Aalborg Universitet

Forskellen mellem målt og beregnet energiforbrug til opvarmning af parcelhuse

Gram-Hanssen, Kirsten; Rhiger Hansen, Anders

Creative Commons License
Ikke-specificeret

Publication date:
2016

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

Link to publication from Aalborg University

Citation for published version (APA):
Gram-Hanssen, K., & Rhiger Hansen, A. (2016). *Forskellen mellem målt og beregnet energiforbrug til opvarmning af parcelhuse*. (3. udgave udg.) SBi Forlag. SBI Bind 2016:09

General rights
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

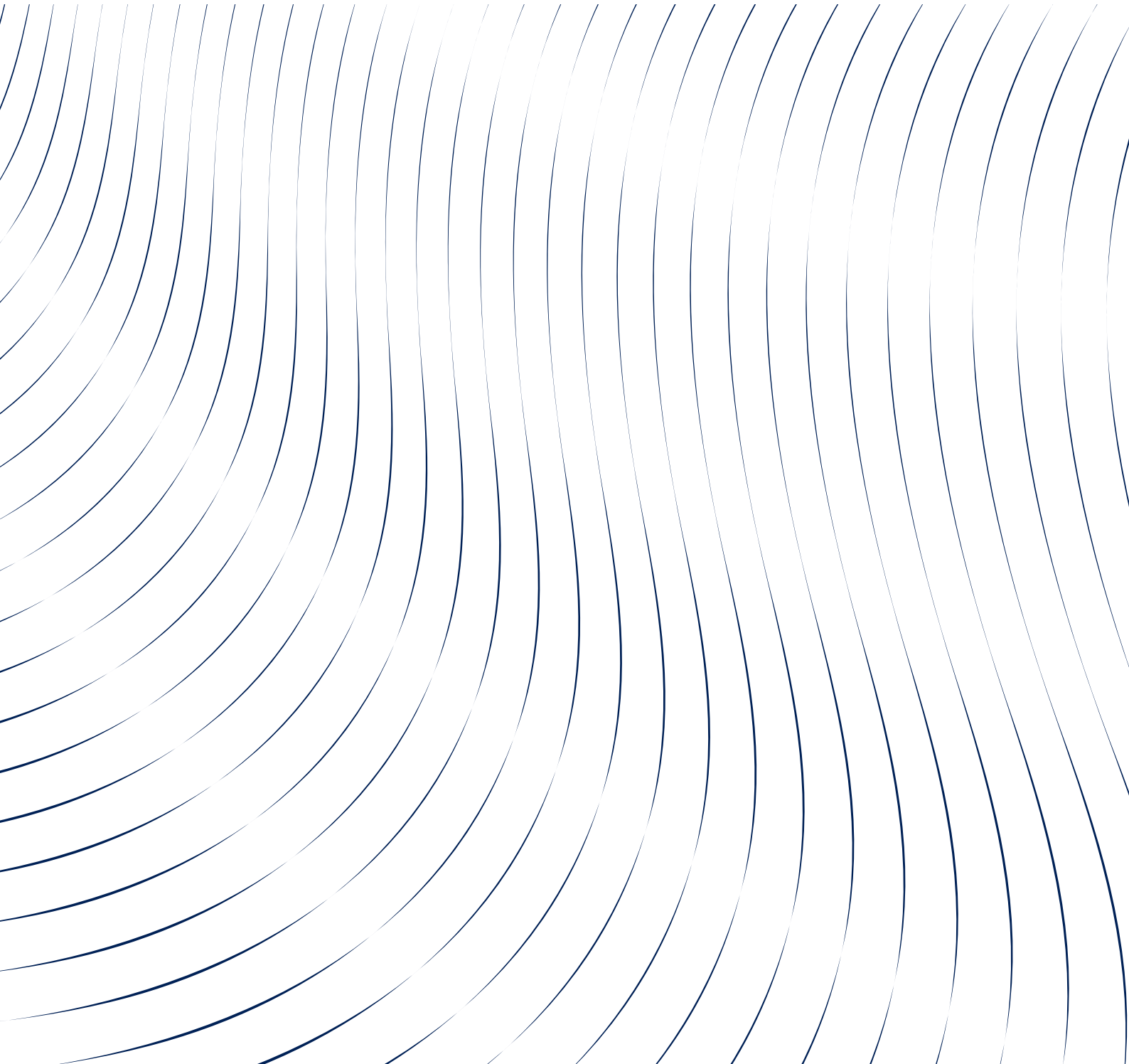
Take down policy
If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from vbn.aau.dk on: 10 16, 2026

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN

FORSKELLEN MELLEM MÅLT OG BEREGNET ENERGIFORBRUG TIL OPVARMNING AF PARCELHUSE

SBI 2016:09



Forskellen mellem målt og beregnet energiforbrug til opvarmning af parcelhuse

Kirsten Gram-Hanssen
Anders Rhiger Hansen

SBi 2016:09
Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet · 2016

Titel	Forskellen mellem målt og beregnet energiforbrug til opvarmning af parcelhuse
Serietitel	SBi 2016:09
Udgave	3. udgave
Udgivelsesår	2016
Forfattere	Kirsten Gram-Hanssen og Anders Rhiger Hansen
Fagfælle-bedømmer	Bent Søndergaard
Sprog	Dansk
Sidetal	23
Litteratur-henvisninger	Side 22-23
Emneord	Energiforbrug, Parcelhuse, beboerpraksis
ISBN	978-87-563-1760-3
Illustrationer	Bo A. Vestergaard
Udgiver	Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV E-post sbi@sbi.aau.dk www.sbi.dk

FAGFÆLLE-
BEDØMT

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven

Indhold

Forord 4
Indledning og baggrund 5
Teoretiske energiberegningers rolle i bygningsreglementet 5
Offentlig debat om rapportens figurer 6
Datagrundlag 8
Analyse af data 9
Sammenligning af faktisk og beregnet forbrug 9
Diskussion af datasammenligningen 13
Diskussion af spredninger i data 13
Generel usikkerhed i metode og data 14
Diskussion af tendenser 15
Samfundsvidenskabelig forklaring og analyse 17
Rebound og prebound effect 17
Historiske og kulturelle studier af opvarmning 18
Energipolitiske konsekvenser 19
Konklusion 21
Referencer 22

Forord

Denne rapport er en del af forskningsprojektet UserTEC (User practices, technologies and residential energy consumption, http://sbi.dk/usertec), som er ledet af professor mso Kirsten Gram-Hanssen og støttet af Innovationsfonden med 17,2 mio. kroner i 2013-2018. UserTEC-projektet udføres i samarbejde med en række internationale og danske virksomheder og forsyningsselskaber og med universiteterne i Oxford, Cambridge, Linköping og Delft. UserTEC-projektet rummer en lang række delprojekter, herunder også seks ph.d.-projekter, som hver fokuserer på forskellige aspekter af sammenhænge mellem brugere, bygninger og energiforbrug.

