

# HUS I HARDT KLIMA

*Av Gunnar Ø. Jørgen*

OSLO 1957

---

Sætrykk av «BYGG», 1957, nr. 8.

# Hus i hardt klima

*Arkitekt Gunnar Ø. Jørgen.*

*Norges byggforskningsinstitut.*

## INNHold

1 a.	Varmetap ved varmegjennomgang .....	3
1 b.	Øket varmegjennomgang på grunn av vind .....	4
1 c.	Øket varmegjennomgang på grunn av fuktighet .....	4
1 d.	Varmetap ved fordampning fra husets utsider .....	5
2.	Varmetap ved utilsiktet ventilasjon .....	6
2 a.	Utilsiktet ventilasjon på grunn av temperaturforskjell inne og ute .....	6
2 b.	Utilsiktet ventilasjon på grunn av vind .....	7
3 a.	Varmetap ved utstråling fra vegger, vinduer og tak .....	8
3 b.	Varmegevinst ved solstråling inn gjennom vinduene .....	8
3 c.	Varmegevinst ved solstråling mot yttervegger og tak .....	10
4.	Varmegevinst fra beboere, lys og koking .....	11
	Sammenfatning .....	12

### *Eksempler:*

Arlig varmetap i Werner Johannessens typehus .....	12
Solstråling mot en sydvestvendt vegg på Oslos breddegrad .....	12
Oversikt over de data som inngår i varmeberegningene .....	13
Varmeoverføring inn og ut av vinduer i Werner Johannessens typehus .....	13
Varmebehovets størrelse forskjellige steder i Norge .....	14
Varmetap pr. døgn i Werner Johannessens typehus .....	15
Netto varmetap pr. døgn i typehuset, sett i forhold til ute-temperaturen i årets løp	15



# Hus i hardt klima

Av arkitekt Gunnar O. Jorgen, Norges byggforskningsinstitutt

Statsmeteorolog Sverre Hoppestad: Slagregn i Norge.

Norges byggforskningsinstitutt, 1955, Rapport nr 13, 100 sider.

Statsmeteorolog Thor Werner Johannessen: Varmeutvekslingen i bygninger og klimaet.

Norges byggforskningsinstitutt, 1956, Rapport nr 21, 258 sider.

DK 009

Været farer hardt frem mot husene mange steder her i landet. Særlig langs vestkysten hos oss er denne påkjenningen større enn i de fleste andre bebodde strøk i verden.

Klimapåvirkningen fører til varmetap en stor del av året, ved varmegjennomgang, ved utstråling og ved luftlekkasjer. Dessuten blir husene utsatt for nedslitning som følge av vind, regn og frost.

Noen av disse påvirkningene, særlig varmegjennomgangen, har vi tidligere lært å beregne. I de to ovennevnte publikasjonene som Norges byggforskningsinstitutt nylig har sendt ut, blir et videre utvalg av klimapåkjenninger tatt opp til analyse.

Det redegjøres for hvordan de forskjellige typer av varmetap kan beregnes. Som grunnlag for beregningen må man ha en rekke meteorologiske data. En del slike data foreligger for et antall steder omkring i landet.

Fullstendig korrekte beregninger av klimapåvirkningen ville kreve meget mer detaljerte observasjoner. De måtte foretas på mange flere steder og over en lengre årrekke. Dette er imidlertid ikke

praktisk gjennomførlig. Forfatterne av de to rapportene søker derfor å finne tilnærmede metoder, så man på grunnlag av de forholdsvis enkle observasjoner som finnes, kan utlede med tilstrekkelig nøyaktighet de mer detaljerte meteorologiske data for et hvilket som helst sted i landet.

## 1 a. Varmetap ved varmegjennomgang

Varmetransporten gjennom yttervegger og tak er som kjent størst ved de vegger og tak som har høyest  $k$ -verdi. Varmetransporten blir også større jo kaldere uteluften er i forhold til inneluften.

Varmegjennomgangstallet  $k$  er et velkjent begrep. Det er målt eller beregnet med tilstrekkelig nøyaktighet for alle aktuelle typer av vegger, gulv og tak samt for vinduer og dører.

Ønsker vi å beregne den samlede varmegjennomgang i huset for hele fyringsperioden, brukes gradtallet som også er et forholdsvis kjent begrep. Det er illustrert i figur 1.

I Werner Johannessens bok er graddagtallet beregnet for 130 steder i landet. Dels får man tallet

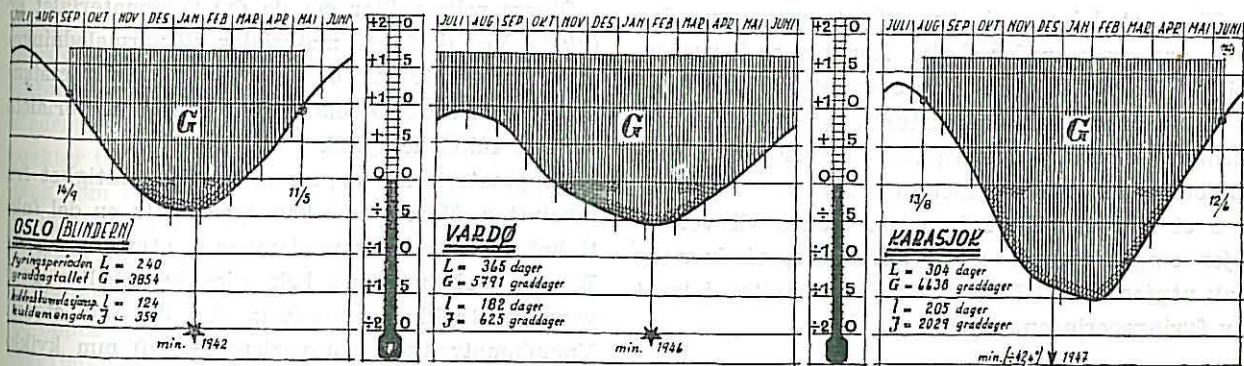


Fig. 1. Kurvene angir luftens gjennomsnittstemperatur for hver dag i året i Oslo, Vardø og Karasjok.

Fyringsperioden begynner når gjennomsnittstemperaturen går ned under + 11 grader Celsius, og slutter når den går opp over + 9 grader Celsius. I Vardø kommer det daglige gjennomsnitt aldri over + 11 grader; her varer fyringsperioden derfor hele året.

Differansen mellom den gjennomsnittlige utetemperaturen, og innetemperaturen som settes til + 17 grader Celsius, er «graddtallet» for vedkommende dag.

Graddagtallet for hele fyringssesongen er lik summen av graddtallene for hver enkelt dag; tallet får benevnningen grader  $\times$  dager. De skraverte flatene angir graddagtallet  $G$  for Oslo, Vardø og Karasjok.

I beregningen av varmetapet for fyringsperioden inngår som kjent flatens størrelse, konstruksjonens varmegjennomgangstall og stedets graddagtall  $G$ .

Kuldeakkumulasjonsperioden er det antall dager hvor gjennomsnittstemperaturen er under 0. Kuldemengden i denne perioden er lik summen av antall kuldegrader for hver enkelt dag. Den del av de skraverte flatene som ligger under 0-streken er stedets kuldemengde  $J$ .

Figuren viser dessuten middeltemperaturen i den kaldeste sammenhengende tredagers-perioden som er målt. For hvert av de tre stedene er det henholdsvis  $\div 20,4$  og  $\div 20,2$  og  $\div 42,4$  grader Celsius.

Kurvene bygger på Werner Johannessens tabell 15. De øvrige data finnes i tabellene 38 og 46.



$$W_i = 24 \cdot \left[ \sum_{s=1}^{s=n} f_s \cdot (k_{0,s} \cdot \{G\} + \sum_{M=1}^{M=n} \Delta k_M \cdot \{G_M\}) + g \cdot k_0 \cdot \int_{-b}^{-a} \Delta \theta_{i,k} d\tau \right] +$$

$$24 \cdot \left[ \sum_{D=1}^{D=D'} (\nu \cdot (h_{D'}^0, e)_z \cdot F \cdot \nu \cdot k_0 \cdot \{E_v\})_D + (\nu \cdot (h_{D'}^0, e)_z \cdot F \cdot \nu \cdot k_0 \cdot \{E\})_D \right] -$$

$$\left[ \sum_{D=1}^{D=D'} (F \cdot \nu \cdot k_0 \cdot \{H^*\})_D + (F \cdot \nu \cdot k_0 \cdot \{H^*\})_D \right] +$$

$$24 \cdot F \cdot [\gamma_0 \cdot \{Q\} + \gamma_v \cdot \{P\}] - \sum_{D=1}^{D=D'} (O \cdot \xi^n \cdot \{I^*\})_D - L \cdot q_i$$

Fig. 2. Werner Johannessens generelle formel for den varmemengde som må tilføres i løpet av fyringsperioden for at lufttemperaturen i huset skal holdes konstant.

Første linje: varmegjennomgang gjennom alle ytterflater samt gulv over kjeller. Annen linje: utstråling fra alle vertikale og horisontale ytterflater. Tredje linje: varmegevinst ved solstråling på vegger og tak. Fjerde linje: varmetap ved utilsiktet ventilasjon, varmegevinst ved solstråling inn gjennom vinduer, varmeavgivelse fra beboere, lys og koking.

Formelen finnes på s. 41 i Werner Johannessens bok.

for hele fyringsperioden, og dels spesifisert pr. måned. Graddagtallene vil i virkeligheten variere litt fra år til år, etter som vinteren er mer eller mindre kald.

Skal graddagtallet beregnes eksakt, må man kjenne gjennomsnittstemperaturen på stedet fortløpende gjennom hele fyringsperioden. Det viser seg imidlertid at man tilnærmet kan beregne graddagtallet G når man kun kjenner stedets årlige gjennomsnittstemperatur C grader. Da er:

$$G = 5900 \div 388 C$$

På et sted hvor gjennomsnittstemperaturen for hele året er 0 grader, f. eks. Røros eller Kirkenes, vil graddagtallet altså være omtrent 5900.

Er gjennomsnittstemperaturen for hele året omkring + 5 grader Celsius, som i Asker eller i Ytre Lofoten, blir graddagtallet ca 4000.

