

Anker F. Nielsen

Vurdering av energiforbruk i eneboliger ved bruk av statistikk

Norges byggforskningsinstitutt 1987

Anker F. Nielsen

Vurdering av energiforbruk i eneboliger ved bruk av statistikk

Norges byggforskningsinstitutt 1987

Prosjektrapport 20

**Vurdering av energiforbruk i eneboliger
ved bruk av statistikk**

av Anker F. Nielsen

UDK 620.9:519.2

ISBN 82-536-0252-9

Opplag: 200

trykt hos NOR-TRYKK A/S

© **Norges byggforskningsinstitutt**

Adresse: Forskningsveien 3B, Postboks 123, Blindern, 0314 Oslo 3
Tlf. (02) 46 98 80. Telefax (02) 69 94 38

NBI Trondheimsavdelingen; Høgskoleringen 7, 7034 Trondheim NTH
Tlf. (07) 59 33 90. Telefax (07) 59 33 80

Innhold

Kort sammendrag	4
Forord	5
Innledning	6
Beregning av energiforbruk	6
Variabler i beregningene	7
Simuleringsmetoden	9
Beregning av standardtilfellet	9
Simuleringsresultat	12
Bruk av referanseåret	16
Forbedret kjennskap til parametre	17
Konklusjoner	21
Litteratur	21

Kort sammendrag

Rapporten beskriver en metode til simulering av energiforbruk ut fra kjennskap til variasjonen i de parametre som påvirker resultatet. Som eksempel er valgt bebodde hus, hvor innetemperatur, luftskifte og tilskuddsvarme kan variere. Den gjennomførte simulering viser at det kan bli store variasjoner i energiforbruket fra halvdelen av middelveien til det dobbelte. Dette stemmer med erfaringer fra mange måleprosjekter. Det er dessuten gjennomført beregninger under forutsetning av at parametrene er bedre kjent. Det kan bety $\pm 10\%$ i forhold til middelveien, hvis det ikke gjennomføres nøyaktige målinger. Metoden som benyttes er velegnet til å vurdere usikkerheter i måleprosjekter og bestemme hvilke størrelser som skal bestemmes nøyaktig.

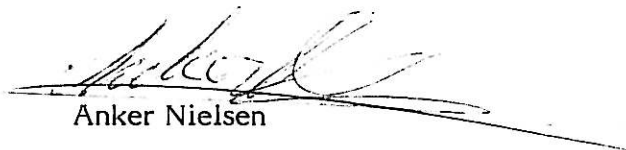
Forord

Prosjektet ble startet for å undersøke om spredningen i energiforbruk, som vanligvis finnes ved feltforsøk, kan forklares på grunnlag av usikkerheten i verdier som er dårlig kjent. Dette er typisk innetemperatur, ventilasjonsgrad, varmetilskudd fra personer og elektrisitet samt uteklimaet. Det er ganske alminnelig at energiforbruk i feltforsøk med ens hus kan vise variasjoner på ± 50 % fra middelveiden. Undersøkelser er gjennomført med en metode som er utviklet i forbindelse med et prosjekt fra det svenske Statens Råd för Byggnadsforskning om fuktteknisk dimensjonering med statistikk.

Denne undersøkelse er en del av den varmetekniske forskning ved Norges byggforskningsinstitutt Trondheimsavdeling som gjennomføres med støtte fra Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd.

Trondheim, februar 1987


Jarle R. Herje


Anker Nielsen

Innledning

Det er alminnelig kjent at når det foretas målinger av energiforbruk i bebodde hus, vil det forekomme store variasjoner. I forhold til middelforbruket kan noen hus vise dobbelt så stort forbruk og andre halvdelen av middelforbruket. Det betyr at det i en del tilfeller kan være vanskelig å påvise energibesparelser, selv om det gjøres målinger i en del hus. Problemet kan løses ved å måle færre hus og til gjengjeld bestemme størrelsene mer nøyaktig. Det er typisk innetemperatur, luftskifte og tilskuddsvarme fra personer, elektrisitet og belysning som ikke er særlig godt kjent.

I denne rapporten vises en metode til å vurdere spredningen i energiforbruket, når de andre størrelser er kjent, med en viss usikkerhet. Ved bearbeiding og uttegning av resultater er det benyttet programsystemet SYMPHONY (1) fra Lotus, som kjøres på en PC (personal computer) av typen OLIVETTI M24.

Beregning av energiforbruk

Energiforbruket beregnes med den forenklede metoden, som er beskrevet nærmere i en SBI-rapport (2). Metoden bygger på utregninger på månedsbasis av transmisjonstap, ventilasjonstap, solinnfall og tilskuddsvarme.

Energiforbruket utregnes som forskjellen mellom varmetapene og den utnyttbare delen av varmetilskuddet i form av sol og elektrisitet. I forhold til andre metoder av tilsvarende type, gir denne metoden et litt høyere energiforbruk da tilskudd ikke regnes 100 % utnyttet.

Utetemperatur og solinnfall gjennom glass i forskjellige retninger må være kjent. I dette tilfellet er benyttet klimadata fra København. De absolutte verdier av varmetap og energiforbruk kan derfor ikke uten videre anvendes andre steder i Skandinavia. Men alle erfaringer viser at variasjoner i energiforbruk ved f.eks. andre glasstyper er nesten ens når verdiene utregnes prosentvis.

Det er fordelaktig å anvende en forenklet beregningsmetode når det skal foretas mange beregninger, ellers ville det medføre et meget stort EDB-forbruk. Fra tidligere IEA-sammenligninger (3) er det vist at de forenklede metodene kan gi praktisk tatt like så gode resultater som de mer kompliserte metodene.

Variabler i beregningene

Alle data for den valgte bygningen fremgår av tabell 1. Det er snakk om en enebolig varmeisolert etter byggeforskriftenes krav.

Tabell 1

Beskrivelse av bygning

Enebolig 120 m²

Volum 275 m³

Middels tung bygning

Varmetap til transmisjon 127,7 W/C

Glassareal omregnet til dobbeltglass,
nord 2,2 m², syd 6,5 m², øst 2,2 m², vest 2,2 m²

Innetemperatur variabel

Luftskifte variabelt

Tilskuddsvarme variabel

Når det foretas variasjoner, er det bare fire størrelser som varieres:

1. Klimadata

Det finnes for København utetemperaturer og beregnede solinnfall for femten år (1959 - 1974). Herved fås mulighet for å vurdere ev. feil ved bruk av referanseåret (4), som er utvalgt av disse år.

2. Innetemperatur

Dette er et typisk tilfelle hvor brukerne bestemmer verdien, og hvor det vil være vesentlige variasjoner. Det finnes en større serie målinger gjennomført i Sverige (5). Resultatene er omregnet til et histogram, se figur 1. Av figuren ses f.eks. at 7 % av boligene har en middels innetemperatur på mellom 17,5 °C og 18,5 °C. Men det største antallet ligger mellom mellom 19,5 °C og 21,5 °C, i alt 60 %. De høyeste innetemperaturene mellom 23,5 °C og 24,5 °C forekommer i 1 % av tilfellene. Middelttemperaturen (50 %-fraktilen) finnes ved 20,4 °C.

3. Luftskifte

Dette måles normalt ved sporgassmålinger som gir en øyeblikksverdi. Denne verdien er avhengig av vindhastigheten . Det tas ikke hensyn til åpning av vinduer og dører som vil medføre et større luftskifte. Dette er en størrelse som er sterkt avhengig av beboernes vaner, og det er samtidig vanskelig å foreta kontinuerlige målinger. I figur 2 er det opptegnet en fordeling av målte luftskift for en rekke danske hus (6). Det inngår både nye og gamle hus, slik at det er en hel del tilfeller med verdier over 0,5 ganger pr. time, som normalt antas i eneboliger. I praksis er det ingen tvil om at spredningen i verdiene er stor fordi åpning og lukning av vinduer og dører har stor betydning. Det er derfor bestemt å anvende fordelingen som den er i de følgende beregningene. Middelluftskiftet (50 %-fraktilen) finnes ved 0,6 ganger pr. time.