Spørgsmålet om sammenhængen mellem det teoretiske og det faktiske (målte) energiforbrug er ét aspekt af en større diskussion, og spørgsmålet er internationalt kendt og beskrevet af bl.a. nogle af UserTEC's internationale samarbejdspartnere. Formålet med denne rapport er dels at bringe denne internationale diskussion ind i den danske byggesektor og dels at gå et skridt videre end blot at dokumentere og analysere fænomenerne i forhold til det byggetekniske. Vi vil således gerne give mulige socio-tekniske forklaringer på, hvordan en given opvarmningspraksis også formes af den tekniske udformning af boligen. Dermed lægges der op til en diskussion af, hvordan dette kan tænkes ind i en fremtidig regulering af bygningers energiforbrug og til, hvordan bygningsbrugernes adfærd i højere grad kan tænkes ind i energipolitikken. Endelig skal rapporten også ses som baggrund for og dokumentation af to figurer, som allerede i flere sammenhænge har været vist offentligt.

Rapporten udgives i forbindelse med en international konference, der afholdes i regi af UserTEC-projektet: 'Minimizing the performance gap – considering user behavior in building regulations' i Horsens 5.-6. april 2016.

Dette er en tredje udgave af rapporten. Første version havde desværre nogle fejlbehæftede tal i tabel 1 og 2. Disse blev hurtigst muligt rettet med anden udgave af rapporten. Med denne tredje udgave af rapporten er der yderligere tilføjet to figurer (figur 3 og 4) der uddyber rapportens analyser. Rapportens diskussion og hovedkonklusioner er der ikke ændret på.

Rapporten er fagfællebedømt af lektor emeritus Bent Søndergaard.

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet
Afdelingen for By, Bolig og Ejendom

Hans Thor Andersen
Forskningschef

Indledning og baggrund

Det teoretiske energiforbrug for en bygning, beregnet i forbindelse med energimærkning af bygningen, bør ikke forventes at være det samme som det faktiske forbrug, når bygningen er beboet af en husstand. Ikke desto mindre bliver både boligejere og aktører i byggesektoren ofte overrasket over den store forskel, der er på beregnet forbrug og det faktiske målte energiforbrug. I denne rapport bliver spørgsmålet om, hvad de teoretiske beregninger kan bruges til, rejst. Det bliver diskuteret, hvordan analyser af sammenhængen mellem teoretisk og faktisk forbrug kan hjælpe os til at pege på nye veje for den energipolitiske bestræbelse på at sænke energiforbruget i de danske boliger. Som indledning til dette er der brug for først at se på den rolle og historiske baggrund, der er for de teoretiske beregninger af bygningers energiforbrug i reguleringen af danske boliger.

Teoretiske energiberegningers rolle i bygningsreglementet

Siden 1961 har vi i Danmark haft et bygningsreglement med krav og standarder for nye bygninger, og med bygningsreglementet i 1977 (med virkning fra 1979), blev der også indført energistramninger. Fra 2006 og frem har det danske bygningsreglement været ensrettet med det europæiske EPBD (Energy Performance of Buildings Directive). De første energikrav blev formuleret som krav om at bruge bestemte bygningskomponenter og bestemte isoleringstykkelser. I senere bestemmelser gik man over til såkaldte funktionskrav, hvor en bygning skal holde sig indenfor en bestemt energiramme, men hvor der er større frihed designmæssigt til, hvordan dette opnås. Om en bygning overholder den gældende energiramme beregnes ud fra fastlagte standardberegningsmodeller, det vi i denne rapport omtaler som ”teoretisk beregnet forbrug”. Bestemmelserne i bygningsreglementet er løbende blevet strammet i de seneste snart fire årtier, således at man hele tiden har sikret, at de nyeste og mest energieffektive komponenter bliver taget i brug. Ved at melde fremtidige stramninger til bygningsbestemmelserne ud nogle år før de blev gældende, har bygningsreglementet også bidraget til vigtig innovation inden for nye energieffektive byggematerialer. Kravene til BR15 (Bygningsreglement 2015) og BR20 (Bygningsreglement 2020) er således meldt ud nogle år før, de er blevet til krav, og i perioden fra de er meldt ud og til de bliver til gældende krav, er det muligt at bygge nye huse, der kan mærkes som særlige lavenergihuse.

For eksisterende bygninger er der med det Europæiske EPBD, som siden 2006 er indført i Danmark via vores bygningsreglement, også blevet stillet krav til energiforbrug ved renovering af bygninger. Med BR10 (Bygningsreglement 2010) gælder, at de komponenter, der ændres eller udskiftes ved renoveringen, skal leve op til gældende mindstekrav. Der er dog i reglementet indført en række undtagelser, som omhandler rentabilitet, bygningsfysik og æstetik. En evaluering af BR10 bestemmelser omkring energiforbrug og renovering peger imidlertid på, at særligt for parcelhuse er der væsentlige problemer i forhold til virkningen af bestemmelserne (Christensen, Jensen, & Gram-Hanssen, 2013). Ofte har hverken bygningsejere eller håndværkere det fornødne kendskab til reglementet, som desuden også fremstår noget uigennemskuelige særligt omkring undtagelserne. Den undtagelse der omhandler rentabilitet fastlægger, hvad der skal forstås ved rentabilitet, og

hvordan det skal beregnes. I rentabilitetsberegningerne skal der således bruges beregningsmetoder, som bygger på nogle af de samme principper som ved beregning af, om nybyggeri lever op til den eksisterende energiramme.