I et forholdsvis godt isolert trehus vil varmegjennomgangen gjennom yttervegger, vinduer og tak utgjøre 50 à 60 % av brutto varmetap i løpet av fyringsperioden.

### 1 b. Øket varmegjennomgang på grunn av vind

Vår gode bekjent k-verdien er ikke så konstant og pålitelig som vi umiddelbart tenker oss. Er det f. eks. sterk vind, kan k-verdien øke merkbart.

Veggens varmegjennomgangsmotstand består som man vet av innvendig varmeovergangsmotstand pluss veggmaterialets varmegjennomføringsmotstand pluss utvendig varmeovergangsmotstand. Det er denne siste som er avhengig av vindstyrken langs veggens utside.

De k-verdiene vi får oppgitt i byggeforskriftene

er basert på at vindhastigheten er 2 m/sekund, som er den gjennomsnittlige vindhastigheten f. eks. i Oslo eller Lillehammer.

Vi tar for oss en vegg som teoretisk har en k-verdi lik 0,80 og bruker den på forskjellige steder i landet. Med de typiske vindforholdene som er til stede om vinteren, vil veggene ha forskjellig k-verdi på de enkelte steder:

	gj.snittlig vindhastighet i januar:	
Bodø .....	6,8 m/sek	k = 0,82
Oslo .....	2,0 m/sek	k = 0,80
Rena .....	0,9 m/sek	k = 0,78
Ytre Rendal .....	0,6 m/sek	k = 0,76
nesten vindstille .....	0,1 m/sek	k = 0,72

I sterk vind blir altså veggene merkbart dårligere. På den annen side er det heldigvis så at de kaldeste stedene har forholdsvis lite vind om vinteren. Når vinden er svak, kan veggene i praksis bli 5 eller 10 % bedre enn hva den er beregnet til.

Werner Johannessens bok gir i tabellform den gjennomsnittlige vindhastigheten månedsvis for 130 steder.

Ved de moderne godt isolerte veggene er varmemotstanden i selve veggmaterialet meget stor i forhold til den utvendige varmeovergangsmotstanden. Variasjon i vindstyrken vil her bare gi seg små utslag i k-verdien. I praksis risikerer vi ikke at slike vegger blir stort mer enn 1 % bedre eller dårligere etter som vinden varierer.

### 1 c. Øket varmegjennomgang på grunn av fuktighet

Større rolle spiller det da om veggmaterialet er *fuktig*. Ved de fleste materialer vil varmeledningstallet bli omtrent fordoblet hvis fuktighetsinnholdet øker med 25 vektprosent ut over materialets vanlige fuktighetsgrad.

Veggmaterialene opptar alltid noe fuktighet fra inneluften. Materialene kan også oppta en del fuktighet direkte fra vanndampen i atmosfæren, og Werner Johannessens bok gjengir tabeller over vanndamptrykket månedsvis for de 130 steder. Vanndamptrykket kan variere fra 10 mm kvikksølv søyle på Østlandet om sommeren, og ned til litt over 1 mm i Finnmark om vinteren. Det er imidlertid ikke så mye fuktighet materialene opptar på denne måten.

Annerledes er det på steder hvor det forekommer sterk vind samtidig med regn, dvs. slagregn. Her blir veggmaterialene utsatt for sterk nedfuktning.

Direkte målinger av slagregn er bare foretatt i Oslo, Bergen, Trondheim og Tromsø, i løpet av en periode på 3 år. Det ville kreve uforholdsmessig av tid og penger å foreta tilsvarende målinger for et større antall stasjoner over lengre tid.



Det viser seg imidlertid at man med tilstrekkelig nøyaktighet kan beregne den slagregnmengden som treffer en vertikalflate, når man kjenner mengden av vanlig nedbør og samtidig den vindstyrken og vindretningen som hersker mens det regner. På dette grunnlag er det i Sverre Hoppestads bok foretatt beregning av slagregnmengdene på 70 steder i Norge. Her finnes også kart, slik at man kan vurdere den slagregnmengden som vil opptre andre steder i landet.

Mest utsatt er kyststrøkene like syd for Stad; der vil en sydvendt vegg få slagregn gjennomsnittlig 4 timer i døgnet året rundt. En kvadratmeter sydvendt vegg blir der overskyttet med en vannmengde på ialt 1,7 kubikkmeter i løpet av året.

Til sammenlikning kan nevnes at en takflate i Oslo mottar en regnmengde på ialt litt over 0,5 kubikkmeter pr. år i form av vanlig vertikalt regn.

Fuktigheten i veggene må stort sett fjernes ved at materialene tørrer ut av seg selv. Werner Johannessens bok gir tabeller for luftens uttørrende evne i hver enkelt måned for de vanlige 130 steder. Direkte målinger av denne art er bare foretatt i Bergen, over en 35-årsperiode, men det er mulig å beregne forholdet tilnærmet på grunnlag av kjente data for vindhastighet, lufttrykk og luftens vann-damptrykk.

Luftens uttørrende evne er heldigvis størst i kyststrøkene, der hvor slagregnmengden samtidig er størst. Den uttørrende evnen er minst i innlandsstrøkene om vinteren, hvor slagregn bare forekommer i ubetydelig grad.

Vi har i de to publikasjonene fått det meteorologiske grunnlag for videre forskning av bygningsmessig art på dette området. Det gjelder å finne materialer som er gode nok slik at direkte regnskader kan unngås, og det er nødvendig å få holdepunkter til å beregne hvilken ekstra varmegjennomgang som tross alt må ventes på grunn av uunn-gelig fuktighet i materialene.

Vi vet hvilke regnmengder som vil treffe veggene og hvilke mengder man kan vente at luften senere vil oppta igjen. Men vi vet ikke nok om hvordan veggflaten reagerer på regnanfallet og hvilke krav som må stilles til overflatebehandlingen og til materialets vannoppsugnings- og fordampnings-evne.

#### 1 d. Varmetap ved fordampning fra husets utside

Den fuktigheten som er opptatt i yttervegger og tak, fordampes igjen etter hvert. Til dette kreves varme som tas dels fra uteluften og dels fra ytterflaten selv. Herved oppstår et ekstra varmetap, som må dekkes ved øket oppvarming inne i huset.

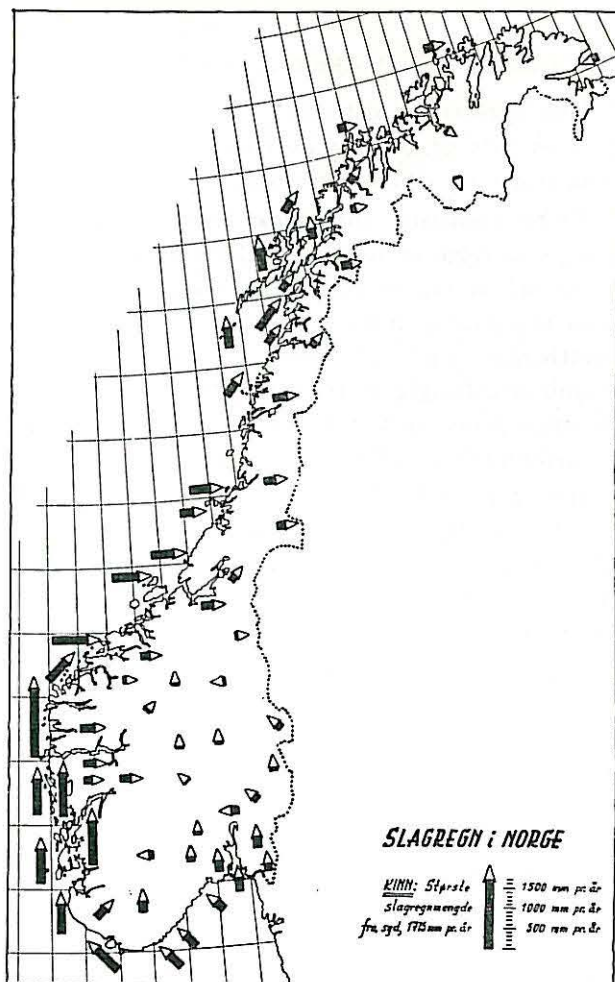


Fig. 3. Kartet viser årlig slagregnmengde fra den retning som gir mest slagregn på vedkommende sted.

Langs sørlandskysten kommer det meste slagregnet fra sydøst, langs vestkysten fra syd, ved trøndelagskysten fra vest, langs nordlandskysten fra sydvest, og på finnmarkskysten fra vest. Inne i landet er det som regel svært lite slagregn.

Av de 70 stasjoner har Kinn i Sunnfjord det største tall: gjennomsnittlig er det 1715 mm slagregnmengde pr år fra syd.

Kartet bygger på kartene nr 11 og 14 i Sverre Hoppestads bok.

Fordampningsvarmen er større jo større veggens k-verdi er, og jo større varmeovergangsmotstanden er på veggens utside.

Den vannmengden som veggen mottar på grunn av regn, kan vi fastslå som nevnt i forrige avsnitt. Imidlertid er det ikke utviklet metoder, slik at man ut fra disse data kan beregne hvor stor del av vannmengden som oppsuges i veggen, og hvor stor del av fordampningsvarmen som deretter tas fra selve veggen. Her er rom for videre forskning.

Selv om de varmemengdene det dreier seg om vanligvis kan være små, vil det likevel være nyttig å kjenne prosessen. Man vil da få vite hvilket varmetap som kan oppstå under særlig ugunstige vilkår, og hvilken bygningsmessig utførelse man skal velge i slike tilfelle.



## 2. Varmetap ved utilsiktet ventilasjon

I en bygning vil det alltid foregå en viss transport av luft gjennom materialenes porer og gjennom større og mindre sprekker.

Under vindstille blir denne transporten satt i gang som følge av tetthetsforskjellen mellom inne- og uteluften. Luften siger da fortrinnsvis inn gjennom utetthetene nede ved gulvet, og ut gjennom utetthetene oppe ved taket. Tempoet i luftvekslingen er avhengig av tettheten i ytterflaten, og er dessuten proporsjonalt med kvadratrotten av temperaturforskjellen mellom inne og ute.

