvis opvarmnings- og kølingssæsonen, se Afsnit 4, for at bestemme det interne varmetilskud, $Q_{i,H}$ og $Q_{i,C}$ for de to sæsoner.

7.5.2 SOLINDFALD, Q_s

Solindfaldet, Q_s , bestemmes ud fra solindfaldsfaktoren, $I_{S,v}$, udtrykt ved vinduesarealet, som er bestemt i Afsnit 6.1 Tabel 6-2. Solindfaldet, Q_s , bestemmes ved at påregne en faktor, for vinduesarealet i de enkelte orienteringer i forhold til etagearealet, på solindfaldsfaktoren og gange med den aktuelle rudes g-værdi. Dette opsummeres over alle fire orienteringer.

$$Q_{S,H} = \sum (I_{S,r,H} \cdot A_{r,orient.} \cdot g_r) / A_e$$

$$Q_{S,C} = \sum (I_{S,r,C} \cdot A_{r,orient.} \cdot g_r) / A_e$$

Hvor

$Q_{S,H}$ - Solindfaldet i opvarmningssæsonen [kWh/m^2]

$Q_{S,C}$ - Solindfaldet i kølingssæsonen [kWh/m^2]

$I_{S,r,H}$ - Solindfaldsfaktor i opvarmningssæsonen, korrigeret for g-værdiens afhængighed af indfaldsvinklen, udtrykt ved m^2 rudens areal [kWh/m^2]

$I_{S,r,C}$ - Solindfaldsfaktor i kølingssæsonen, korrigeret for g-værdiens afhængighed af indfaldsvinklen, udtrykt ved m^2 rudens areal [kWh/m^2]

$A_{r,orient.}$ - Totale vinduesareal i en orientering [m^2]

A_e - Opvarmet etageareal [m^2]

7.6 VARMETAB, Q_L

I opvarmningssæsonen beregnes det totale varmetab, $Q_{L,H}$, fra bygningen ud fra varmetabskoefficienten, $H_{L,H}$, og gradtimerne, G_H , for opvarmningssæsonen.

$$Q_{L,H} = H_{L,H} \cdot G_H$$

Det samme gælder for det totale varmetab, $Q_{L,C}$, fra bygningen i kølingssæsonen. Denne beregnes ud fra varmetabskoefficienten, H_C , og gradtimerne, G_C , for kølingssæsonen.

$$Q_{L,C} = H_C \cdot G_C$$

8 REFERENCEVINDUETS ENERGIFORBRUG

Referencevinduet energiforbrug regnes ud fra teorien bag klassificering af ruder [komp.7, s. 14]. Udtrykket for energiforbruget, Afsnit 3, simplificeres ved at regne det samlede energiforbrug gennem alle husets vinduer, ved at vægte energiforbruget fra de fire orienteringer ud fra den generelle vinduesfordeling.

Nord:	26 %
Syd:	41 %
Øst:	16,5 %
Vest:	16,5 %

Her af fås:

$$E_{ref} = 90,36kWh \cdot U_v - 196,4kWh \cdot g_v$$

Hvor

E_{ref}	Referencevinduet energiforbrug [kWh]
U_v	Vinduet U-værdi [W/m^2K]
g_v	Korrigeret g-værdi for vinduet [-]

Den korrigerede g-værdi for vinduet beregnes ud fra g-værdien for ruden og arealet af henholdsvis ruden og vinduet:

$$g_v = g_r \cdot \frac{A_r}{A_v} \quad \text{(Formel 8-1)}$$

Hvor:

g_v	- vinduet soltransmittans
g_r	- rudens soltransmittans
A_r	- arealet af ruden [m^2]
A_v	- arealet af vinduet [m^2]

Da der er tale om et referencevindue bestemmes vinduesarealet ud fra standarddimensionerne 1,23x1,48m. Der tages ikke højde for sprosser og poster.

DISKUSSION

I det følgende diskuteres rigtigheden af resultaterne fra beregningsværktøjet.

Det har ikke umiddelbart været muligt at dokumentere om resultaterne fra beregningsværktøjet er korrekte. Dette skyldes at de kendte simuleringssystemer BuildDesk og Be06 ikke angiver energiforbruget for vinduer som et separat resultat i deres uddata. Derfor har det ikke været muligt at sammenligne beregningsværktøjets resultater med uddata fra disse simuleringssystemer.

Beregningsbaggrunden er så vidt muligt kontrolleret. Beregningsværktøjets udregning af vinduets U-værdi, er kontrolleret ud fra beregningsmetoden angivet i DS-418. Ved forsøg på at dokumentere beregningen af vinduets U-værdi vha. BuildDesk, viste det sig, at denne kom frem til anden U-værdi end den der blev beregnet ud fra retningslinierne fra DS-418. Dette sås på trods af, at BuildDesk's beregningsgrundlag er baseret på DS-418. Det har dog ikke været muligt, at gå dybere ind i BuildDesk beregningsgrundlag. Udover vinduets U-værdi, er beregningen af det enkelte vinduesenergiforbrug kontrolleret via manuelle beregnede stikprøver.

Det er vurderet at beregningsværktøjets beregninger bygger på nogle relative høje solindfald. Solindfaldet er vurderet relativt højt i forhold til det gennemsnitlige solindfald, benyttet ved udregning af referencevinduets energiforbrug, som bygger på den værdi der generelt benyttes ved klassificering af ruder.