Ved såvel nybyggeri som renovering fremgår det endvidere af bygningsreglementet, at alle bygninger der sælges, skal have udarbejdet et energimærke, som skal fremgå ved annoncering og være en del af det salgsmateriale, der fremlægges for nye købere. Ved udarbejdelsen af dette energimærke bruges teoretiske beregninger til at fastlægge husets energimærke. Desuden indgår der i de danske energimærker en anbefaling til boligejeren om, hvilke rentable energiforbedringer der kan laves. Ved udarbejdelsen af disse forslag indgår også teoretiske beregninger af forbrug for den eksisterende bolig og for boligen med de foreslåede renoveringer.

Formålet med et teoretisk beregnet energiforbrug for huse er således:

1 At sikre energieffektivitet ved nybyggeri uden at skulle detailstyre hvilke bygningskomponenter, der skal bruges.
2 At tildele nye og gamle huse et energimærke der kan vejlede forbrugere om boligens energieffektivitet uafhængigt af brugen af boligen.
3 At opstille rentabilitetsberegninger til brug for, hvornår det offentlige kan kræve, at private boligejere skal energieffektivisere deres bolig i forbindelse med en renovering, ejeren ønsker at gennemføre.
4 At opstille rentabilitetsberegninger for, hvornår det offentlige kan anbefale energieffektiviseringer af eksisterende boliger til boligejerne.

Udgangspunktet for de teoretiske beregninger er således, at der er brug for et redskab, der objektivt kan beskrive en bolig uafhængigt af den konkrete brug af denne bolig.

Et af de spørgsmål, som denne rapport rejser, er imidlertid, i hvor høj grad det er muligt at skille brugen af boligen fra den tekniske udformning af boligen, og om det er rimeligt at gøre det i alle de tilfælde, hvor man gør det. Desuden er spørgsmålet, om der i kommunikationen af de teoretiske beregninger gøres for lidt ud af at fremhæve de begrænsninger, som disse beregninger har i forhold til at forudse det faktiske forbrug. Endelig peger rapporten også i bredere forstand på betydningen af at forstå og arbejde energipolitisk med bygningsbrugernes adfærd for at opnå markante energibesparelser indenfor bygge- og boligsektoren.

Offentlig debat om rapportens figurer

Den figur, der bringes som figur 1 i denne rapport, har allerede været vist offentligt ved flere lejligheder[1] og er gengivet i populærvidenskabeligt materiale publiceret i forlængelse af disse oplæg (Gram-Hanssen, 2015a, 2015b). Desuden indgår datamaterialet bag figuren i en rapport fra Klimarådet (Klimarådet, 2015). Endelig er en del af datamaterialet bag samme figur blevet brugt af ugebladet Ingeniøren, der den 8. januar 2016 på forsiden bragte en artikel om energieffektivitet i nybyggeri. I forbindelse med oplæg og publiceringer har det i alle tilfælde været noteret, at data er foreløbige og ikke færdigt analyseret. I forbindelse med disse oplæg og artikler har der været en

[1] Figur 1 er vist i forbindelse med en række oplæg som Kirsten Gram-Hanssen har givet, bl.a. ved følgende møder:

- IDA-byg Gå-hjem-møde: Branchen har brug for reelle energiberegninger, 10/11 2015
- Foreningen for Bæredygtige byer og bygninger: UPGRADE '15. Århus 24/3 2015
- International Energy Agency: Energy Efficiency and Behaviour Workshop, Paris 11-12/3 2015.

stor offentlig interesse for de tendenser, som sammenligningen af teoretiske og faktiske forbrug viser.

En del af debatten har særligt været omkring de nyeste huse, og i forlængelse af denne debat blev der udarbejdet en ny figur, som i denne rapport bringes som figur 2. Denne figur har bl.a. været brugt ved markedsføringen af SBi-konferencen 'Minimizing the performance gap – considering user behavior in building regulations' i Horsens 5.-6. april 2016. Formålet med denne rapport er dermed også at levere en dokumentation og diskussion af to figurer, som allerede har været offentligt vist og debatteret.

Datagrundlag

Metoden i dette projekt handler om at sammenligne data, som findes i energimærker udført på danske parcelhuse med data om de samme huses faktiske energiforbrug til opvarmning.

Data fra energimærker stammer fra et udtræk fra en database over alle energimærker udstedt mellem 2006 og 2014. Det betyder, at data både rummer energimærker, der er udsted for nyligt og energimærker udstedt for flere år siden. Hvis boligen ikke er handlet siden udstedelsen af energimærket, er det muligt, at boligen siden er blevet energirenoveret, uden det fremgår af energimærkedatabasen. Denne database indeholder blandt andet oplysninger brugt til at udregne et totalt energibehov for bygningen, som ligger til grund for tildelingen af energimærke. Det totale energibehov er delt op i et energibehov for varme og et for elektricitet, og det er varmebehovet, som i denne rapport angives som teoretisk beregnet forbrug for bygningen. I dataudtrækket fra denne database er der lavet en simpel fejlfinding, idet data på huse, hvor teoretisk forbrug, areal eller energimærke har haft en ugyldig værdi (fx tal fremfor bogstav eller omvendt), er frasorteret.