Hvis temperaturen er den samme ute og inne, kan luftvekslingen settes i gang på grunn av vind. Uteluften presses da inn gjennom utetthetene på luv-siden, og luften inne i huset suges ut gjennom utetthetene på lé-siden. Luftvekslingens tempo er fremdeles avhengig av tettheten i ytterflaten, men er nå direkte proporsjonalt med vindhastigheten.

Vanligvis vil begge tendenser gjøre seg gjeldende samtidig. Det viser seg at *summen* av de to tendenser som regel er temmelig konstant. Ved svak vind blir luftvekslingen hovedsakelig holdt i gang av temperaturdifferansen, ved sterkere vind hovedsakelig av vindpresset. Øker imidlertid vinden ut over en viss grense, blir den enerådende som årsak til luftvekslingen; den utilsiktede ventilasjonen øker da videre, proporsjonalt med økende vind.

Et mål på bygningens vindtetthet er *vekslingstallet*, dvs. hvor mange ganger i timen luftmengden i huset blir fornyet ved utilsiktet ventilasjon når vindhastigheten er 1 m/sekund. Vekslingstallet for et hus kan man bare finne ved å foreta målinger; tallet er konstant for ett og samme hus, avhengig av bygningens form og planløsning, materialenes vindtetthet, den håndverksmessige utførelsen osv.

Måling av vekslingstallet for et hus er en forholdsviss komplisert affære, og er hittil ikke foretatt i Norge. Vi kjenner derfor ikke vindtettheten hos typiske norske hus.

Werner Johannessen har prøvet en indirekte beregning av vekslingstallet for en spesiell liten hustype som han bruker til regneeksempel. Han antar da at folk sedvanemessig bygger husene noe mer vindtette på steder som er mest utsatt for vind.

Werner Johannessen tenker seg sitt typehus plasert på forskjellige steder i landet. Typehusene har overalt nøyaktig samme utførelse bortsett fra ett spesielt punkt, nemlig vindtettheten. Han kommer til at huset på steder som Vardø eller Kinn sannsynligvis har en god vindtetthet med vekslingstall ca 0,14 og at huset på steder som Oslo eller Røros har en middels vindtetthet med vekslingstall ca 0,22.

På steder som Vardø eller Kinn, hvor middelvindhastigheten for året er omtrent 7 m/sekund, får han da at det reelt vil foregå én gangs luftveksling i huset pr time.

I Oslo eller Røros hvor vindhastigheten er liten, noe over 2 m/sekund, vil det foregå en halv gangs luftveksling i huset pr time. Vi får følgende bilde:

	gj.snittlig vindhastighet	husets vindtetthet	resultat: luftvekslinger pr time
Vardø, Kinn .. stor .....	god .....	1,0 pr time	
Oslo, Røros .. liten .....	middels ...	0,5 pr time	
Karasjok .... særlig liten	dårlig ....	0,5 pr time	

Sannsynligvis har man i kyststrøkene som regel én gangs luftveksling pr time, og i innlandsstrøkene omtrent en halv gang pr time.

Det er et felt for videre bygningsteknisk forskning å få undersøkt hva som er det typiske vekslingstallet for forskjellige kategorier av hus, og hvordan konstruksjonene i tilfelle skal utformes hvis det er nødvendig å gjøre dem mer vindtette.

Under den forutsetning som er nevnt kommer Werner Johannessen til det resultat at den utilsiktede luftvekslingen normalt vil utgjøre mellom 30 og 40 % av brutto varmetap i et vanlig trehus, uansett hvor i landet huset ligger. Under særlig ugunstige værforhold kan imidlertid varmetapet ved luftveksling bli noe over 50 % av totalen, altså større enn varmetapet ved direkte varmegjennomgang.

En skal her merke seg at det uttrykkelig er tale om *utilsiktet* ventilasjon, altså den luftvekslingen som foregår selv om alle vinduer, ventiler og ytterdører er lukket.

Direkte ventilasjon vil selvsagt bety et ytterligere varmetap; men på de tider da varmeformbruket likevel er stort — i sterk kulde eller i sterk vind — setter folk ikke vinduene åpne mer enn høyst nødvendig.

### 2 a. Utilsiktet ventilasjon på grunn av temperaturforskjell mellom inne og ute

For å kunne foreta beregning av dette varmetap utleder Werner Johannessen en formel og innfører et nytt meteorologisk begrep, *konveksjonstallet*  $Q$  som er nærmere omtalt i figur 4.

I en oversiktsartikkel som denne er det vanskelig å redegjøre eksakt for teorien. For å illustrere hva begrepet innebærer kan man si, at tallverdien av  $Q$  er lik den varmemengde som tapes i løpet av fyringsperioden ved utilsiktet ventilasjon p.g.a. temperaturdifferansen — varmetapet da angitt i kcal pr kubikkmeter luftvolum i et hus med god vindtetthet, dvs. et vekslingstall lik 0,14.

Hvor stor denne konveksjonen blir er i første rekke avhengig av temperaturforskjellen mellom



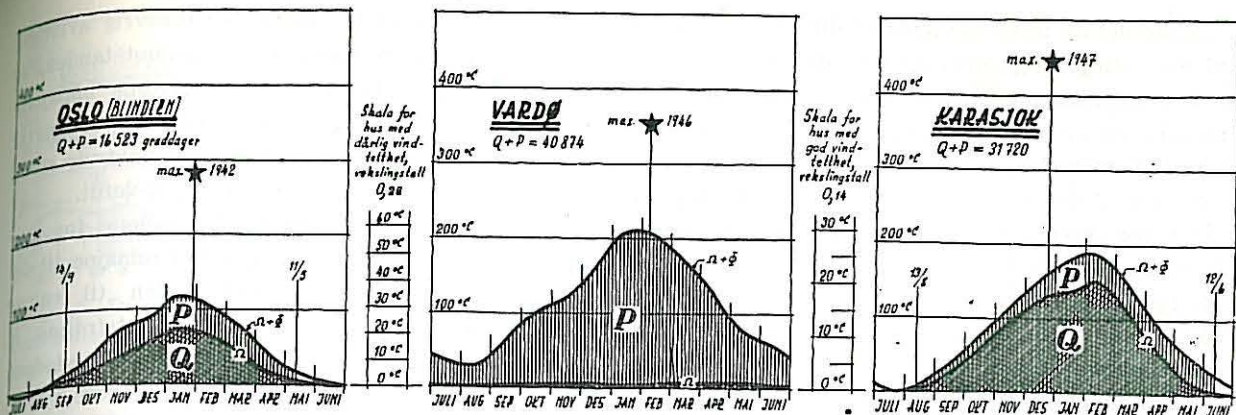


Fig. 4. Werner Johannessen har utviklet en metode til å beregne varmetap ved utilsiktet ventilasjon. Denne oppstår dels som følge av temperaturforskjellen mellom inne og ute, og dels som følge av vind.

Øverste kurve angir for hver enkelt dag i året, det antall grader som lufttemperaturen i huset ville synke i løpet av døgnet på grunn av utilsiktet ventilasjon, hvis intet ble gjort for å dekke varmetapet. Kurven refererer seg til et hus med vekslingstall lik 1, dvs. hvor luften fornyes 1 gang i timen når vindhastigheten er 1 m/sekund. En så eksepsjonelt dårlig vindtetthet forekommer ikke i praksis. Hus med god vindtetthet har et vekslingstall omkring 0,14, dvs. at 1/7 av luften fornyes pr time ved den nevnte vindhastighet.

De to skalaene angir det temperaturfall man vil få pr døgn henholdsvis i hus med dårlig og med god vindtetthet. I siste fall vil temperaturen synke med mer enn 1 grad i timen når ventilasjonen er sterk.

Den varmemengden som kreves for å bringe lufttemperaturen opp igjen til vanlig nivå, representerer det varmetap som skyldes utilsiktet ventilasjon i vedkommende døgn.

inne og ute. Luftvekslingen er proporsjonal med temperaturforskjellen multiplisert med kvadratrotten av temperaturforskjellen, men den er også — med en viss korreksjon — omvendt proporsjonal med vindhastigheten. Intensiteten av luftvekslingen vil derfor variere fra måned til måned, etter som samspillet mellom temperatur og vindhastighet endres.

Werner Johannessen har beregnet konveksjonsleddet for hver måned for 36 steder hvor det foreligger samtidige observasjoner av lufttemperatur og vind over en årrekke. Herav kan han igjen utlede konveksjonstallet Q for hele fyringsperioden på de samme stedene.

Utrekningen er meget komplisert og tidkrevende. Han har derfor funnet frem til en forenklet beregningsmetode, som med tilstrekkelig nøyaktighet gir konveksjonstallet Q for hele fyringsperioden, når man kun kjenner den gjennomsnittlige vindhastigheten  $v$  i året, og likeledes den gjennomsnittlige temperaturen  $C$  i året på vedkommende sted:

$$Q = \frac{604}{v} (17 \div C) \sqrt{17 \div C} \div 1485$$

Konveksjonstallet Q pluss adveksjonstallet P for hele fyringsperioden er lik summen av de respektive gradtall for hver enkelt dag. Tallet Q refererer seg til utilsiktet ventilasjon på grunn av temperaturdifferansen, mens P refererer seg til utilsiktet ventilasjon på grunn av vind. De skraverete flatene på figuren angir disse tallene, som har benevnningen grader  $\times$  dager.

I Vardø er det vinden som praktisk talt helt alene er skyld i den utilsiktede ventilasjon. I Oslo og særlig i Karasjok er det temperaturdifferansen som er hovedårsaken.

I beregningen av det varmetap som skyldes utilsiktet ventilasjon, inngår luftens spesifikke varme, husets luftvolum, husets vekslingstall, samt summen av stedets konveksjons- og adveksjonstall  $Q + P$ .

Figuren viser dessuten de konveksjons- og adveksjonstallene som er målt i de kulderekord-dagene som er nevnt i figur 1. Den utilsiktede ventilasjonen har altså på slike dager vært omtrent dobbelt så stor som normalt.

Kurvene bygger på Werner Johannessens tabell 35. De øvrige data finnes i tabellene 38 og 46.