4. Tilskuddsvarme

Denne består av varme fra personer, elektrisitet til husholdning og lys samt eventuelt varmetap fra varmtvannsbeholderen. Det betyr at størrelsen avhenger av familiestørrelsen i huset samt deres forbruk av elektrisitet og varmt vann. Fordelingen i figur 3 er vurdert ut fra verdiene i (2) med den største sannsynlighet for to personer og dermed en verdi mellom 10 og 15 kWh/døgn. Dette utgjør 50 % av tilfellene. 15 % har lavere verdier og 35 % har høyere verdier. Middelve-tilskuddet (50 %-fraktilen) utgjør 13,5 kWh/døgn.

5. Andre parametre

Det er en rekke andre parametre som også vil variere når flere hus sammenliknes. Det er f.eks. transmisjonstapet, idet det kan være variasjoner i kvaliteten i utførelsen. For solinnfallets vedkommende kan plassering av trær og/eller omliggende bebyggelse gi forskjellig avskjerming av solinnfallet. Disse forskjellene er normalt vesentlig mindre enn de fire første parametrene, og i beregningene er det derfor ikke tatt hensyn til disse mindre variasjonene.

Simuleringsmetoden

De parametre som ønskes variert, er angitt som en fordeling i form av et histogram. For å velge tilfeldige verdier i disse fordelingene, må vi benytte en generator av tilfeldige tall. Den kan levere et tilfeldig tall mellom 0 og 1. Ved å foreta en transformering av fordelingen, kan vi opptegne en summert fordeling som er avhengig av parameteren. Dette ses på figur 4, hvor innetemperaturen er transformert ut fra histogrammet i figur 1. I figur 4 viser y-aksen det tilfeldige tall og x-aksen den tilsvarende innetemperaturen. Hvis det tilfeldige tall er 0,23, blir innetemperaturen 19,5 °C. Da det er like stor sjanse for å få ethvert tall mellom 0 og 1, vil et stort antall tilfeldige tall gjendanne fordelingen i figur 1.

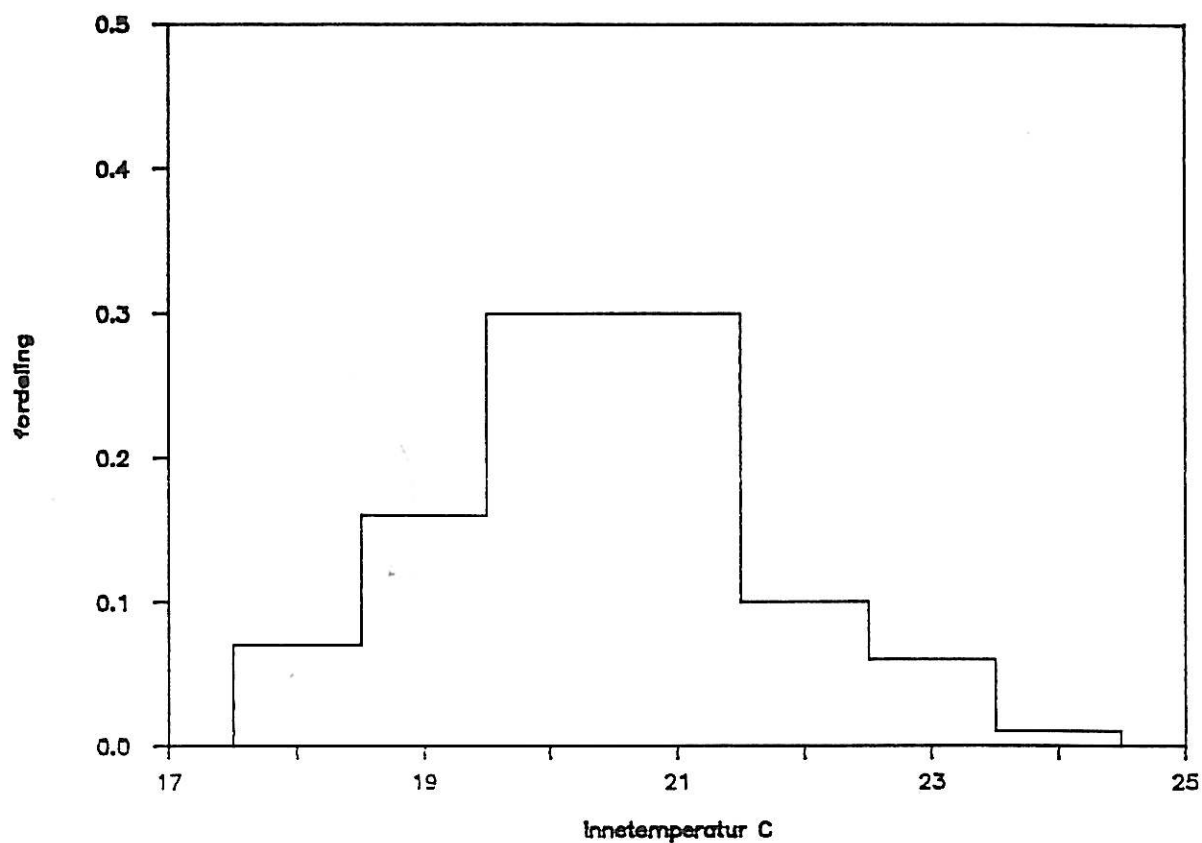
Tilsvarende transformasjoner foretas for de øvrige parametre unntatt klimaet. For klimaet skal det velges mellom 15 årstall som må ha like stor sjanse for å opptre. Dette ordnes med transformasjonen $\text{året} = \text{heltallsdelen av } (15 \cdot X + 1)$, hvor X er det tilfeldige tall. Herved fås tilfeldige tall mellom 1 og 15.

Simuleringen gjennomføres nå ved at vi finner fire tilfeldige tall som transformeres. Det første gir et årstall, det andre en innetemperatur, det tredje et luftskifte og det fjerde en tilskuddsvarme. Deretter kan vi foreta en beregning av det årlige energiforbruket og eventuelt andre interessante størrelser, f.eks. årlig varmetap (transmisjonstap + ventilasjonstap) og varmetilskudd (tilskuddsvarme + solinnfall). Verdien for energiforbruk gjemmes, og vi kan ta fire nye tilfeldige tall. Dette gjentas et passende antall ganger, f.eks. 250 eller 500 ganger.

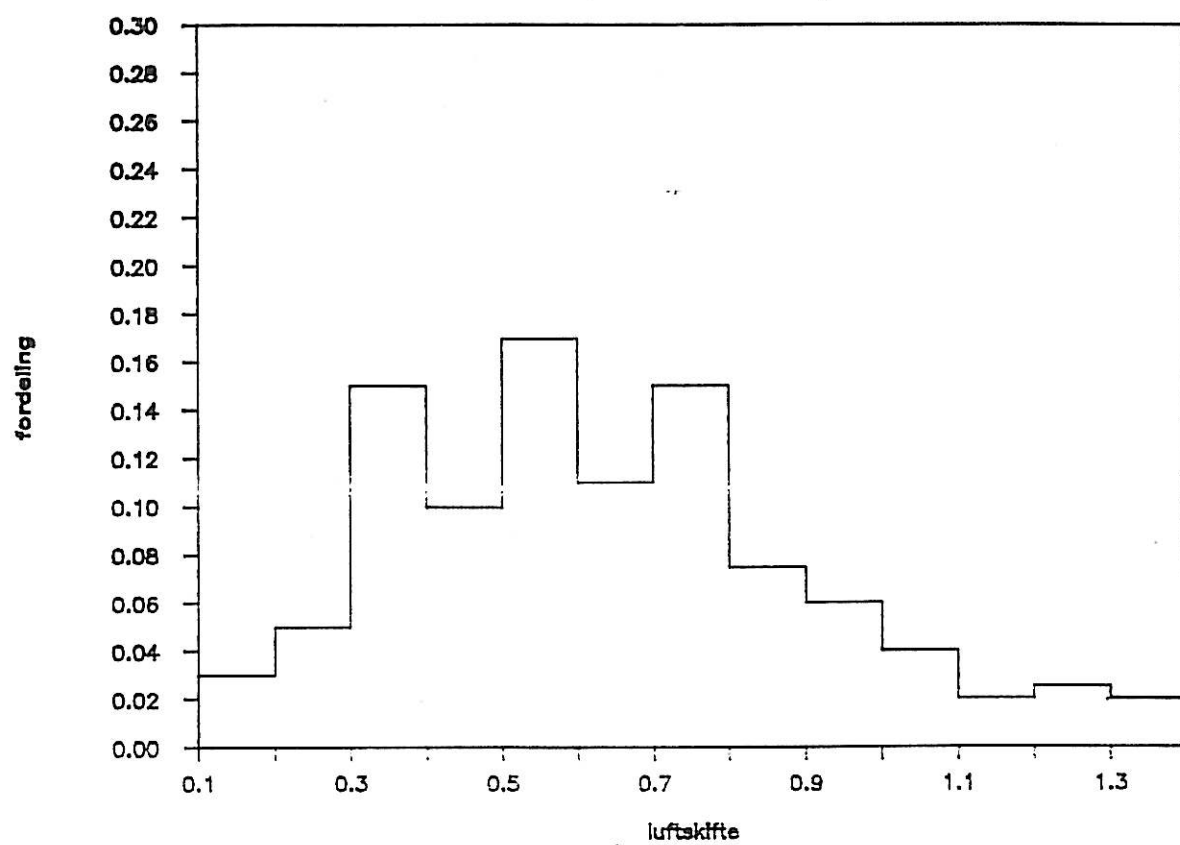
Når det er foretatt mange beregninger av energiforbruket, kan vi foreta en sortering av verdiene og finne ut hvordan de er fordelt. Hvor mange er lavere enn en bestemt verdi? Hva bruker de 5 % som har det høyeste energiforbruket? Dette er spørsmål som typisk kan besvares. Da fordelingen avhenger av hvor mange ganger vi har simulert, kan vi eventuelt gjenta simuleringen en gang til, men med andre tilfeldige tall, for å se hvor god bestemmelsen er.