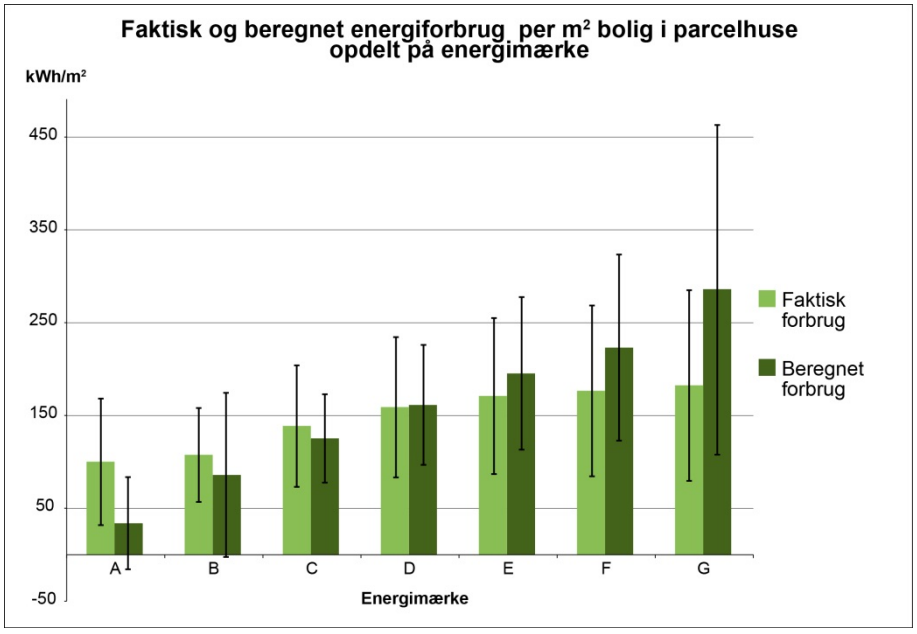
Data om det faktiske forbrug, dvs. det målte forbrug, kommer fra BBR-registret, som tidligere blev administreret af Ministeriet for By, Bolig og Landdistrikter, men som siden 2015 er flyttet til Skatteministeriet. I BBR-registret er der tilknyttet oplysninger om mængden af energi til opvarmning fra 2009 og frem, som er leveret af forsyningsselskaber. Energiforbruget til opvarmning er omregnet til et årsforbrug der følger kalenderåret ved brug af graddagekorrektion ift. vejrforskelle indenfor fire regioner i Danmark og over år. Forsyningsselskaber, der leverer oplysninger til dette register, omfatter fjernvarmeselskaber, gasselskaber samt olieleverandører. Analyserne i denne rapport bygger på et datatræk, vi har modtaget 7/11, 2014 og de data vi har brugt herfra er årsforbrug for året 2012, da dette var det senest tilgængelige årsforbrug på dette tidspunkt, som dækkede en tilfredsstillende del af danske enfamilieshuse.

I analyserne indgår enfamiliehuse (anvendelseskode=120 i BBR). For at undgå oplagte fejl og ekstreme observationer i data, har vi frasorteret boliger uden registreret forbrug og med et forbrug mindre end 1000 kWh og større end 49.025 kWh (hvilket er valgt som to gange standardvariationen fra gennemsnittet). Desuden er boliger med arealer under 50 m^2 og over 500 m^2 fravalgt.

Analyse af data

Sammenligning af faktisk og beregnet forbrug

En første sammenligning af de to datasæt ses i figur 1, hvor beregnet og faktisk varmeforbrug per kvadratmeter bolig er sammenholdt indenfor hver kategori energimærke. Tabel 1 angiver, hvor mange huse for hvert energimærke, der indgår i analysen bag figuren.



Figur 1: Sammenligning af gennemsnitligt faktisk forbrug og gennemsnitligt beregnet forbrug for hver type energimærke. Figuren er baseret på en sammenstilling af 230.233 huse med energimærke og 135.443 huse med forbrugsoplysninger som vist i tabel 1. Desuden er spredning omkring gennemsnittet på +/- standardafvigelsen indtegnet for hver søjle for henholdsvis faktisk og beregnet forbrug.

Tabel 1: Antal huse i energimærkedatabasen og for faktisk forbrug som indgår i figur 1 opdelt på typen af energimærke. (NB: rettet tabel i forhold til tidligere udgaver af rapport)

Energi mærke	Antal huse med energimærke	Antal huse med faktisk forbrug
A	4.029 (2 %)	1.214 (1 %)
B	13.422 (6 %)	9.184 (7 %)
C	44.625 (19 %)	30.260 (22 %)
D	66.112 (29 %)	43.919 (32 %)
E	45.539 (20 %)	26.618 (20 %)
F	30.904 (13 %)	15.201 (11 %)
G	25.602 (11 %)	9.047 (7 %)
Total	230.233 (100 %)	135.443 (100 %)

Tabel 2: Gennemsnitligt teoretisk og faktisk forbrug beregnet for hvert energimærke samt spredning omkring gennemsnittet på +/- standardafvigelsen for henholdsvis faktisk og beregnet forbrug. Det er disse tal, der er grafisk afbilledet i figur 1. (NB: rettet tabel i forhold til første udgave af rapport)

Energi-mærke	Teoretisk forbrug (gns.)	Minus std. afv.	Plus std. afv.	Faktisk forbrug (gns.)	Minus std. afv.	Plus std. afv.
A	33,9	-15,9	83,6	100,2	32,1	168,3
B	86,0	-2,5	174,4	107,7	57,0	158,3
C	125,3	77,7	172,9	138,8	73,4	204,2
D	161,4	96,7	226,0	159,0	83,5	234,5
E	195,4	113,2	277,6	171,1	87,1	255,1
F	223,1	122,9	323,4	176,6	84,6	268,6
G	286,1	108,5	463,7	182,5	79,9	285,1
Total	179,8			156,4		

Når det faktiske forbrug sammenholdes med beregnet forbrug, træder det i figur 1 særligt tydeligt frem, at de A-mærkede huse ser ud til at have et faktisk forbrug, der er markant større end beregningerne forudsætter. Da det i en energipolitisk sammenhæng er særligt relevant at forstå denne diskrepans, er der indenfor samme datasæt arbejdet videre særskilt med de nyeste huse.