Formelen er gyldig for vindhastigheter mellom 2 og 7 m/sekund, og gir resultater som avviker høyst 5 % fra de nøyaktige.

På dette grunnlag er konveksjonstallet Q beregnet for resten av de 130 stedene, og gjengitt i tabellform.

Som nevnt vil denne typen av utilsiktet ventilasjon være størst på steder med lite vind. Konveksjonstallet Q angis til ca 30 000 i Ytre Rendal, Sunndal, og Fjærland i Sogn. På steder som Vardø, Røst eller Utsira er Q ganske lite, varierende mellom 1000 og 2000.

## 2 b. Utilsiktet ventilasjon på grunn av vind

Til beregning av denne del av varmetapet utleder Werner Johannessen en tilsvarende formel, og innfører det meteorologiske begrep adveksjonstallet P.

Som illustrasjon av dette begrep kan man si, at tallverdien av P er lik den varmemengde som tapes i løpet av fyringsperioden ved utilsiktet ventilasjon på grunn av vind — varmetapet da angitt i kcal pr kubikkmeter luftvolum i et hus med god vindtetthet, dvs. et vekslingstall lik 0,14.



Denne del av luftvekslingen er direkte proporsjonal med vindhastigheten, og dessuten proporsjonal med temperaturforskjellen mellom inne og ute. Intensiteten av luftvekslingen vil derfor variere fra måned til måned.

Werner Johannessen har beregnet adveksjonsleddet for hver måned for de nevnte 36 steder. Herav kan man igjen utlede adveksjonstallet P for hele fyringsperioden på de samme stedene.

Han har videre funnet frem til en forenklet beregningsmetode, som med tilstrekkelig nøyaktighet gir adveksjonstallet P for hele fyringsperioden, når man kun kjenner den gjennomsnittlige vindhastigheten  $v$  i året, og likeledes den gjennomsnittlige lufttemperaturen  $C$  i året på vedkommende sted:

$$P = 392 \cdot v \cdot (17 \div C) \div 3045$$

På dette grunnlag er adveksjonstallet P beregnet for resten av de 130 stedene, og gjengitt i tabell.

Som nevnt vil denne typen av utilsiktet ventilasjon være størst på steder med mye vind. Adveksjonstallet P er nær 40 000 i Vardø, nær 30 000 på Røst og nær 20 000 på Utsira. På steder som Ytre Rendal, Sunndal, eller Fjærland i Sogn er P ganske lite, varierende mellom 1000 og 3000.

### 3 a. Varmetap ved utstråling fra vegger, vinduer og tak

Enhver gjenstand sender ut langbølgede varme-stråler. Mørke flater sender ut mest og lyse flater sender ut minst varme. Gjenstanden mottar samtidig en «motstråling» fra atmosfæren, som reduserer det samlede strålingstap noe.

Det har hittil ikke vært undersøkt hvor sterk denne utstrålingen er i Norge. Det foreligger imidlertid målinger utført i andre land, og teorier som gjør det mulig å beregne forholdet tilnærmet. Intensiteten av utstrålingen øker med uteluftens temperatur, men den er også avhengig av luftens fuktighetsgrad og av skydekket.

Samtidig som et hus sender ut varmemenstråler, blir det også møtt av tilsvarende stråling fra terrenget, fra omgivende hus, høydedrag osv. som treffer husets vegger. Nettotapet av varmemenstrålingen blir derfor større pr kvm fra en horisontal takflate enn fra veggene.

Den varmemengden som utstråles pr time fra en kvadratmeter absolutt sort flate, kalles *utstrålingstallet* R. Werner Johannessen har gjennomført en meget komplisert beregning av dette tallet for hver måned for hvert av de 130 stedene, forutsatt fri horisont. Arbeidet bygger på de foreliggende meteorologiske data, og feilene i de beregnede tall antas å være mindre enn 10 %.

Utstrålingstapet fra et hus er forøvrig avhengig av den utvendige varmeovergangsmotstanden, av konstruksjonens k-verdi og av flatens emisjonskoeffisient. Den sistnevnte er forskjellig for mørke og lyse flater. Utstrålingen blir forholdsvis størst fra vinduene, som har den største k-verdi.

Summerer man opp utstrålingstallene for hver enkelt dag i fyringsperioden, sett i relasjon til den utvendige varmeovergangsmotstanden til enhver tid, fremkommer *energitallet for utstråling* E. Tallet er beregnet og gjengitt for de 130 stedene.

På grunnlag av tallet E kan man beregne det samlede strålingstap fra vedkommende hus i hele fyringsperioden. Hvis utstrålingen skjermes av høydedrag eller nabohus, blir den noe nedsatt.

Utstrålingstapet i hele fyringsperioden er størst på steder med liten vindstyrke, som Åbjørsbråten i Valdres, eller i Sunndal, og bare sjetteparten så stort på steder som Lista eller Utsira.

Vanligvis er ikke utstrålingstapet fra et hus mer enn 1 à 3 % av brutto varmetap i løpet av fyringsperioden. Under eksepsjonelle forhold kan det dog bli vesentlig større. På et så vidt uskyldig utseende sted som Tingvoll i Sunndalsfjorden på Nordmøre ville Werner Johannessens typehus under kulde-rekorden i januar 1942 hatt et utstrålingstap på litt over 2 kilowatt, svarende til hele 14 % av brutto varmetapet i disse tre døgnene.

### 3 b. Varmegevinst ved solstråling inn gjennom vinduene

Samtidig som huset taper litt varme ved langbølget utstråling, mottar det til gjengjeld betydelige kvanta varme gjennom solstrålingen.

Størst blir denne varmegevinsten når solen skinner fra skyfri himmel. Men også i helt overskyet vær mottar huset et visst kvantum av diffus solvarme: indirekte solstråling, himmelstråling. Selv når solen er under horisonten forekommer en slik stråling, men intensiteten er da så svak at vi kan se bort fra den i praksis.

Solintensiteten ved direkte solstråling varierer med årstiden. Den avhenger også av solens høyde på himmelen; og solvarmen i løpet av året henger selvfølgelig sammen med graden av skydekke på vedkommende sted. Solintensiteten blir dessuten influert av vandampinnholdet i atmosfæren.

Den direkte solstrålingen blir sterkere i høyden. Ifølge målinger foretatt i Alpene er den midtsommers 12 % sterkere i 1000 meters høyde enn ved havflaten. Om vinteren er den nesten 30 % sterkere.

Indirekte solstråling, den diffuse himmelstrålingen, er likeledes avhengig av solhøyden og av skydekket. Himmelstrålingen bortfaller ikke selv om himmelen er helt skydekket. Videre spiller



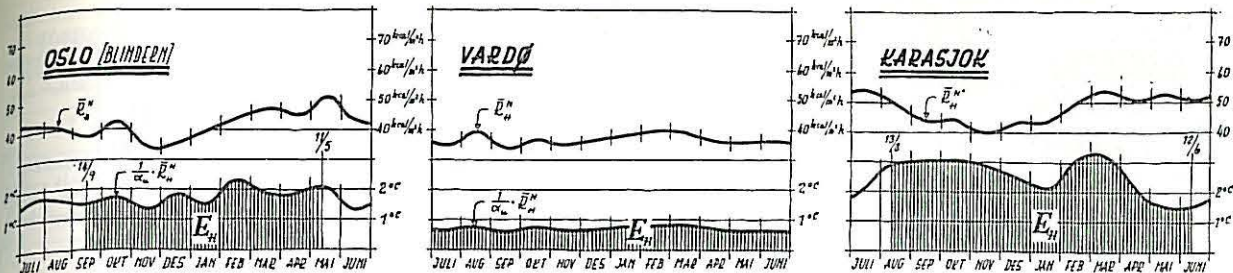


Fig. 5. Den øverste kurven angir utstrålingstallet som kalles  $R$ , dvs. den gjennomsnittlige varmeutstrålingen fra en horisontalflate som er avsluttet sort, på et sted med fri horisont. Tallene er beregnet av Werner Johannessen og tar bl. a. hensyn til skydekket på stedet. Varmeutstrålingen foregår dag og natt, og varierer ikke stort i årets forskjellige måneder.

Det strålingstap som skjer fra flaten er imidlertid også avhengig av den utvendige varmeovergangsmotstanden, og denne kan variere betydelig i årets løp og fra sted til sted. Den nederste kurven uttrykker produktet av de to størrelser, og gir et bilde av hvorledes utstrålingstapet varierer fra måned til måned. Produktet har benevnelsen grader (Celsius).

Summerer vi alle disse gradtall for hver enkelt dag i fyringsperioden, fremkommer størrelsen  $E$ , energitallet for utstråling. Den skraverte flaten på figurene angir  $E$ , som har benevnelsen grader  $\times$  dager.

Tallet  $E$  for en horisontalflate er i Oslo 396, i Vardø 268 og i Karasjok 716 graddager.

I beregningen av det varmetap som skyldes utstråling inngår flatens størrelse, flatens emisjonskoeffisient, konstruksjonens varmegjennomgangstall samt stedets energitall  $E$  for horisontale respektive vertikale flater.

Det daglige utstrålingstap i Vardø er lavt, fordi stedet er vindhardt og den utvendige varmeovergangsstanden derfor er liten.

Utstrålingstallet for vertikalflater (vegger og vinduer) blir bare 40 à 45 % av det tilsvarende tall for en horisontalflate. De vertikale flatene vil nemlig alltid få en betydelig motstråling fra terrenget omkring.

Hvis utstrålingen fra vegger og tak skjermes av høydedrag, hus eller trær i nærheten, blir strålingstapet nedsatt en del.

Kurvene bygger på Werner Johannessens tabell 28 og 31. De øvrige data finnes i tabellene 32 og 46.

luftens renhet en rolle. Endelig er det så at vertikalflater dessuten treffes av indirekte solstråling som er reflektert fra jordoverflaten; jordoverflatens refleksjonsevne kan være opp til 90 % for nysnø og bare 10 % eller mindre i skog. Den indirekte solstrålingen varierer med høyden over havet på det vis at den i 1000 meters høyde er ca 12 % svakere enn ved havflaten.

Det er ikke foretatt regelmessige målinger av solintensiteten i Norge. Vi har derfor ikke direkte tall for den varmemengde som kommer fra globalstrålingen, dvs. summen av den direkte og den indirekte solstrålingen.