Beregning for standardtilfellet

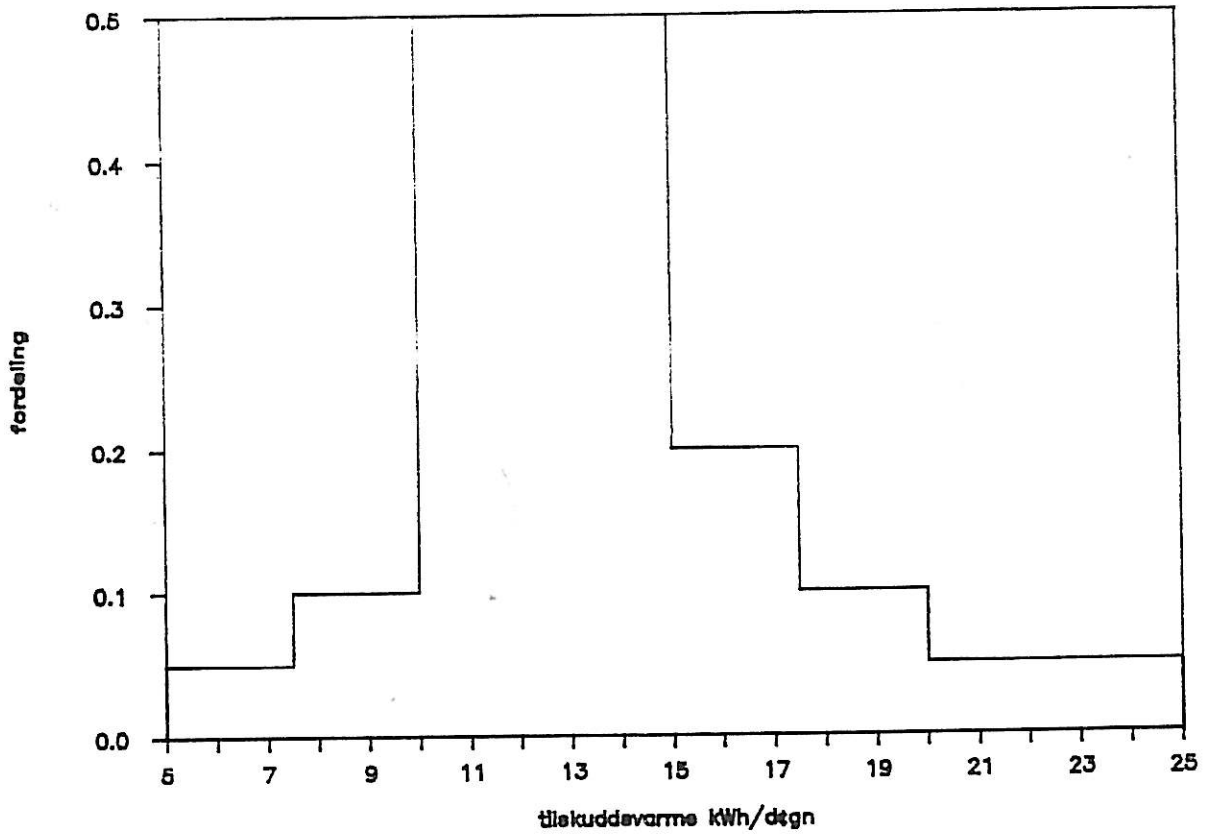
Med bygningen som beskrevet i tabell 1, fordelinger av parametrene som vist i figur 1 -3 og klima fra 1959 - 1974, er det gjennomført en simulering.



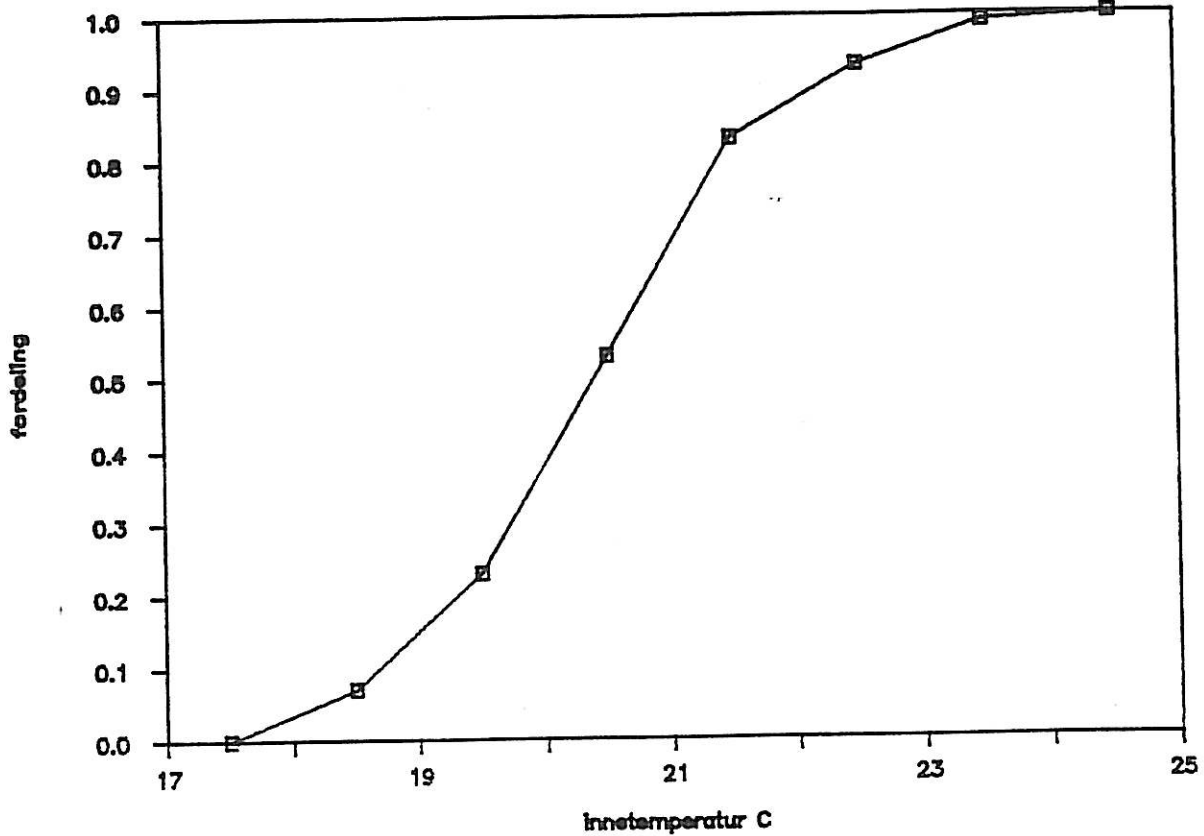
Figur 1
Fordelingen av innetemperatur i eneboliger fra (5)