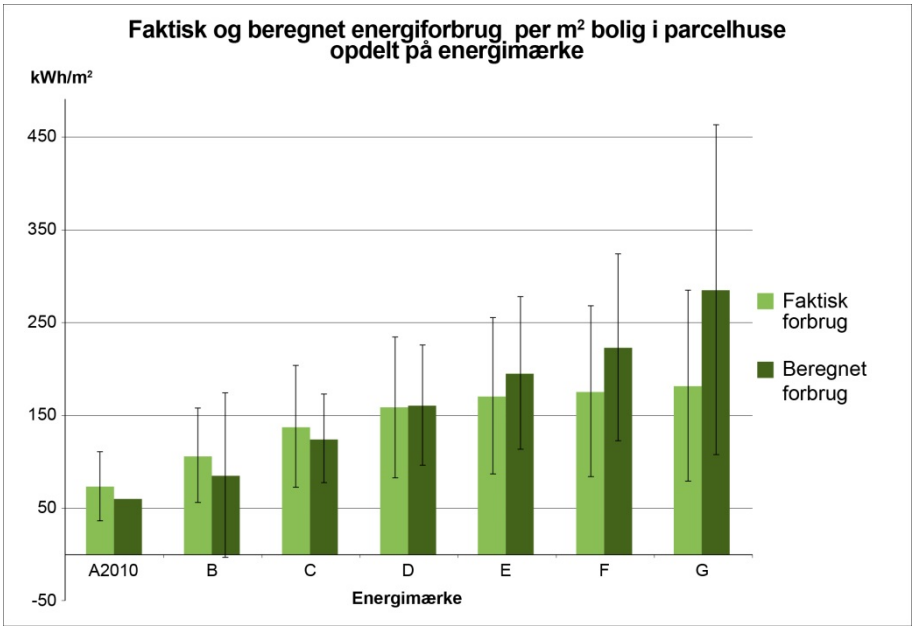
En del af forklaringen bag den store forskel for de A-mærkede huse mellem beregnet og faktisk forbrug kan skyldes, at ældre huse, der er blevet renoveret, kan opnå et væsentligt bedre energimærke ved at få sat solceller op. Det betyder, at huset kan have et A-mærke selv om bygningens energieffektivitet ikke svarer til dette, idet den producerede el fra solcellerne modregnes husets beregnede varmeforbrug. For at komme bag om denne mulige skævhed i datafremstillingen blev der arbejdet videre med de A-mærkede huse i databasen.

I det videre arbejde er alle A-mærkede huse, der er bygget før 2008 (idet B-mærket svarer til BR08 krav) blev fjernet fra databasen. Dermed skulle alle de inkluderede A-mærkede huse være nybyggede. De tilbageværende A-mærkede huse rummer dermed kun huse bygget efter krav i BR10, BR15 og BR20, men da der, som vist i tabel 3, er meget få huse i denne database, der er bygget efter BR15 og BR20 (henholdsvis 38 og 23 huse), er det valgt kun at inkludere BR10 husene i det videre arbejde.

Tabel 3: Nybyggede huse i databasen opdelt på de tre nyeste energimærker med angivelse af antal huse i hver klasse, den typiske varmedel af energirammen for denne energiklasse samt det gennemsnitlige faktiske forbrug og spredning omkring gennemsnittet på +/- standardafvigelsen. Det er tallene for A2010 husene, der indgår i figur 2.

Energimærke	Antal huse	Energiramme (typisk varmedel)	Faktisk forbrug (gns.)	Plus standardafvigelse	Minus standardafvigelse
A2010	311	59	73,7	111,0	36,4
A2015	38	38	71,1	107,4	34,8
A2020	33	33	69,2	111,4	27,0

Fremfor at medtage alle A-mærkede huse i sammenligningen viser figur 2 en fremstilling, hvor de A-mærkede huse kun består af huse bygget efter 2008, som er sammenholdt med energirammen for det bygningsreglement, de er bygget under, dvs. BR10 fremfor med det beregnede forbrug, de har i energimærkedatabasen. Derved undgås det at medregne ældre huse, som er opgraderet til højere energiklasse primært pga. solceller. Med denne øvelse bliver datagrundlaget for de A-mærkede huse noget mindre, som det ses i tabel 2.



Figur 2: Sammenligning af gennemsnitligt faktisk forbrug og gennemsnitligt beregnet forbrug for hver type energimærke med spredningen indtegnet på hver søjle. For de A-mærkede huse er her kun medtaget huse bygget efter 2008 og som er bygget efter BR10. For de øvrige energimærker er alle værdier identiske med de der indgår i figur 1. Fremfor at sammenholde det faktiske forbrug for A2010 huse er disse sammenholdt med den fastsatte energiramme i BR10, hvorfor der her ikke indgår nogen spredning.

Tabel 4: Antal huse i energimærkedatabasen som indgår i figur 2 opdelt på typen af energimærke.

Energimærke	Antal huse	Procent af huse
A2010	311	0,1 %
B	13.422	5,9 %
C	44.625	19,7 %
D	66.112	29,2 %
E	45.539	20,1 %
F	30.904	13,6 %
G	25.602	13,6 %
Total	226.515	100,0 %