I en 34-siders tabell gir Werner Johannessen en oppstilling for syv forskjellige breddegrader, som viser hvor høyt solen står på himmelen hver time på dagen midt i hver måned. Med støtte i målinger som i sin tid er foretatt i Helsingfors, beregner han herav den solvarmen som treffer en flate til enhver tid. Tabellen gir globalstrålingen  $S$  for en horisontalflate fra time til time på skyfri dager. Som gjennomsnitt for hele året fordeler  $S$  seg med fem sjetteparter på direkte solstråling  $Q$  og én sjettepert på indirekte solstråling  $M$ .

Dessuten gir tabellen den direkte solstråling på skyfri dager mot vegger som vender mot åtte forskjellige himmelretninger. Solvarmen mot tak og vegger er størst om sommeren og minst om vinteren, bortsett fra en sydvegg som får mest solvarme i mars og september.

Vil man vite den indirekte solstrålingen mot vegger, må man bruke en tabell utarbeidet av professor Lauscher i Wien. På en skyfri dag vil en vegg få 60 à 70 % indirekte solstråling i forhold til hva en horisontalflate samtidig mottar.

Når det gjelder den solvarmen som huset faktisk mottar i løpet av året, må man ta hensyn til skydekket på vedkommende sted. Ifølge målinger i Bergen vil en horisontalflate oppnå ca 60 % av full solvarme når man har vanlig skydekke.

For å finne de tilsvarende skyfaktorer  $c$  for de enkelte vegger, har Werner Johannessen utledet en ny formel. Hermed kan man på grunnlag bl. a. av data fra en tabell over skydekket komme frem til skyfaktorene ved en noe komplisert utregning, hvori også inngår beregning av en spesiell hjelpestørrelse  $g$ . Skyfaktorene varierer sterkt for vegger mot forskjellige himmelretninger og for de forskjellige måneder på de enkelte steder i landet.

Med dette utgangspunkt kan man beregne den solstrålingen — globalstrålingen  $S$  — som treffer en flate hver dag i året. Summerer man opp disse tallene for hver enkelt dag i hele fyringsperioden, fremkommer solstrålingstallet  $I$  for vedkommende flate. Hvert sted får fem solstrålingstall, henholdsvis for horisontalflate og for vegger mot hver av de fire himmelretninger; se figur på neste side.

Hvis solstrålingen skjermes av høydedrag, trær eller hus i nærheten, blir den nedsatt; dette lar seg også beregne.



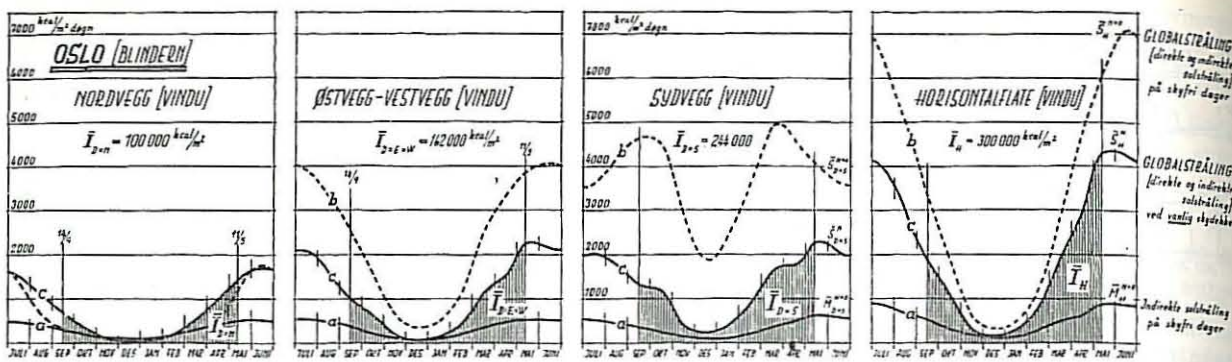


Fig. 6 a. Varmegevinsten ved solstråling mot en flate er forskjellig alt etter hvilken retning flaten vender imot.

Kurve a angir hvordan den indirekte solstrålingen varierer i løpet av året på skyfri dager. Hertil kommer den direkte solstrålingen som er mange ganger større. Summen av disse to, globalstrålingen S, på skyfri dager gjengis ved kurve b.

Imidlertid reduseres varmegevinsten når det er overskyet. Kurve c viser hvilken globalstråling man får på flaten hver dag i året, under forutsetning av vanlig skydekke på vedkommende sted.

Summerer man alle disse varmemengdene for hver enkelt dag i fyringssesongen, fremkommer tallet I, solstrålingstallet for vedkommende vegg- eller takflate. Det skraverte felt på figuren angir solstrålingstallet I, som har benevnningen kcal/kvm. Man ser at solstrålingstallet er størst for en horisontalflate og minst for en nordvendt vertikalflate.

Kurvene er beregnet på grunnlag av Werner Johannessens tabeller 23, 25 og 26.

Det foreligger ikke i boken ferdig utregnede tabeller over I-verdiene for de respektive meteorologiske stasjoner.

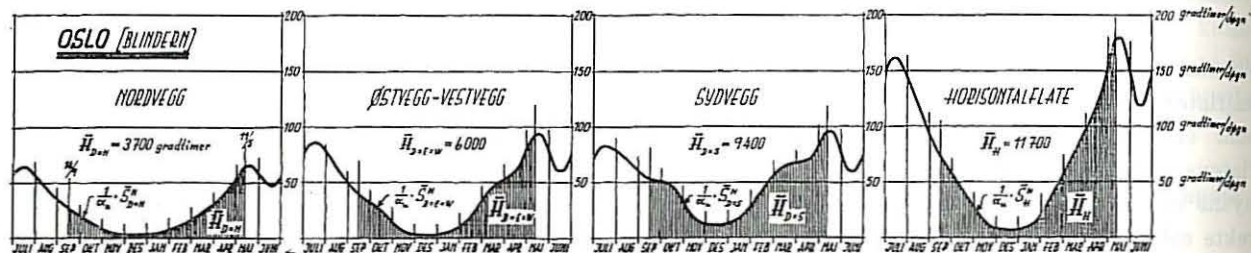


Fig. 7 a. Der hvor solstrålingen treffer en vanlig vegg- eller takflate, er varmegevinsten for huset ikke bare avhengig av globalstrålingen S men også av den utvendige varmeovergangsmotstand på flaten. Kurven uttrykker produktet av disse to størrelser, og gir et bilde av hvorledes strålingsgevinsten varierer fra måned til måned under hensyn til vanlig skydekke på vedkommende sted.

Produktet av de to størrelser har som benevnning gradtimer pr døgn.

Summerer vi alle disse tall for hver enkelt dag i fyringsperioden, fremkommer størrelsen H, energitall for solstråling for vedkommende vegg- eller takflate. De skraverte felt på figuren angir energitallene H, som har benevnningen grader  $\times$  timer.

Kurvene er beregnet med utgangspunkt i de ovennevnte beregninger av I-verdiene samt Werner Johannessens tabell 28. Det foreligger ikke i boken ferdig utregnede tabeller over H-verdiene for de respektive meteorologiske stasjoner.

Varmegevinsten ved solstråling mot et vindu er forøvrig avhengig av antall glass i vinduet, idet hvert enkelt glass har en gjennomtregelighetskoeffisient på ca 80 %. Et vindu med dobbelt glass slipper altså igjennom ca 64 % av den solvarmen som treffer vinduet.

Varmegevinsten ved solstråling inn gjennom vinduene kan for et vanlig hus svare til 6 à 8 % av brutto varmetap i løpet av fyringsperioden. Hovedtyngden faller i vårmånedene; og dette gjør at fyringsperioden kan avsluttes allerede idet luftens gjennomsnittstemperatur i døgnet går opp over + 9 grader Celsius.

### 3 c. Varmegevinst ved solstråling mot yttervegger og tak

Solstrålingen mot vegger og tak er like sterk pr kvm som solstrålingen mot vinduer. Men den varmemengden som opptas av vegg- og takflatene og dermed kommer huset til gode, er bl.a. avhengig av varmeovergangsmotstanden langs flaten.

Summerer man opp tallene for den solstråling (globalstrålingen S) som treffer flaten hver enkelt dag i hele fyringsperioden, sett i relasjon til den utvendige varmeovergangsmotstanden til enhver tid, fremkommer tallet H, energitallet for solstråling for vedkommende flate. Hvert sted får fem



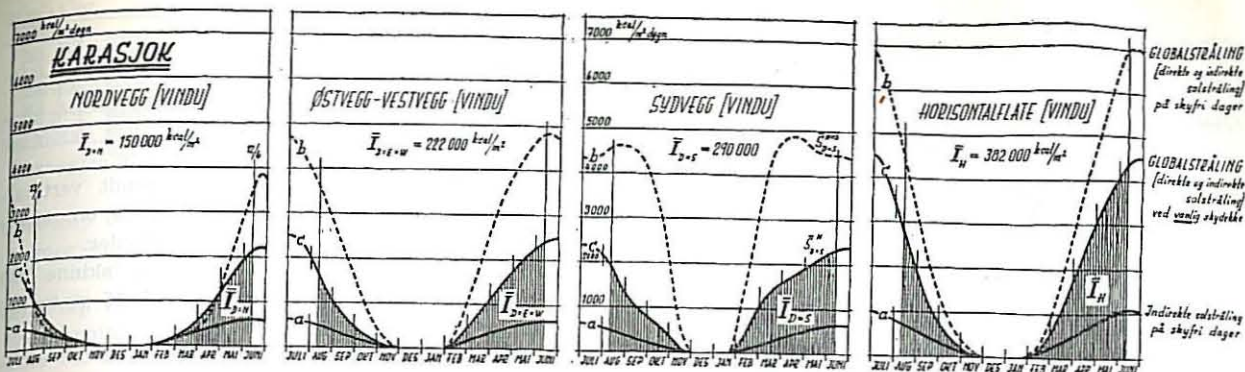


Fig. 6 b. Solstrålingen er i årets løp omtrent like intens i Oslo som i Karasjok, bortsett fra at den faller vekk på sistnevnte sted under mørketiden. Men fordi fyringssesongen er lenger i Karasjok, blir solstrålingstallene  $I$  omtrent 30 % større der enn i Oslo.