Figur 2
Fordelingen av luftskiftet i eneboliger fra (6)



Figur 3
Fordelingen av tilskuddsvarmen i eneboliger med forskjellig antall beboere



Figur 4
Transformert kurve over innetemperaturen avhengig av fordeling av tilfeldige tall

Før selve simuleringen med tilfeldige tall, foretas først en analyse av de enkelte parametres innflytelse på sluttresultatet. Dette skjer ved f.eks. å la innetemperaturen variere med verdier som svarer til tilfeldige tall 0, 0,05, 0,1, 0,15 osv. til 1,0. Herved fås 21 verdier. Med disse verdiene og alle andre verdier lik middelveidien (50 %-fraktilen) samt klimadata fra referanseåret, fås beregnet energiforbruk. Figur 5 viser denne sammenhengen. Her kan avleses energiforbruket avhengig av innetemperaturen. Kurven er krum og ikke rettlinjet på grunn av forskjeller i utnyttelse av tilskuddsvarme. På kurven er markert 21 punkter som svarer til 0 %, 5 %, 10 % ... 100 %-fraktiler. Ligger punktene tett sammen, er det stor sannsynlighet for å få disse verdier. Ligger de spredt som i endene, er sannsynligheten liten. Det er også mulig å tegne kurven med fordelingen 0 -100 ut av X-aksen og dermed se hvordan sannsynligheten er for å få verdier større enn et bestemt energiforbruk. Av figur 5 fremgår det at en økning i innetemperaturen på 1 °C vil øke energiforbruket med ca. 1 MWh eller ca. 10 %.

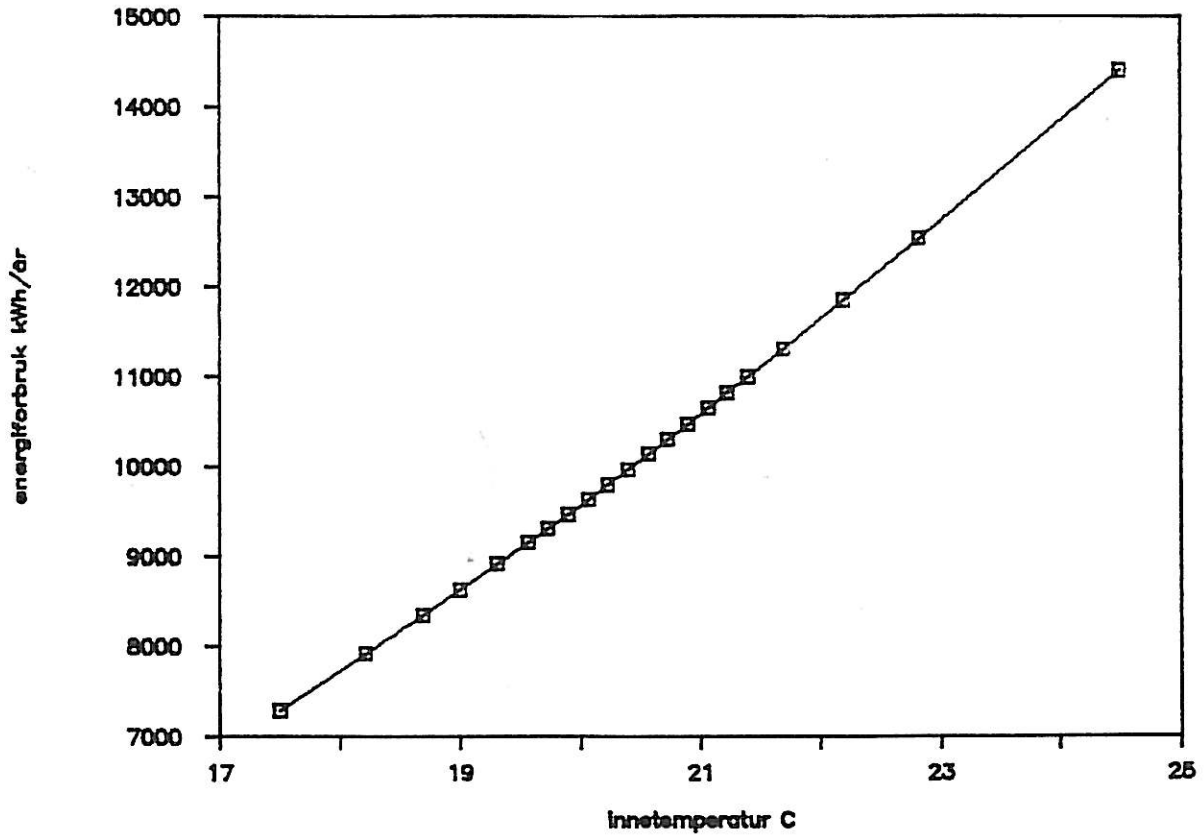
Figur 6 viser energiforbrukets avhengighet av luftskiftet. Figuren er beregnet på samme måte som nevnt i forbindelse med innetemperaturen. Kurven er bare svakt krum. Det fremgår at en økning i luftskiftet på 0,1 gang pr. time medfører et økt energiforbruk på ca. 0,72 MWh eller ca. 7 %. Det laveste energiforbruket er 6,7 MWh og det høyeste 15,5 MWh. Dette er litt større variasjon enn for innetemperaturen, men ikke meget.

Figur 7 viser energiforbrukets avhengighet av tilskuddsvarmen i kWh/døgn. Kurven er krum da en økning av tilskuddsvarmen vil bli dårligere og dårligere utnyttet. For kurvens midtparti gjelder at en økning av tilskuddsvarmen på 3 kWh/døgn gir en forminskning av energiforbruket på 0,42 MWh eller ca. 4 %. Variasjonen i energiforbruket går fra 8,6 MWh til 11,5 MWh og er vesentlig mindre enn for de to tidligere parametre.

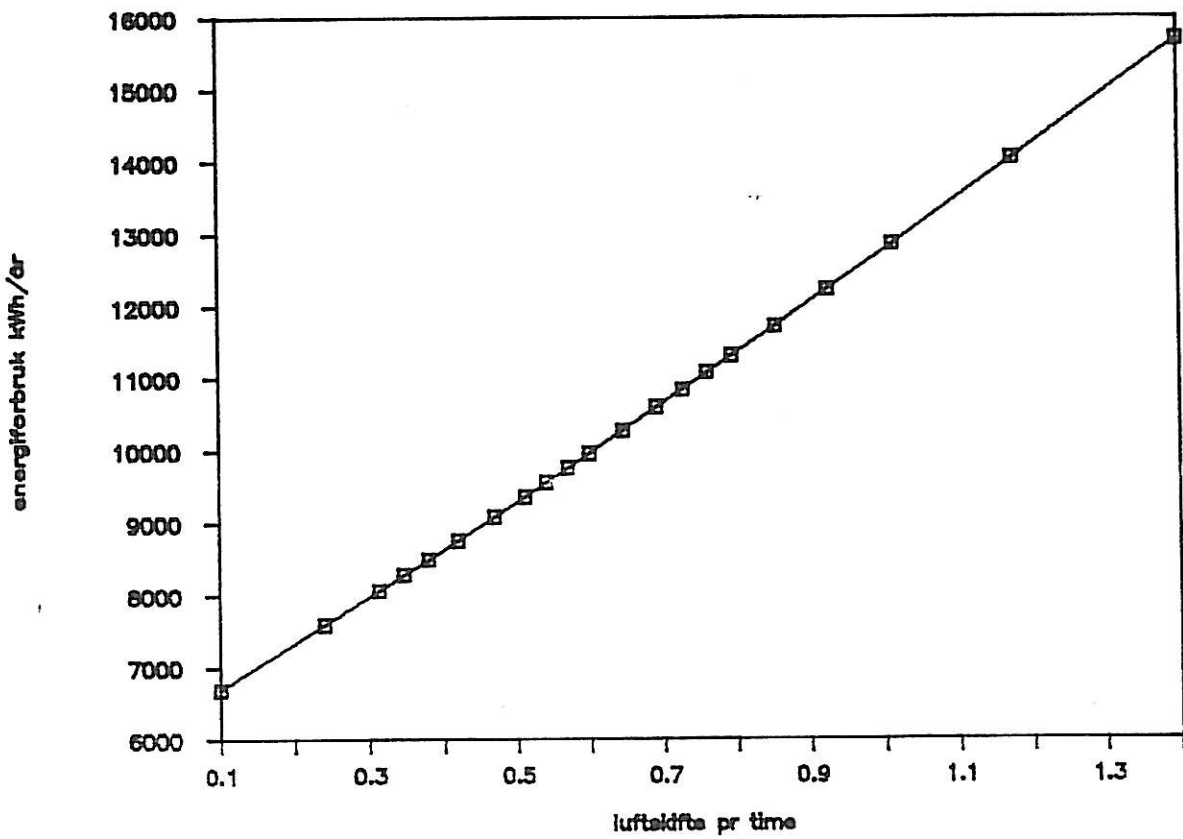
Figur 8 viser variasjonen i energiforbruket når klimaet varierer. For hvert årstall er tegnet en søyle. Disse varierer fra 8,4 MWh i 1961 til 11,7 MWh i 1969. Den siste søylen svarer til referanseåret som gir 10,0 MWh. Variasjonene svarer til ± 17 % i forhold til referanseåret. Referanseåret benyttes ved parameteranalysene, men inngår ikke i den endelige simuleringen.