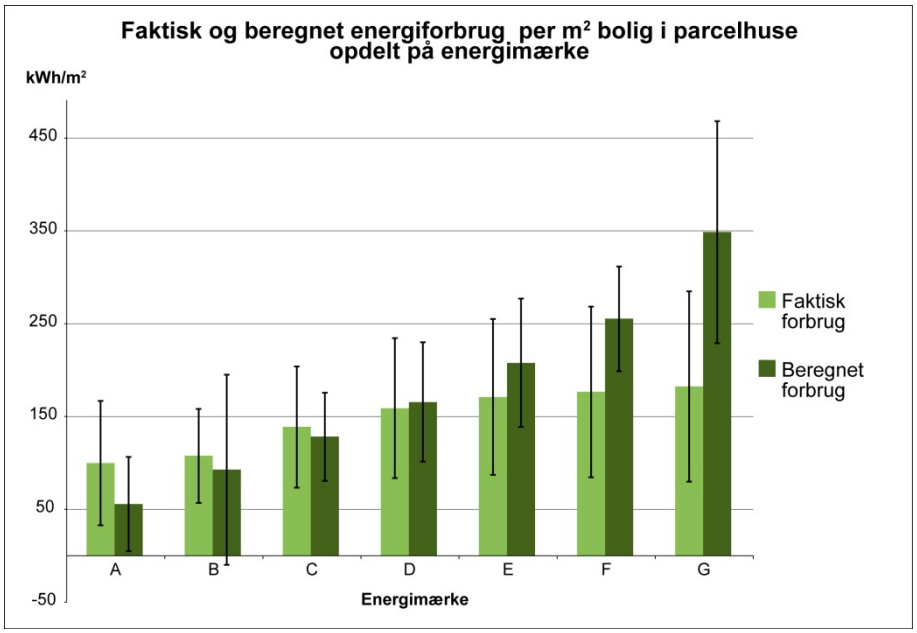
Hvis man interesserer sig for at se særligt på de nyeste huse og sammenholde deres faktiske forbrug i forhold til beregnet forbrug, er det dermed figur 2, som giver det mest retvisende billede. Figur 2 bygger imidlertid på en sammenligning af to forskellige metoder i samme figur, hvilket er vigtigt at være opmærksom på. I figur 2 for de A2010 mærkede huse er beregnet forbrug ikke taget fra energimærkedatabasen, sådan som det er for de øvrige huse, men i stedet er der indsat den typiske varmedel for energirammen, der er gældende for nybyggede huse under BR10. Af samme grund er der heller ikke en spredning på denne søjle. Yderligere analyser af de nyeste huse, og i hvilket omfang de lever op til de forventede lave forbrug, er desuden beskrevet i en anden SBi-rapport (Kragh, 2016). Det konkluderes her, at der er et fald fra B, til A2010, A2015 og A2020 huse, men at faldet i faktisk energiforbrug ikke er så stort, som forventet ud fra de teoretiske beregninger. Dette forklares primært med, at det forventes, at inde-temperaturen er noget højere i de nye huse, end det er forudsat i beregningerne.

En yderligere måde at foretage denne sammenstilling af beregnet og målt energiforbrug er kun at medtage de huse, hvor vi for hvert enkelt hus har både beregnet og målt forbrug. Det vil sige fjerne det antal energimærkede huse fra analysen, hvor vi har et energimærke, men ikke et tilsvarende forbrug. Denne sammenstilling er lavet i tabel 5.

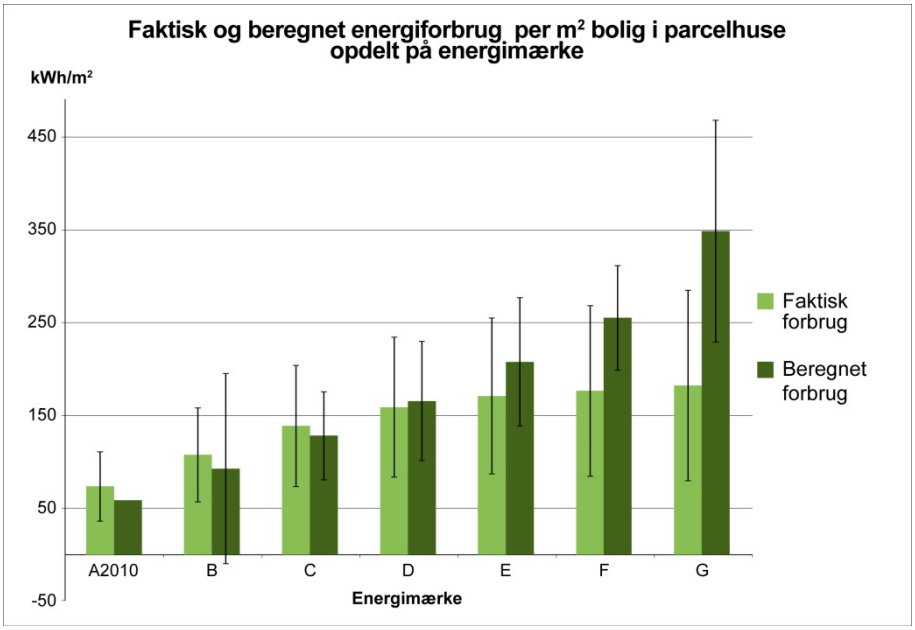
Tabel 5: Gennemsnitligt teoretisk og faktisk forbrug beregnet for hvert energimærke samt spredning omkring gennemsnittet på +/- standardafvigelsen for henholdsvis faktisk og beregnet forbrug. I denne sammenstilling er kun medtaget de huse, hvor vi både har energimærke og energiforbrug (NB: denne tabel indgik ikke i de tidligere udgaver af rapporten)

Energi-mærke	Antal huse	Teoretisk forbrug (gns.)	Minus std. afv.	Plus std. afv.	Faktisk for-brug (gns.)	Minus std. afv.	Plus std. afv.
A	1.205	55,6	4,7	106,5	99,7	32,7	166,7
B	9.166	92,8	-9,6	195,3	107,7	57,1	158,4
C	30.231	128,3	80,7	175,9	138,8	73,3	204,2
D	43.890	165,7	101,4	230,1	159,0	83,5	234,4
E	26.597	208,0	138,8	277,1	171,1	87,1	255,1
F	15.187	255,4	198,9	311,9	176,6	84,7	268,5
G	9.035	348,9	229,3	468,6	182,4	79,8	285,1
Total	135.311	185,4			156,39		

Denne sammenligning af huse, hvor vi både har energimærke og energiforbrug er afbildet grafisk i figur 3, samt i figur 4 hvor vi har lavet den ændring at vi her igen for de nyeste huse kun medtager A2010 huse.