Rundt regnet 20 % av tallet skyldes den indirekte solstrålingen, mens de øvrige 80 % er en følge av direkte solstråling mot flaten.

Tallene  $I$  for Oslo og Karasjok er her beregnet på grunnlag av den fremgangsmåten som er angitt av Werner Johannessen.

Der hvor solstrålingen treffer et vindu, kommer

storparten av varmemengden huset til gode. I beregningen av varmegevinsten ved solstråling inngår vindusflatens størrelse, glassets gjennomsnittskoeffisient, antall glass i vinduet, samt stedets solstrålingstall  $I$  for den retning som vinduet vender imot.

Hvis solstrålingen mot huset skjermes av høydedrag, hus eller annet, lar det seg gjøre ved hjelp av diagrammer å beregne den solvarmen som går tapt på dette vis for hver dag og for hele fyringsperioden.

Kurvene på figuren og de  $I$ -verdiene som er oppgitt, forutsetter at huset ligger på en plass hvor horisonten er fri.

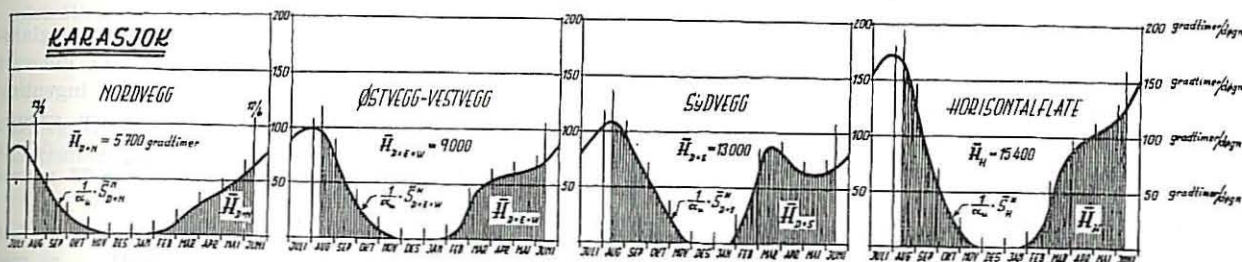


Fig. 7 b. Solstrålingen er som nevnt omtrent like intens i Oslo som i Karasjok, bortsett fra at den faller vekk på sistnevnte sted under mørketiden. Men fordi fyringssesongen er lenger i Karasjok, samtidig som varmeovergangsmotstanden der er særlig stor på høstparten som følge av liten vind, blir energitallene  $H$  omtrent 40 % større der enn i Oslo.

Både i Karasjok og særlig i Oslo blir strålingsgevinsten redusert i juni, da vindhastigheten er forholdsvis størst.

slike energitall, henholdsvis for horisontalflate og for vegger mot hver av de fire himmelretninger.

Hvis solstrålingen skjermes av høydedrag, trær eller hus i nærheten, blir den noe nedsatt.

Varmegevinsten ved solstråling mot vegger og tak er forøvrig avhengig av flatens absorpsjonskoeffisient og konstruksjonens varmegjennomgangstall.

Varmegevinsten ved solstråling mot yttervegger og tak kan for et vanlig hus tilsvare 1 à 3 % av brutto varmetap i løpet av fyringsperioden. Gevinsten er helt ubetydelig i vintermånedene da varmetapet er størst.

I beregningen av varmegevinsten ved solstråling på vegg eller tak inngår flatens størrelse, flatens absorpsjonskoeffisient, konstruksjonens varmegjennomgangstall samt stedets energitall  $H$  for den retning flaten vender imot.

Kurvene på figuren og de  $H$ -verdiene som er oppgitt, forutsetter at huset ligger på en plass hvor horisonten er fri. En eventuell horisontavskjerming vil redusere varmegevinsten noe, og dette lar seg beregne ved hjelp av diagrammer.

#### 4. Varmegevinst fra beboere, lys og koking

Det regneeksemplet som Werner Johannessen bruker, er en vanlig tomannsbolig. Han antar at de to familiene produserer en varmemengde på 30 Mcal pr døgn, dels ved varmeavgivelse fra personene og dels varme som kommer romluften til gode fra belysning, koking og vannvarming. Dette svarer til ca 1,5 kilowatt.

I regneeksemplet betyr dette at varmegevinsten fra beboere, lys og koking tilsvare 20 à 30 % av brutto varmetap i løpet av fyringsperioden. På særlig kalde dager kan denne varmegevinsten komme til å bli bare 5 % av varmetapet.



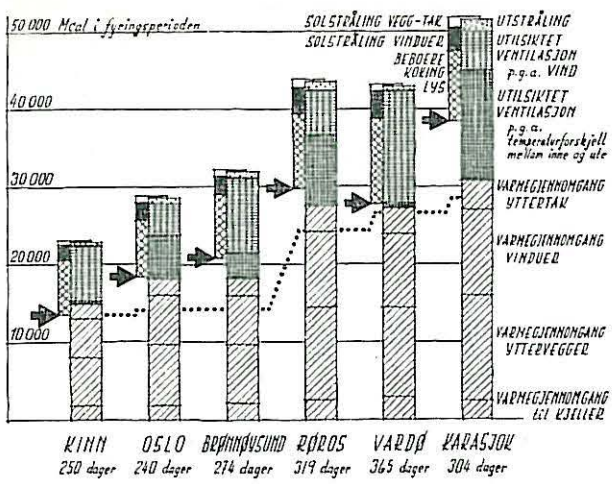


Fig. 8. Årlig varmetap i fyringsperioden i Werner Johannessens typehus, en to-etasjes bygning på 82,5 kvm bebygget areal og med forholdsvis god varmeisolasjon.

Bygningene forutsettes nøyaktig like, bortsett fra at huset i Kinn og Vardø har god vindtetthet, i Oslo og Røros middels, og i Brønnøysund og Karasjok forholdsvis dårlig vindtetthet.

Brutto varmetap skyldes dels varmegjennomgang, dels utilsiktet ventilasjon, og dels utstråling fra ytterflatene. Tapet reduseres en del ved direkte og indirekte solstråling gjennom vinduer og på vegger og tak, samt ved den varmen som avgis fra beboerne og ved lys, koking m. v.

I Oslo-huset er samlet brutto varmetap 28 580 Mcal. Dette blir redusert ved de forskjellige arter av varmegevinst, slik at netto varmetap i fyringsperioden blir 18 380 Mcal, som pilen viser.

Varmetapet ved utilsiktet ventilasjon blir som regel kompensert ved varmegevinsten fra solstråling og ved varmeavgivelsen fra beboerne og fra lys og koking.

I Kinn, Brønnøysund og Vardø er det vinden som er skyld i den utilsiktede ventilasjon. På de tre andre stedene skyldes ventilasjonen fortrinnsvis temperaturdifferansen mellom inne og ute.

Netto varmetap i Karasjok-huset er 2,8 ganger så stort som i Kinn-huset. Ble alle husene utført med samme vindtetthet som Kinn-huset, ville årlig netto varmetap bli som den prikkede linjen antyder.

Figuren bygger på Werner Johannessens tabell 55.

$$\bar{H}_T = 4212.0 \{ \bar{G} \} + 568.8 \{ L \} + 3484.8 \{ \bar{E}_1 \} + 535.2 \{ \bar{E}_2 \} -$$

$$\{ 28.2 \{ \bar{H}_{D-N} \} + 13.4 \{ \bar{H}_{D-E} \} + 16.4 \{ \bar{H}_{D-S} \} + 14.4 \{ \bar{H}_{D-W} \} + 22.3 \{ \bar{H}_U \} \} +$$

$$2520 \{ c/c_r \} \{ \bar{Q} + \bar{P} \} - \{ 1.92 \{ I_{D-N} \} + 3.2 \{ I_{D-E} \} + 5.76 \{ I_{D-S} \} + 1.28 \{ I_{D-W} \} \} - q, \quad I.$$

Fig. 9. Werner Johannessens formel anvendt på en bestemt hustype, en tomannsbolig på 82,5 kvm i to etasjer og med forholdsvis god varmeisolasjon.

Formelen gir bygningens varmetap i løpet av fyringsperioden. Første linje: varmegjennomgang gjennom alle ytterflater, varmegjennomgang gjennom gulv til kjeller, utstråling fra alle vertikale og horisontale ytterflater. Annen linje: varmegevinst ved solstråling på vegger og tak. Tredje linje: varmetap ved utilsiktet ventilasjon, varmegevinst ved solstråling inn gjennom vinduer, varmegevinst fra beboerne og fra lys og koking.

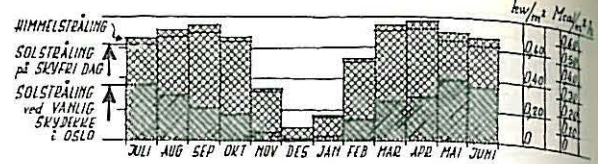


Fig. 10. Solstråling mot en sydvestvendt vertikalflate på Oslos breddegrad omkring kl. 15 om ettermiddagen, hver dag i de forskjellige måneder.

På en sydvestvegg begynner solen å skinne ved 9-tiden om morgenen. Den slutter før kl. 15 vinterstid og etter kl. 21 ved St. Hans.

Veggen får sterkest solskinn ved 15-tiden om ettermiddagen; i tiden mars—oktober blir det omkring 0,7 kilowatt pr kvm hvis himmelen er skyfri. Med vanlig skydekke i Oslo blir strålevarmen redusert omtrent til det halve.

En sydvestvendt stuevegg på 15 kvm kan altså gjennom noen ettermiddagstimer treffes av en solstråling som tilsvarende 10 kilowatt, når himmelen er skyfri. Er hele veggen av dobbelt glass, vil den slippe igjennom mer enn 6 kilowatt til rommet innenfor. Om sommeren må denne strålingen avskjermes, eller varmen må ventileres bort igjen fra rommet.

Figuren bygger hovedsakelig på Werner Johannessens tabell 25, og delvis på tabell 23 og 26.