Simuleringsresultat

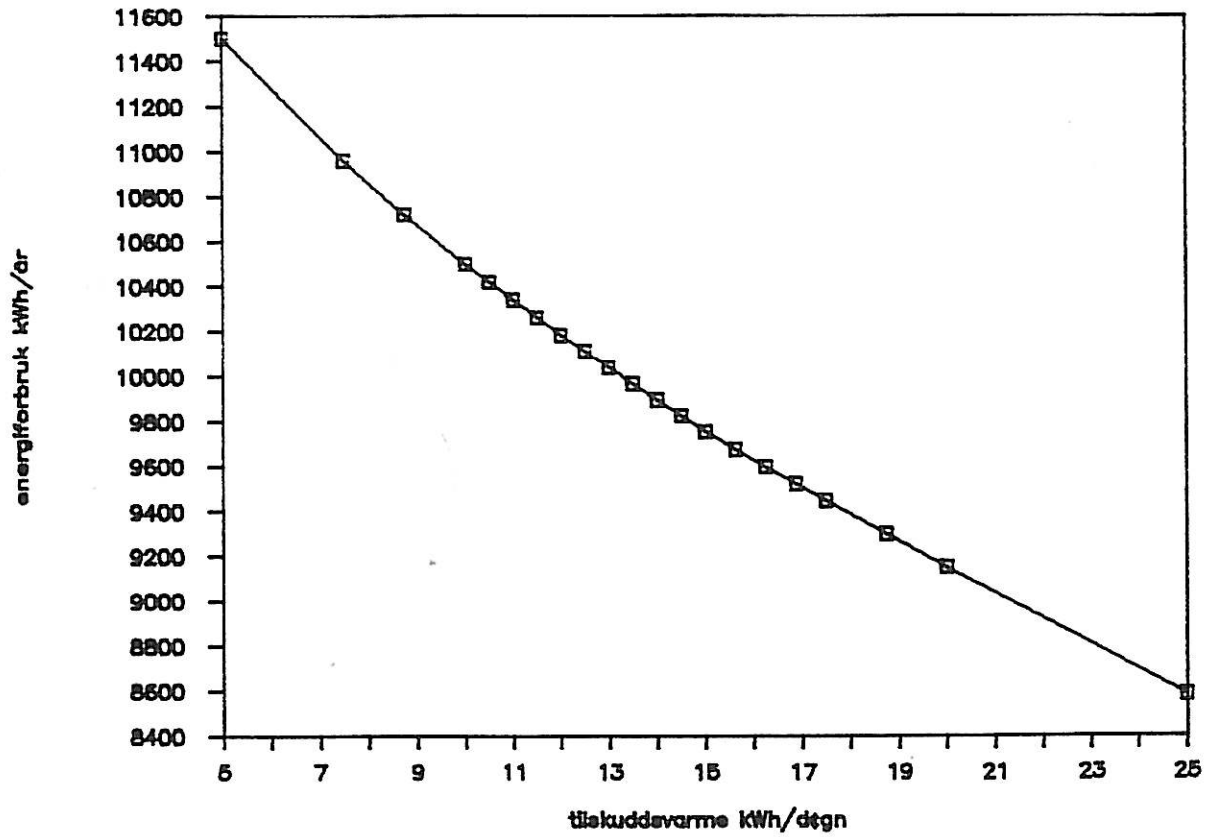
Vi kan vente større spredninger enn de som er funnet under parameteranalysene, fordi det kan opptre uheldige kombinasjoner hvor alle parametre går i samme retning og gir høyere energiforbruk.



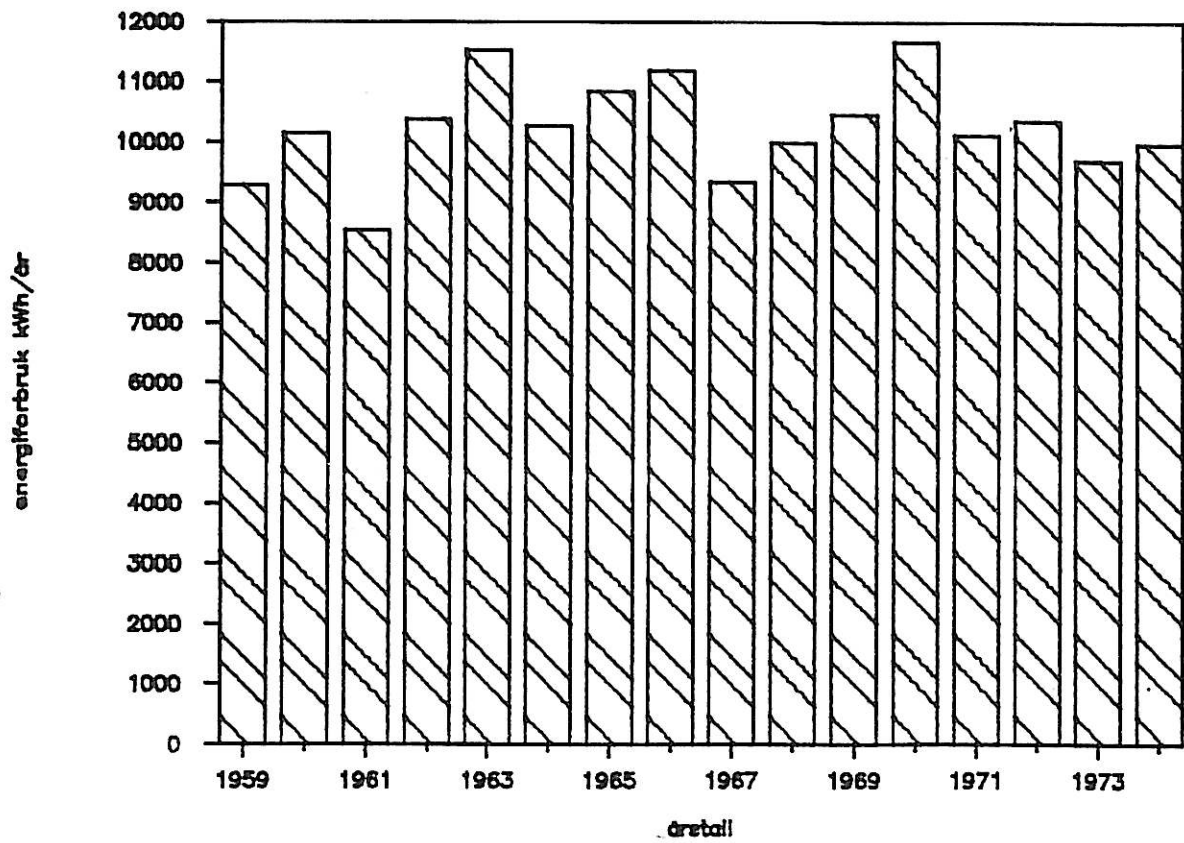
Figur 5
Energiforbruket i enebolig avhengig av innnetemperaturen



Figur 6
Energiforbruket i enebolig avhengig av luftskiftet



Figur 7
Energiforbruket i enebolig avhengig av tilskuddsvarmen



Figur 8
Energiforbruket i enebolig for årene 1959 til 1973
Siste søyle angir referanseåret

Simuleringen av energiforbruket er foretatt på et HP-1000 EDB-anlegg. Det brukes ca. 10 minutter CPU-tid pr. 500 beregninger. Når beregningen er gjennomført, finnes minste og største energiforbruk, og det regnes ut fraktiler for energiforbruket.