Figur 3: Sammenligning af gennemsnitligt faktisk forbrug og gennemsnitligt beregnet forbrug for hver type energimærke med spredningen indtegnet på hver søjle. I denne figur er der i modsætning til figur 1 kun medtaget de huse hvor vi både har beregnet og faktisk forbrug for hvert enkelt hus. Der indgår 135.311 huse i denne sammenstilling. (NB: denne figur indgik ikke i de tidligere udgaver af rapporten)



Figur 4: Sammenligning af gennemsnitligt faktisk forbrug og gennemsnitligt beregnet forbrug for hver type energimærke med spredningen indtegnet på hver søjle. Denne figur er for mærkerne B, C, D, E, F og G identisk med figur 3, og baserer sig således på en sammenligning af de huse hvor vi har både beregnet og faktisk forbrug for hvert enkelt hus. For de A-mærkede huse er her kun medtaget huse bygget efter 2008 og som er bygget efter BR10. Fremfor at sammenholde det faktiske forbrug for A2010 huse er disse sammenholdt med den fastsatte energiramme i BR10, hvorfor der her ikke indgår nogen spredning. Denne sammenstilling baserer sig på 134.417 huse. (NB: denne figur indgik ikke i de tidligere udgaver af rapporten)

Vi har hermed præsenteret fire forskellige figurer, der svarer på samme problemstilling på lidt forskellige måder, ud fra den måde vi sammenstiller data på. Vi mener ikke, at vi entydigt kan sige, at en figur er mere rigtig end de andre figurer. Vi forholder os derimod primært til, at alle fire figurer viser den samme tendens til, at der i de dårligst energimærkede huse er et væsentligt lavere forbrug end beregningerne forudsætter, hvorimod det modsatte gør sig gældende i de bedst energimærkede huse.

Diskussion af datasammenligningen

Diskussion af spredninger i data

På alle figurer er der en stor spredning på det faktiske forbrug såvel som på beregnet forbrug for hver kategori af energimærke. At det faktiske forbrug til at opvarme en kvadratmeter bolig varierer kraftigt indenfor hver type energimærker er ikke overraskende. Det vides fra en række tidligere studier, at energiforbrug i helt ens bygninger kan variere med flere hundrede procent, og det er således ikke ualmindeligt, at en husstand bruger to til tre gange så meget energi på at varme deres bolig op som deres nabo, selv om bygningerne er identiske (se fx Gram-Hanssen, 2013). At forskellige huse, som har samme energimærke, kan have en tilsvarende variation i faktisk forbrug er derfor ikke overraskende.

Alle figurer viser også en meget stor spredning på beregnet forbrug. Energimærkeskala for en- og flerfamiliehuse er gengivet i tabel 3. Det fremgår her, at et overlap mellem det teoretiske forbrug for to forskellige energimærker bl.a. kan fremkomme, fordi boligens areal indgår i beregningerne. For et G-mærket hus på 100 m^2 er grænseværdien for energiforbrug pr m^2 således 305 kWh/år, hvorimod den for et hus på 200 m^2 kun er på 272,5 kWh/år.

Tabel 6: Energimærkeskala for en- og flerfamiliehuse pr. 8. september 2013. A er det opvarmede etageareal i m². [2]

Energimærke skalatrin	Grænseværdi i kWh/m² år
A 2020	20
A 2015	≤ 30 + 1000/A
A 2010	≤ 52,5 + 1650/A
B	≤ 70 + 2200/A
C	≤ 110 + 3200/A
D	≤ 150 + 4200/A
E	≤ 190 + 5200/A
F	≤ 240 + 6500/A
G	> 240 + 6500/A

En del af den variation, der ses på beregnet forbrug indenfor hver energimærkekategori, kan imidlertid også skyldes fejlbehæftede energimærker, idet der har været kritik af kvaliteten af energimærkerne. Ved stikprøvekontrol fra Energistyrelsen er der således fundet fejl i op til en tredjedel af alle udførte mærker (Energistyrelsen, 2014, 2015). Når der ses specifikt på beregnet forbrug for A- og B-mærkede huse ses det, at spredningen inkluderer huse med beregnet negativt energiforbrug. Den mulige forklaring på dette formodes, udover eventuelle fejl, at være, at der modregnes energiproduktion fra VE-anlæg på huset, typisk solceller.

Generel usikkerhed i metode og data

Metoden med at sammenligne de to datasæt rummer en række mulige fejlkilder og usikkerheder, udover hvad der overfor er fremhævet for at forklare den store spredning over gennemsnittet. For det første er nogle af energimærkerne udstedt op til 6 år før det år, som vi bruger til at sammenligne faktisk varmeforbrug med. Der er således en mulighed for, at huset siden er blevet energirenoveret og det registrerede energimærke ikke repræsenterer husets energitilstand længere. Da huse, der renoveres, kun kan få et bedre energimærke og ikke et dårligere, så ville dette potentielt betyde, at enkelte af husene i analysen reelt har et bedre energimærke, end det fremgår i vores data. I disse tilfælde ville det betyde, at den reelle forskel mellem beregnet og faktisk forbrug ville være mindre end det fremgår af figur 1 og 2 for de dårligt energimærkede bygninger, mens det omvendt for de bedre energimærkede bygninger vil betyde, at forskellen vil være endnu større end det fremgår af figurerne.

En anden oplagt fejlkilde er de direkte fejl og mangler, som hvert af de to datasæt måtte indeholde. Som nævnt under databeskrivelsen og i diskussionen af variationen af beregnet forbrug, så er særligt de ældste energimærker fejlbehæftede, og vores fejlfinding har kun fjernet åbenlyst ugyldige data.. Der er imidlertid ikke umiddelbart nogen grund til at tro, at disse øvrige fejl vil være systematiske, hvilket betyder at den samlede tendens, som figur 1-4 viser, ikke forventes at forrykke sig som følge af disse fejl. Data for det faktiske forbrug kan ligeledes indeholde fejl. Der er foretaget en fejlfinding ved at fjerne ekstreme værdier for at mindske disse fejl. Der gælder ligeledes for disse mulige fejl, at de ikke forventes at være systematiske, og at de derfor ikke påvirker den generelle tendens som vist i figur 1-4.

I vores sammenligning bruger vi data for ét år, nemlig 2012. Vi ved, at der er variation i forbruget fra år til år, og en anden metode kunne have været at bruge et årsforbrug, der var midlet over flere år. Den variation der måtte væ-

[2] Værdier i tabel 6 er taget fra http://boligejer.dk/energimaerkeberegningen

re fra det ene år til det næste, er imidlertid ikke noget vi vurderer der systematisk påvirker den tendens som vises i figur 1-4.