Spørsmålet er så hvordan en slik glassvegg stiller seg om vinteren. Dette kan beregnes av de samme tabellene, og resultatet blir følgende:

En januar dag med vanlig skydekke i Oslo vil glassveggen slippe igjennom en solstråling på 0,7 kilowatt i løpet av noen timer midt på dagen, og ingenting resten av døgnet. Men samtidig blir det en varmegjennomgang innefra og ut på 1 kilowatt hvis det er 3 minusgrader, eller 2 kilowatt hvis det er 23 minusgrader.

Varmestrømmen inn gjennom glassveggen i solsteken en sommerettermiddag — altså 6 kilowatt — er med andre ord tre ganger så intens som varmestrømmen ut gjennom glassveggen en gnistrende kald vinter natt.

## Sammenfatning

De to rapportene gir oss grunnlag for å bedømme hvordan de forskjellige typer av varmetap og varmegevinst spiller en rolle for varmebalansen i våre hus. Varmegjennomgangen og ventilasjonen vil alltid være dominerende, men de sekundære momenter som utstrålingstap eller solstrålingsgevinst kan også bety ganske meget under særlige værforhold eller ved særlige huskonstruksjoner.

Byggemetoden med svære glassflater gir et eksempel på de hensyn som må tas ved slike hus i vårt klima. Det avgjørende er tydeligvis ikke spørsmålet om varmetap gjennom glassflaten om vinteren, og heller ikke spørsmålet om varmegevinsten ved solstråling, men simpelthen hva man skal gjøre for å beskytte seg mot den voldsomme solintensiteten om sommeren som kan gjøre huset ubeboelig.

På hosstående og etterfølgende sider er gitt eksempler på praktiske resultater som man kan trekke ut av Werner Johannessens bok.



Hva slags varmeutveksling:	Bygningsdelens størrelse:	Bygningskoeffisienter:	Andre data:	Klima-data:
Varmetap ved varmegjennomgang	ytterflate (tak, vegg, vindu)	$k =$ varmegjennomgangstallet		$G =$ graddagtallet i fyringsperioden
Varmetap ved varmegjennomgang	gulv over kjeller	$k =$ varmegjennomgangstallet	temp.forskjell	$L =$ antall dager i fyringsperioden
Varmetap ved fordampning	ytterflate (tak, vegg)	$k =$ varmegjennomgangstallet $1/a_u =$ utv. varmeovergangsmotstand		$B =$ avgitt fordampningsvarme
Varmetap ved utilsiktet ventilasjon v. temperaturdiff.	bygningens luftvolum	$c/v_c =$ bygningens vekslingsstall	luftens spesifikke varme	$Q =$ konveksjonstallet
utilsiktet ventilasjon p. g. a. vind	bygningens luftvolum	$c/v_c =$ bygningens vekslingsstall	luftens spesifikke varme	$P =$ adveksjonstallet
Varmetap ved utstråling	ytterflate (tak, vegg, vindu)	$k =$ varmegjennomgangstallet $\rho =$ emisjonskoeffisient		$E =$ energitall for horisontalflate og vertikalflate
Varmegevinst ved solstråling	ytterflate (vindu)	$n =$ antall glassruter $\xi =$ gjennomtrengelighetskoeffisient	horisontavskjerming	$I =$ solstrålingstall for horisontalflate og forskj. orienterte vertikalflater
Varmegevinst ved solstråling	ytterflate (tak, vegg, dør)	$k =$ varmegjennomgangstallet $\epsilon =$ absorpsjonskoeffisient	horisontavskjerming	$H =$ energitall for horisontalflate og forskj. orienterte vertikalflater
Varmegevinst fra beboere, lys, koking			varmegevinst pr. beboer	$L =$ antall dager i fyringsperioden

Fig. 11. Oversikt over de data som inngår i beregningen av de forskjellige arter av varmetap og varmegevinst.

Andre spørsmål ligger utenfor bokens ramme. Werner Johannessen arbeider med *makro-klimaet*, altså de hovedtrekk ved klimaet som er karakteristiske for hvert enkelt sted. Men innen ett og samme sted kan det være store lokale variasjoner, etter som en byggetomt ligger åpent og fritt eller lavt og beskyttet. Undersøkelse av dette *mikro-klimaet* er en helt annen oppgave, som krever en langvarig innsamling av et særskilt observasjonsmateriale.

Werner Johannessens bok gir en mengde nytt stoff som grunnlag for varmetapsberegninger. Den viser dessuten hvilke spesialområder som bør bli gjenstand for fortsatt bygningsteknisk forskning, og gir det meteorologiske utgangspunkt for denne.

Varmetapsberegninger kan aldri bli hundre prosent eksakte. Allerede ved våre  $k$ -verdier er det en usikkerhetsmargin, og det samme er tilfelle med de klimafaktorene som inngår i regnestykket. Det er imidlertid neppe mange prosents feil i de meteoro-

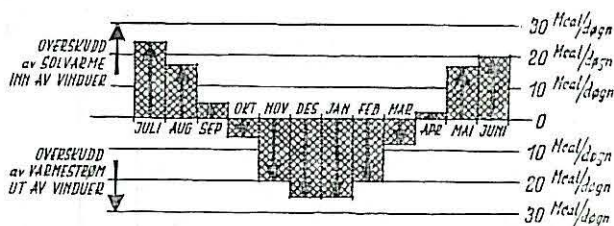


Fig. 12. Varmeoverføring inn og ut av vinduer. Figuren gjelder Werner Johannessens typehus, plassert på Blindern ved Oslo. Huset har 19 kvm vinduer med dobbelt glass.

I vinterhalvåret er det liten solstråling. Da dominerer varmegjennomgangen innefra og ut, og det blir et overskudd av varmestrøm ut av vinduene. I dette huset dreier det seg om 25 Mcal pr døgn i desember—januar, eller i gjennomsnitt ca 1200 watt.

Allerede omkring 10. april, når utetemperaturen som gjennomsnitt for døgnet er bare 3 plussgrader, er solstrålingen sterk nok til at varmestrømmen snur og det blir et overskudd av solvarme inn gjennom vinduene. Overskuddet er størst i juli med 24 Mcal pr døgn for denne hustypen.

Figuren bygger på Werner Johannessens tabell 50.



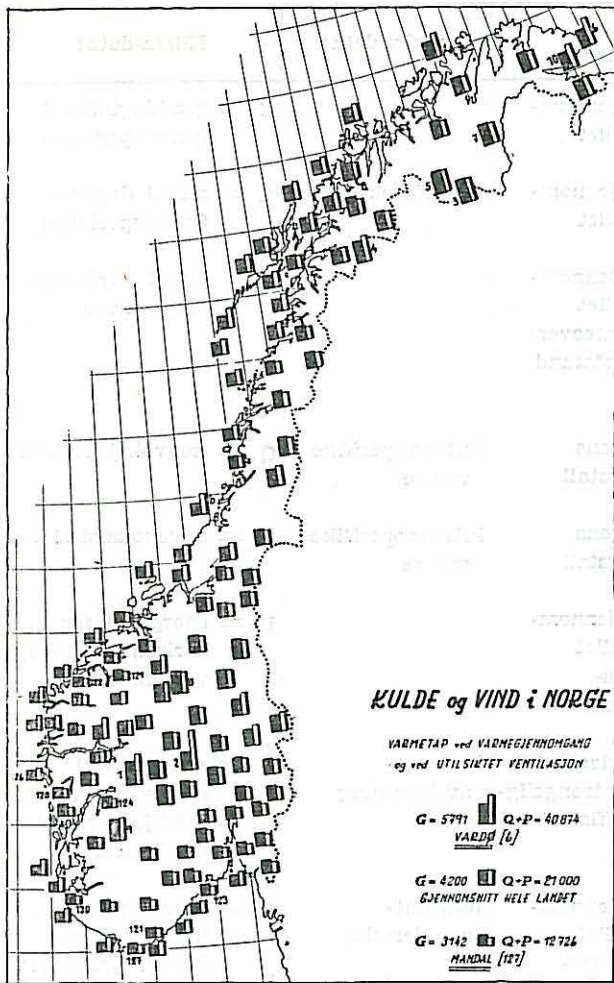


Fig. 13. Brutto varmetap i et hus omfatter stort sett de to hovedpostene varmegjennomgang og utilstikket ventilasjon. De respektive meteorologiske data er graddagtallet G som er ca 4200 i gjennomsnitt for alle steder i Norge, og konveksjons- og adveksjonstallene Q + P som gjennomsnittlig er ca 21 000.

Steder som Steinkjer, Selbu eller Trondheim—Voll har tall som ligger like opp til disse gjennomsnitt.

De to meteorologiske data G og Q + P kan ikke sammenliknes direkte; de gir forskjellig utslag i forskjellige hus avhengig av hvordan konstruksjonen er. Ser man imidlertid på Werner Johannessens typehus, og forutsetter at det har en god vindtetthet, med vekslingsfall lik 0,166 så vil dette huset de fleste steder i Norge ha et brutto varmetap hvor varmegjennomgangen utgjør to tredjedeler og utilstikket ventilasjon én tredjedel.

Under denne spesielle forutsetning kan man derfor til hele graddagtallet G addere tiendeparten av Q + P og dermed få et tall som illustrerer det samlede varmetap i huset.

Kartet gir en fremstilling av verdiene G samt Q + P for en rekke steder i landet under denne forutsetning. Arealet av symbolene er proporsjonalt med brutto varmetap på de enkelte steder.

Typehuset i Vardo vil få et brutto varmetap som er mer enn dobbelt så stort som samme hus i Mandal.

I ytre kyststrøk og på fjellet vil varmetapet ved utilstikket ventilasjon være forholdsvis meget større enn gjennomsnittet. I indre kyststrøk og i lavlandet vil den utilstiktede ventilasjonen som regel ligge noe under gjennomsnittet.

Kartet er tegnet på grunnlag av Werner Johannessens tabell 46.

Fig. 14 (nedenfor). Varmebehovets størrelse forskjellige steder i Norge. Figuren fremstiller samme forhold som er gjengitt på kartet, og gjelder bare under de forutsetninger som er nevnt i teksten.