Tabell 2

Beregnete fraktiler for energiforbruk, varmetap og varmetilskudd

Fraktil	Energiforbruk	Varmetap	Tilskudd
%	kWh/år	kWh/år	kWh/år
min	5330	10040	15170
1,0	5779	11460	14720
2,5	6164	11860	14260
5,0	7117	13200	13620
7,5	7400	13770	13300
10,0	7725	14110	13070
12,5	7959	14370	12690
15,0	8024	14580	12480
17,5	8266	14860	12350
20,0	8449	15140	12260
25,0	8741	15480	12020
30,0	9092	16070	11860
40,0	9594	16700	11450
50,0	10160	17530	11170
60,0	10930	18360	10790
70,0	11880	19510	10490
75,0	12340	20020	10310
80,0	12840	20530	10030
82,5	12990	20740	9953
85,0	13140	21230	9844
87,5	13770	21650	9728
90,0	14320	22470	9568
92,5	14850	23130	9465
95,0	15730	23890	9190
97,5	16220	24650	8836
99,0	17770	26080	8521
maks	23450	31790	8425

Med det valgte eksempelet fremkommer resultatene i tabell 2. Det forekommer energiforbruk fra 5,3 MWh til 23,4 MWh/år med middelveien (50 %-fraktilen) på 10,2 MWh. Det er altså mulig å få energiforbruk på det halve eller det dobbelte av det normale. Men det er ikke særlig sannsynlig. Det er mer interessant å se på 10 %- og 90 %-fraktiler. Disse verdiene vil lett kunne opptre i forbindelse med målinger i et større antall hus. I forbindelse med vurdering av energibesparelser er det spesielt høyforbrukshusene som er interessante. Her ser vi at i 10 % av tilfellene vil energiforbruket være høyere enn 14,3 MWh/år eller 40 % over middelveien.

Figur 9 viser verdiene fra tabell 2 tegnet opp som sannsynligheten for å få lavere energiforbruk enn en gitt verdi. I hele midtområdet er kurven jevnt stigende. De store endringene forekommer ved verdier under 20 % og over 80 %. I disse områdene er verdiene meget avhengige av hvordan yttergrensene for parametervariasjonene, f.eks. innetemperatur, ser ut. Men i forbindelse med vurderingene her er vi ikke spesielt interessert i ekstremverdiene som er helt avhengige av valg av fordelinger i utgangspunktet.

Figur 10 viser fordelingene for energiforbruk, varmetap (transmisjon og ventilasjon) og varmetilskudd (solinnfall, elektrisitet og personer). Disse kurvene viser alle samme tendens, med de største endringer i sannsynligheten ved lave og høye verdier.

Bruk av referanseåret

De gjennomførte parameteranalysene viser at det ikke blir særlig stor spredning ved å bruke forskjellige år med klimadata. Det er derfor interessant å undersøke om det medfører vesentlige endringer i fordelingskurven hvis det i stedet anvendes referanseåret i alle simuleringer. Alle andre parametre har samme variasjoner som før.

Resultatet fremgår av figur 11 som viser fordelingen i energiforbruket. Sammenlignes kurven med kurven i figur 9, ser man at disse nesten er identiske. Det betyr at referanseåret kan benyttes hvis de andre parametre som inngår gir vesentlig større variasjoner. Det er litt variasjon i verdiene, f.eks. 90 % fraktiler som før ga 14,3 MWh, gir nå 13,9 MWh. Men for praktisk anvendelse er forskjellen helt uten betydning.

Det er i dette tilfelle gjennomført 2 simuleringer, hver med 500 beregninger med forskjellige tilfeldige tall. Resultatene viser meget små forskjeller:

	1. beregning	2. beregning
50 %-fraktil	10.3	10.1
80 %-fraktil	12.6	12.3
90 %-fraktil	13.9	13.8

Bruk av 500 beregninger er derfor tilstrekkelig for å kunne vurdere fordelingen rimelig. Eventuelle forskjeller vil især gjøre seg gjeldende i kurvenes begynnelse og slutt.

Forbedret kjennskap til parametre

I mange tilfeller er det mulig med en bedre vurdering eller en måling av parametre som influerer på energiforbruket. Det er derfor interessant å se hvilken innflytelse det vil ha på fordelingen av energiforbruk. I de gjennomførte beregningene er referanseåret brukt i alle tilfeller.

Eksempel I

Tilskuddsvarmen er bedre kjent, og i stedet for den tidligere fordelingen er forutsatt at verdien ligger mellom 12 og 15 kWh/døgn, og at det er like stor sannsynlighet for å få et hvilket som helst tall mellom de to yttergrensene. I praksis vil det nok være vanskelig å bestemme størrelsen med større nøyaktighet i bebodde hus. Middelveidien av energiforbruket blir 10,2 MWh, og 90 %-fraktilen blir 13,6 MWh/år. Dette er nesten samme verdi som i simuleringen med referanseåret. Dette er også i overensstemmelse med at parameteranalysen viste at variasjonen i energiforbruket var begrenset når tilskuddsvarmen ble variert.

Det er altså mulig å vurdere resultatene helt nøyaktig selv om vi har dårlig kjennskap til tilskuddsvarmens størrelse.