Da det anvendte solindfald er bestemt vha. BuildDesk, har det dog ikke været muligt at undersøge hvilke skyggefaktorer og lignende der er taget i betragtning. På baggrund af dette ligger der en vis usikkerhed i nøjagtigheden af de anvendte data for solindfaldet.

KONKLUSION

Det er gennem projektperioden lykkedes at udarbejde et tilfredsstillende beregningsværktøj, tilegnet boliger. Beregningsværktøjet er udarbejdet under de muligheder og begrænsninger der foreligger i programmet Excel.

Det konkluderes at beregningsværktøjet udviser stor fleksibilitet, idet det kan benyttes til en overordnet vurdering af forskellige vinduesløsninger, uden noget større kendskab til det hus vinduernes tænkes placeret i. Beregningsværktøjet kan ligeledes benyttes ud fra de generelle komponenter der er forud indtastet i bruttolisterne, således at brugeren ikke nødvendigvis skal kende de konkrete egenskaber for et eksakt vindue.

Der ses umiddelbart stort potentiale i analyse af vinduesløsninger, tidligt i projekteringsfasen, da dette vil højne muligheden for korrekt vinduesvalg samt placering af de enkelte vinduer i et konkret hus, Dette ses vigtigt i forhold til bygningsreglementets skærpede krav vedr. energiramme.

Før evt. videreudvikling eller brug af beregningsværktøjet, bør korrektheden af solindfaldet kontrolleres yderligere, og der bør herunder undersøges for evt. alternative metoder til bestemmelse af solindfaldet.

MULIGHED FOR VIDERE UDVIKLING

I det følgende er der listet en række mulige forbedringer og forslag til videre udvikling af beregningsværktøjet, som det dog ikke har været muligt at indføre på grund af tidsbegrænsningen af projektet.

Sæsonopdelingen og gradtimerne er fastlagt i beregningsværktøjet. Det betyder at der ikke tages højde for, at fyringsperioden varierer alt efter husets stand. Dette har ikke nogen umiddelbar indflydelse for kølingssæsonen, da energiforbruget, her går i nul eller bliver negativt i tilfælde hvor der ikke er behov for køling. Begrænsningen ligger ved opvarmningen, da der ikke tages højde for, tilfælde hvor der f.eks. er behov for opvarmning i den del af året der er talt med til kølingssæsonen, på samme måde som der heller ikke er taget højde for et evt. kølingsbehov i opvarmningssæsonen. I sådanne situationer kunne det være interessant at se hvad der ville ske, hvis programmet kunne revurdere gradtimerne og beregne gradtimerne i kølingssæsonen ud fra en inde temperatur på 20 °C.

For at opnå solafskærmning, er det i beregningsværktøjet kun muligt at vælge solafskærmende ruder. Det kunne være nyttigt i fremtiden, hvis beregningsværktøjet også ville kunne tage højde for bevægelig solafskærmning, så som gardiner og persiener.

Beregningsværktøjet er designet, så der ikke tages højde for døre, disse regnes med i konstruktionsarealet i forhold til transmissionskoefficienten. Det vil i længden være hensigtsmæssigt at udvide beregningsværktøjet så det endvidere tager hensyn til de specielle forhold der forekommer omkring døre, da dette vil gøre beregningsværktøjet mere nuanceret.

Ved indtastning af ID-nr. fra bruttolisterne under ”Egenskaber”, ville det gøre beregningsværktøjet mere brugervenligt, hvis det var muligt at se Hovedarket og Bruttolisterne samtidig, i stedet for at skulle ”zappe” mellem de to ark. Samtidig kunne det være fordelagtigt med en sorteringsfunktion af de enkelte vinduesløsninger under ”Egenskaber”. Dette kunne evt. gøres ud fra et energitilskud beregnet ud fra standarddimensionerne, som også anvendes ved energimærkning.

På længere sigt ville det være muligt at udvide beregningsværktøjet, så det også ville være muligt at anvende ved andre bygningstyper med andre formål, så som kontorhuse hvor kravene til opvarmning og køling er et andet.

REFERENCELISTE

- [Br98] Erhvervs- og byggestyrelsen; ”Bygningsreglementet for småhuse”; (inkl. tillæg 1-11)
- [DS-418] Dansk standard 418; ”Beregning af bygningers varmetab”; 6. udgave, 03-04-2002
- [Komp.1] BYG•DTU; Kompendium 1 ”Grundlæggende energimæssige egenskaber”; U-001; version 6, 31-01-2003
- [Komp. 7] BYG•DTU; Kompendium 7 ”Ruder og vinduers energitilskud”; U-007; version 3, 09-01-2003
- [prEN] Europæisk standard; ”Thermal performance and buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling”; prEN ISO 13790; (2005)
- [SBI-213] Søren Aggerholm og Karl Grau; ”SBI-anvisning 213, Bygningers energibehov, Pc-program og beregningsvejledning- Beregningsvejledning”; version 1.05.12, Statens Byggeforskningsinstitut (2005)

BILAGSLISTE

Bilag A	Aflæste data for solindfald fra BuildDesk.
Bilag B	Beregning af generelle udnyttelsesfaktorer.
Bilag C	Beregningseksempel.