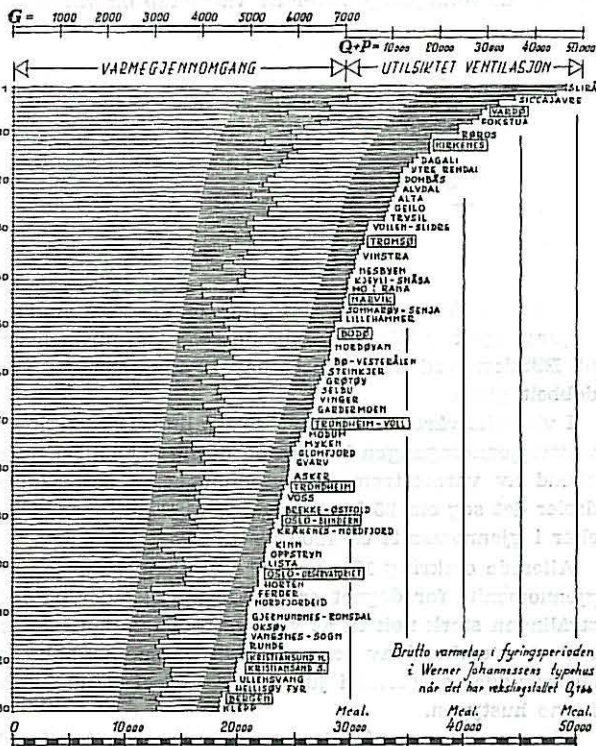
De 130 meteorologiske stasjoner som Werner Johannessens tabeller omfatter, er ordnet i rekkefølge etter fallende brutto varmetap i fyringsperioden.

De to stedene med det største varmetap er Slirå ved Bergensbanen og Åbjørsbråten i Valdres, som ligger henholdsvis 1300 m og 635 m over havet. Begge steder er det en uforholdsmessig stor utilstikket ventilasjon som gjør utslaget. På disse to stedene vil Werner Johannessens typehus få et brutto varmetap på 49 000 Mcal i fyringsperioden, dvs. 16 % mer enn i Karasjok eller Kautokeino.

Det er mulig man må sette et spørsmålstegn for Åbjørsbråtens vedkommende. Stedet har en usedvanlig lav gjennomsnittlig vindhastighet; bruker man Werner Johannessens tidligere nevnte forenklede formel for Q vil man her få et tall som er for stort. Bruker man hans eksakte formel, kommer Åbjørsbråten ned på 17. plass i rekken.

De to stedene med det minste varmetap er Klepp inne på Jæren, og Tafjord i Sunnmøre, hvor typehuset begge steder får et brutto varmetap på 18 300 Mcal i fyringsperioden. Begge steder er den utilstiktede ventilasjonen en del mindre enn normalt i forhold til varmegjennomgangen. Her blåser en del, men ikke så meget at det blir noen uforholdsmessig stor ventilasjon på grunn av vinden.

Figuren bygger på Werner Johannessens tabell 46.





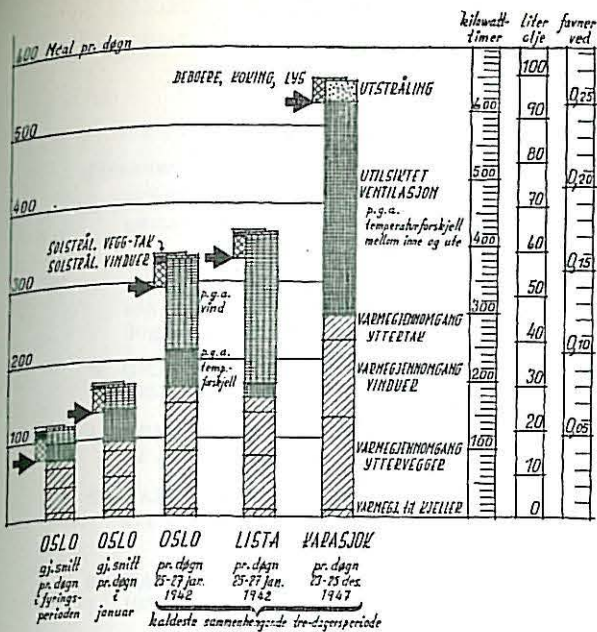


Fig. 15. Varmetap pr døgn i Werner Johannessens typehus, en to-etasjes bygning på 82,5 kvm.

Som gjennomsnitt for hele fyringsperioden bruker Oslo-huset 14 liter olje pr døgn hvis det har oljefyring, eller 24 liter i et vanlig januar-døgn. I den kaldeste tredagers-perioden som er målt i Oslo ville huset ha trengt 52 liter olje pr døgn.

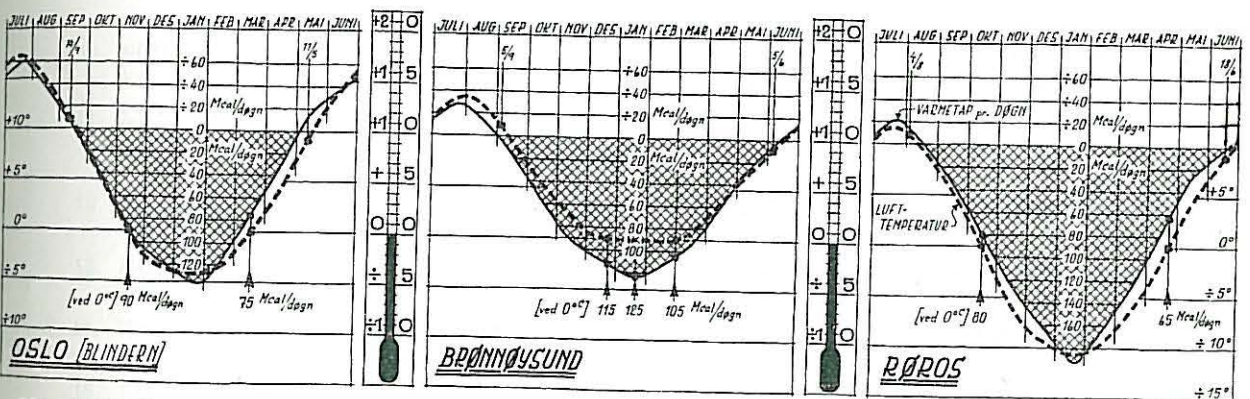


Fig. 16. De forskjellige arter av varmetap og varmegevinst resulterer i et netto varmetap, som stort sett vil stige og synke i takt med uteluftens temperatur.

I Oslo varierer gjennomsnittstemperaturen mellom + 17,1 grader i juli og ÷ 4,2 grader i januar. I siste tilfelle vil Werner Johannessens typehus ha et samlet varmetap på 134 Mcal pr døgn.

Dette er nettoresultatet av de forskjellige arter av varmetap og varmegevinst som finner sted samtidig. Den alminnelige varmegjennomgangen, som spiller storst rolle, foregår proporsjonalt med utetemperaturen. Utviklet ventilasjon, utstråling og solstråling står derimot ikke i direkte forhold til utetemperaturen;

logiske data som oppgis, og de er derfor fullt brukbare til våre formål.

Werner Johannessens bok er på mange måter et pionerarbeid, og inneholder derfor alt det vitenskapelige materiale som er nødvendig for at andre fagfolk kan vurdere det. Det vanlige ved slike arbeider er at stoffet i neste omgang finner veien

På de kaldeste dagene i Karasjok bruker huset 7 ganger så meget brensel som dagsgjennomsnittet for hele fyringsperioden i Oslo. I løpet av disse tre eksepsjonelt kalde dagene i julen 1947 ville Karasjok-huset bruke nesten en favn ved, eller om huset hadde elektrisk oppvarming ville det ha gått med 25 kilowatt kontinuerlig i de tre døgn. Utstrålingen alene ville bety et varmetap på 1,5 kilowatt.

På disse tre kaldeste dagene som er målt i Karasjok ga den utviklete ventilasjonen like stort varmetap som den alminnelige varmegjennomgang. Ventilasjonen skyldes i sin helhet den store temperaturforskjellen; utetemperaturen var 42,4 minusgrader.

De tre kaldeste dagene på Lista var varmetapet ved ventilasjon 40 % større enn varmegjennomgangen. Denne svære ventilasjon skyldes omtrent i sin helhet vinden, som gjennomsnittlig var litt over 10 m/sekund. Lista hadde på disse tre kalde dagene et større samlet varmetap enn Oslo som samtidig hadde kulderekord.

Vi ser at under særlig ugunstige forhold kan det samlede netto varmetap bli opptil dobbelt så stort som den alminnelige varmegjennomgang. Man vil da komme helt til kort hvis fyringsanlegget i huset kun er dimensjonert med henblikk på å erstatte varmegjennomgangen.

Figuren bygger på Werner Johannessens tabeller 49 og 53, med ytterligere data fra tabell 38. Skalaen som viser forbruk av olje eller ved, er grovt antatt og forutsetter en vanlig utnyttelsesgrad av brenselet.

og varmegevinsten fra beboerne er konstant. Netto-varmetapet vil derfor ikke variere nøyaktig i takt med uteluftens temperatur.

I det øyeblikk utetemperaturen passerer 0-punktet, vil Oslo-huset ha et daglig varmetap på 90 Mcal i november og 75 Mcal i mars. I Brønnøysund ligger gjennomsnittstemperaturen på 0 i hele januar og februar, men typehuset har i denne tiden et varmetap som svinger mellom 125 og 105 Mcal pr døgn. Røros-huset vil ha et daglig varmetap på 80 Mcal i oktober og 65 Mcal i april når utetemperaturen passerer 0.

Kurvene er tegnet på grunnlag av Werner Johannessens tabeller 15 og 49.

til lærebøkene. Siden — når teorien er blitt allmannseie — finner stoffet sin plass i håndbøkene. Werner Johannessens bok er både et vitenskapelig arbeid, en lærebok og en håndbok. For den praktiske husbygger vil stoffet sikkert bli lettere å bruke når det forhåpentligvis om ikke lenge fremlegges i en særutgave for dette formål.



Særtrykk av BYGG nr 8, 1957.

---

Særtrykk nr 1459.

AAS & WAHLS BOKTRYKKERI, OSLO