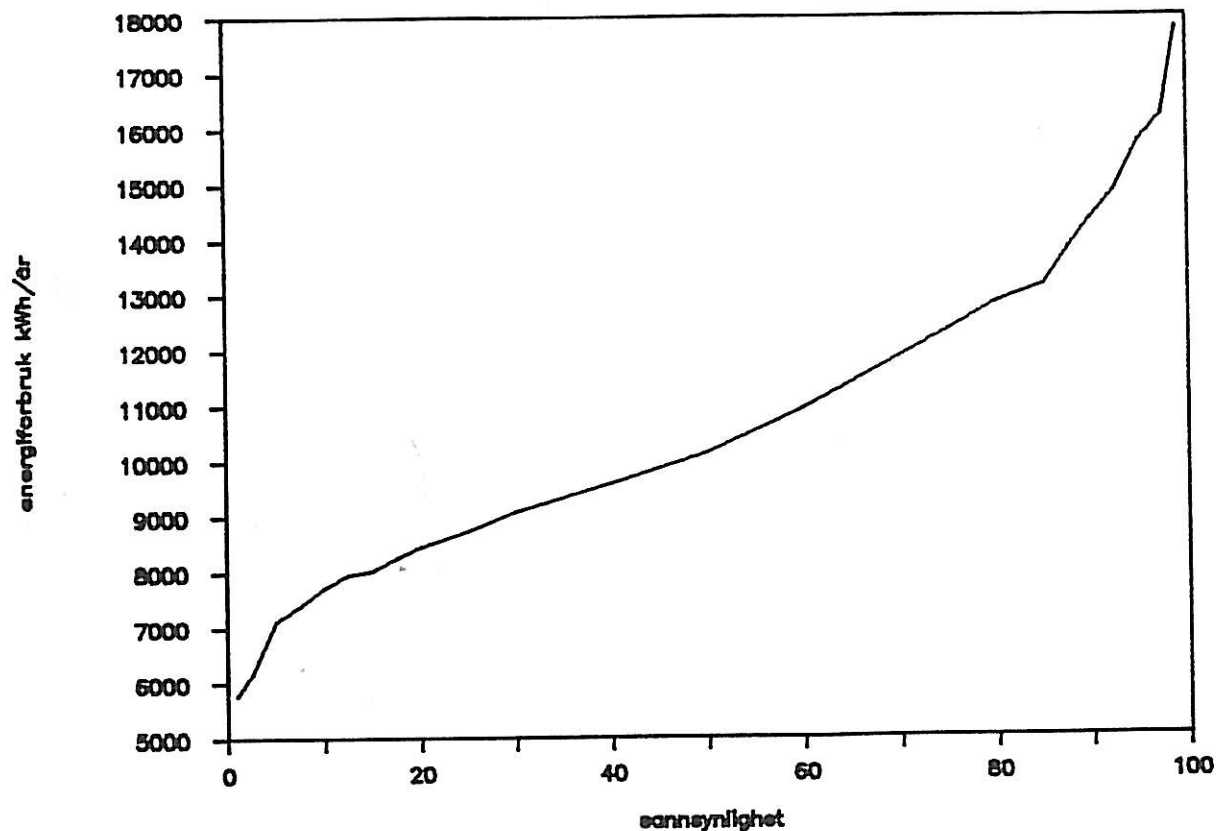
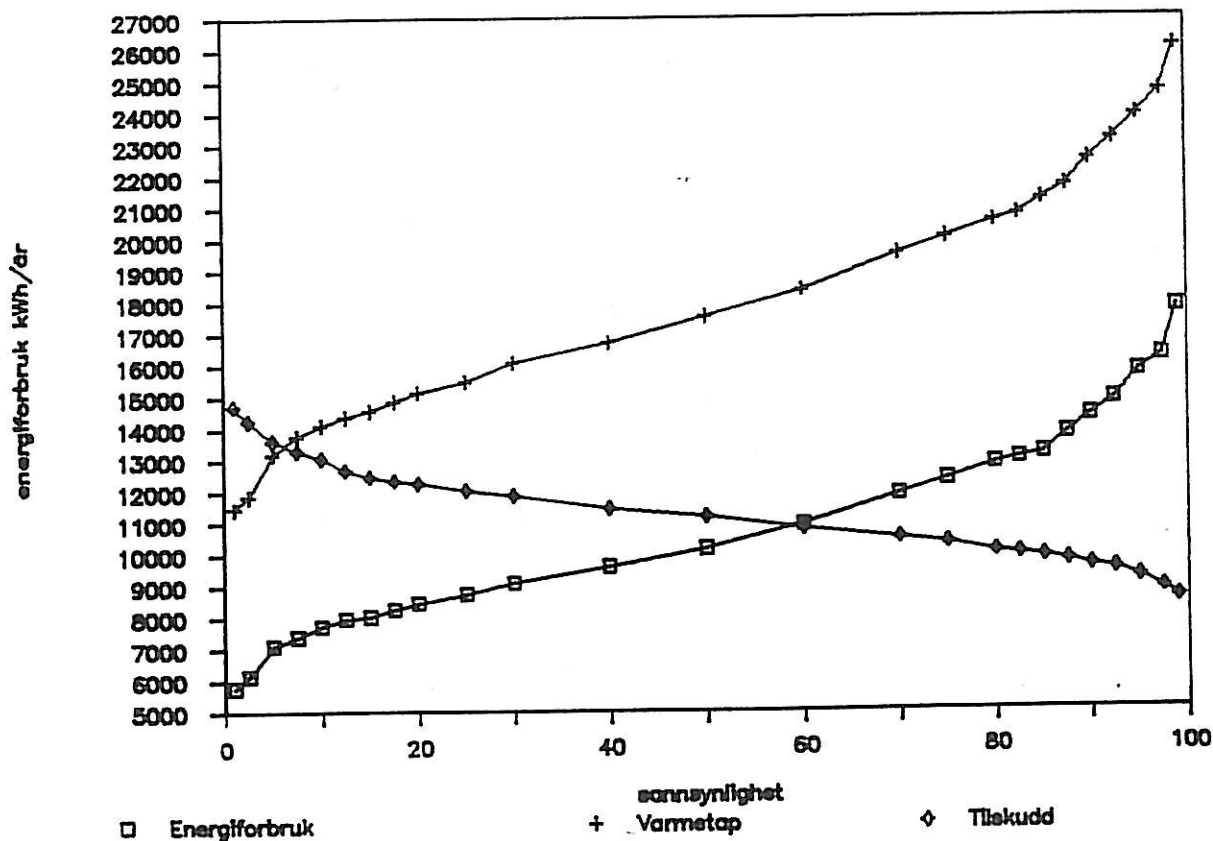


Fig. 9
Fordelingen av energiforbruket etter simulering med fordelinger fra figur 1 - 3 og årene 1959 til 1973



Figur 10
Fordelingen av energiforbruk samt varmetap og varmetilskudd for standardtilfellet

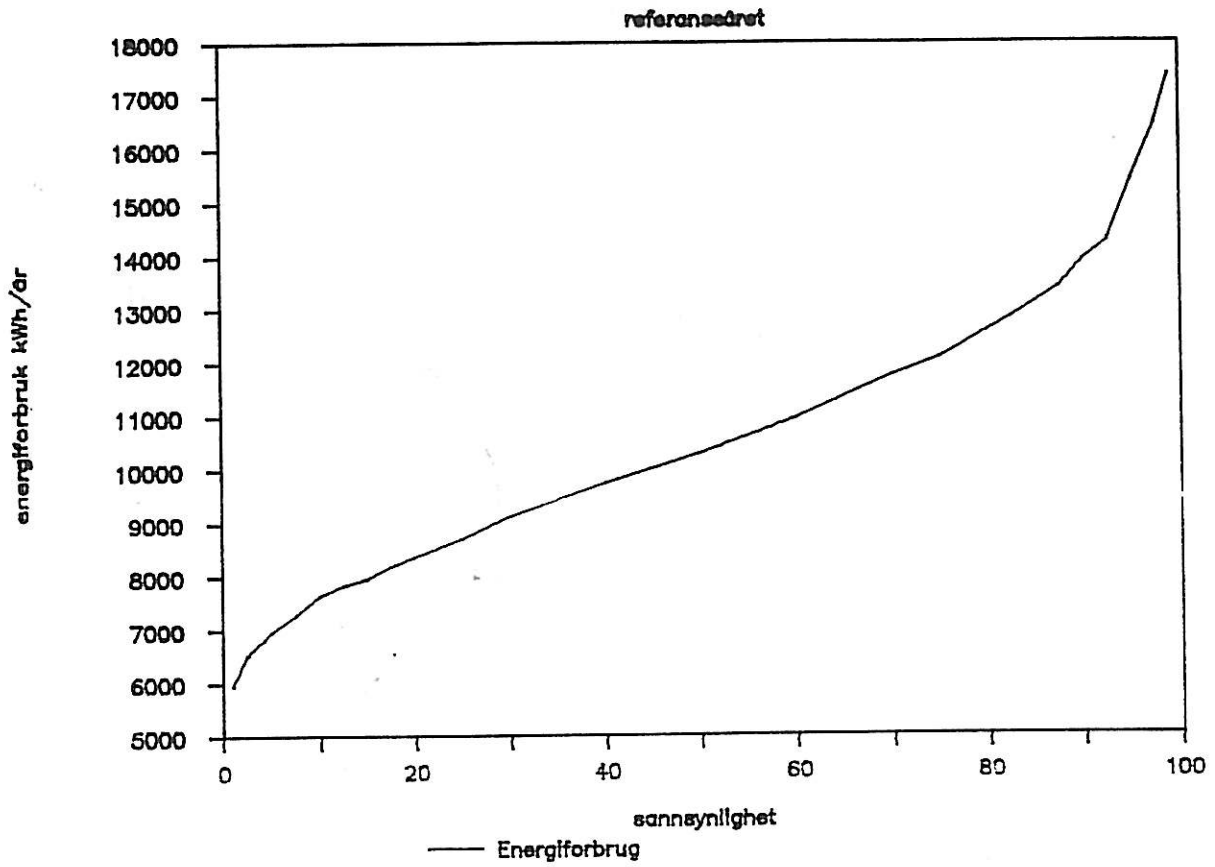


Fig. 11
Fordelingen av energiforbruket etter simulering med fordelinger fra figur 1 - 3 og referanseåret

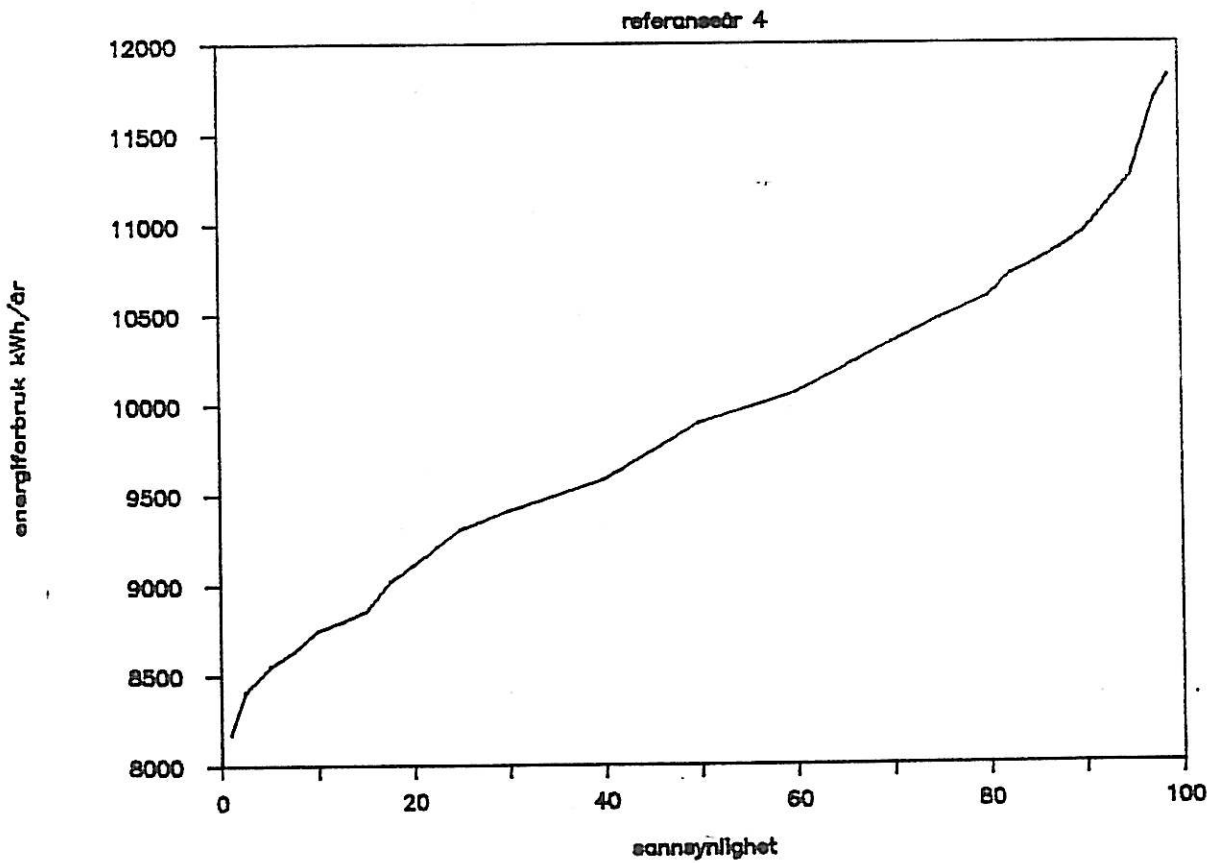


Fig. 12
Fordelingen av energiforbruket etter simulering med parametre, som er bedre bestemt, se teksten

Eksempel II

Tilskuddsvarmen er bestemt som i eksempel I, og dessuten er innetemperaturen bestemt til å ligge mellom 20 °C og 22 °C. Det er like stor sannsynlighet for enhver verdi mellom disse grensene. Resultatet av simuleringen gir en middsverdi på 10,8 MWh og 90 %-fraktil på 14,0 MWh. Verdiene er endret i forhold til eksempel I, da innetemperaturen nå er 0,6 °C høyere. Dette svarer til 0,6 MWh. 90 %-fraktilen gir verdier som ligger 30 % over middsverdien. I eksempel I var forskjellen 34 %. Et kjennskap til innetemperaturen vil derfor redusere spredningen i resultatene, men den resulterende spredning viser at luftskiftet i dette tilfellet har den alt overveiende betydning.

Eksempel III

Tilskuddsvarme og innetemperatur er bestemt som i eksempel II, og dessuten reduseres luftskiftet fra 0,35 til 0,65 ganger pr. time. Det er like stor sannsynlighet for enhver verdi mellom disse grensene. Resultatet av simuleringen gir en middsverdi på 10,0 MWh og 90 %-fraktil på 11,0 MWh/år. Verdiene er endret i forhold til eksempel I, da innetemperaturen er 0,6 °C høyere og luftskiftet 0,1 gang pr. time lavere. Forskjellen mellom middsverdien og 90 %-fraktilen utgjør 10 %.

Figur 12 viser en opptegning av sannsynlighetskurven i dette tilfellet. Merk at y-aksen har en annen skala enn de tidligere fordelingene.

Eksempel III vil nok svare til hva som vil kunne oppnås av nøyaktighet i bebodde hus uten et meget omfattende måleutstyr. Skal det derfor vurderes energibesparelse i en samling hus, vil energibesparelser som er mindre enn 10 % være ganske vanskelige å påvise, fordi disse lett vil forsvinne i usikkerheten fra tilskuddsvarme, innetemperatur og luftskifte. Dette kan bare løses ved bruk av et større antall hus og/eller nøyaktigere målinger.

Konklusjoner

De gjennomførte simuleringene viser at meget store spredninger som finnes i måleresultater i bebodde hus, ikke er usannsynlige. Verdier fra halvdelen av middels energiforbruk til det dobbelte er ikke umulig. Det anbefales derfor å foreta en simulering som omtalt i denne rapporten før forsøkene startes for å vurdere hvilken spredning det vil bli i resultatene. Det er også mulig å gjennomføre simuleringer med forutsetninger om bedre kjennskap til grunnleggende parametre. Derved kan det bestemmes om en mer nøyaktig måling av parameteren overhodet vil forminske spredningen. I dette tilfelle er det benyttet en forenklet energimodell, men det er intet i veien for å bruke meget komplekse modeller som tar hensyn til styring og regner på timebasis. Men EDB-tiden vil vokse sterkt, så det kan være rimelig først å bruke en mer forenklet modell. Noen uheldige kombinasjoner av parametre, som f.eks. svarer til 50 %- og 90 %-fraktilen, kan deretter kjøres i det komplekse EDB-programmet, og det kan ses om variasjonene i energiforbruk blir noenlunde som den forenklete modellen.

Metoden som her er benyttet, er opprinnelig utviklet for fukttekniske dimensjoneringsregler hvor det inngår mange usikre faktorer som må vurderes. Det er mulig å benytte den angitte metoden på helt andre fagområder og problemer.

Litteratur

1. SYMPHONY, PC-program fra Lotus Development Corporation, Cambridge, USA.
2. JOHNSEN K. OG NIELSEN A.: Beregning af energiforbrug i småhuse, SBI-rapport 148, 1984, Statens Byggeforskningsinstitut, Danmark.
3. KALLBLAD K.: Calculation methods to predict energy savings in residential buildings. Swedish Council for Building Research, D4:1983.
4. VEJRDATA FOR VVS OG ENERGI. Dansk referenceår. TRY. Bo Andersen et. al. SBI-rapport 135, 1982.
5. WIDEGREN - DAFGÅRD K.: Värmedebitering och inomhustemperatur, VVS & Energi nr. 1, 1984 (side 54 - 58), Sverige.
6. KORSGAARD A.: Bygningers luftskifte. Varme 41 årgang 1976 (side 161 - 168), Danmark.