Ved sammenligning af de to datasæt er et muligt problem endvidere, at hvert datasæt indeholder en angivelse af boligens areal i kvadratmeter, og at dette areal ikke er identisk i de to datasæt. Det er velkendt, at BBR-registrets arealangivelse ikke altid er præcist og opdateret, ligesom den angivelse af arealet, som foretages i forbindelse med udarbejdelsen af energimærket, kan være fejlbehæftet. Det er derfor ikke muligt at afgøre, hvilken arealangivelse der i givet fald er den mest korrekte. Fejlene forventes ikke at være systematiske og forventes dermed ikke at påvirke den generelle tendens, som ses i figur 1-4.

En væsentlig fejlkilde er, at den opvarmning, der er registreret i vores database som det faktiske forbrug, kun indeholder den energi, der er leveret af fjernvarme-, gas- og olieleverandører. Det er således muligt, at husstanden supplerer denne opvarmning med en anden varmekilde, som ikke indgår i vores analyser, typisk brændeovne, men også el-paneler eller luft-til-luft varmepumper. Denne fejlkilde kan tænkes i højere grad at gælde for de dårligst isolerede huse fremfor de nyeste. Vi ved dog, at folk også har brændeovne i helt nybyggede lavenergihuse og at brugen af brændeovn i høj grad hænger sammen med opfattelsen af, og ønsker om, hygge (Petersen & Martinsen, 2008), og der må derfor forventes at være brændeovn i såvel nybyggede som ældre boliger. Denne fejlkilde kan således forklare en mindre del af den meget store forskel mellem beregnet og faktisk forbrug, særligt for de dårligst isolerede huse. Fejlkilden kan imidlertid også give anledning til, at forskellen i de bedst isolerede huse er større end det, figur 1-4 viser.

En sidste mulig fejlkilde ved sammenligningen af teoretisk beregnet forbrug og faktiske forbrug er, at de teoretiske beregninger ikke er udviklet til at forudsige et faktisk forbrug, og der kan derfor stilles spørgsmål ved at foretage en sammenligning. Da der imidlertid i offentligheden og indenfor byggesektoren er en dårlig forståelse af, at det teoretisk beregnede forbrug ikke skal tages som udtryk for det faktiske forbrug, kan det være illustrativt at lave denne sammenligning. Vi mener desuden, at sammenligningen kan bruges til at rejse en bredere diskussion af sammenhængen mellem bygningens tekniske udformning og den måde beboerne bruger boligen. Desuden kan sammenligningen også bruges til at fremhæve, at brugernes praksis er mindst lige så vigtig for det endelige energiforbrug som den tekniske energieffektivitet af bygningen.

Diskussion af tendenser

På trods af de usikkerheder som figur 1-4 indeholder, så mener vi, at alle figurer viser en klar tendens, som er yders relevant og interessant i et samfundsperspektiv. Det ses således, at husstande i de mindst energieffektive huse udviser en klar tendens til at bruger mindre energi end de teoretiske beregninger forudsætter, hvorimod husstande i de nyeste, mest energieffektive huse bruger mere energi end forudsat i de teoretiske beregninger. Sammenligningen peger dermed på, at en bygnings energieffektivitet påvirker den adfærd, husstanden har i forhold til opvarmning, og vel at mærke påvirker den i den "forkerte retning". Det vil sige, at jo mere energieffektivt huset bliver, jo mindre energibesparende bliver beboernes adfærd.

At der ikke er tættere sammenfald mellem beregnet forbrug og det faktiske forbrug er ikke nogen overraskelse, som det allerede blev fremhævet i indledningen. Beregnet forbrug skal sige noget om en bygnings energieffektivitet og skal gøre det muligt at sammenholde forskellige bygningers energieffektivitet uafhængigt af, hvem der bor der. Ved beregningerne tages der derfor udgangspunkt i en række standard forudsætninger for beboernes ad-

færd, såsom en ensartet opvarmning af hele boligen til en bestemt temperatur samt et bestemt luftskifte. Husstande kan, som sagt, have meget forskellig opvarmningsadfærd, inklusiv meget forskelligt varmtvandsforbrug, og de kan desuden supplere deres opvarmning med en anden varmekilde, som ikke indgår i vores analyser. Yderligere analyser af variationen i husstandes forbrug indenfor samme energimærke, og hvordan disse hænger sammen med socio-demografiske beskrivelser af husstanden kunne være relevante for at belyse dette yderligere. UserTEC projektet vil på forskellige måder udfolde sådanne analyser på baggrund af data brugt i denne rapport samt andre register- og surveydata.

Det manglende sammenfald mellem beregnet og faktisk forbrug er derfor i høj grad forventeligt, og tilsvarende analyser er lavet på baggrund af data for hollandske huse (Majcen, Itard, & Visscher, 2013). Det interessante i såvel vores data som i tilsvarende internationale data er derfor den meget tydelige tendens til, på tværs af det store antal huse, der indgår i analyserne, at i de dårligt isolerede huse, bruger folk mindre energi end forudsat, hvorimod de i de mest energieffektive huse bruger mere energi end forudsat. Tendensen er både markant og energipolitisk relevant, og i det følgende vil vi gå nærmere ind på, hvordan denne tendens kan forklares samfundsvidenskabeligt.

Samfundsvidenskabelig forklaring og analyse

Hvor udgangspunktet for de teoretiske beregninger er at lave en objektiv beskrivelse af husets energieffektivitet uafhængigt af, hvem der bor i det og hvordan de bruger det, så er udgangspunktet i en socio-teknisk tilgang, at man nærmere vil forvente, at der er en sammenhæng mellem sociale og tekniske strukturer. På baggrund af den socio-tekniske litteratur vil man netop tage udgangspunkt i, at beboernes opvarmningsadfærd også (men ikke udelukkende) hænger sammen med den tekniske udformning af deres bolig.

Vi vil i det følgende fremhæve diskussioner og resultater fra socio-tekniske studier af opvarmningsadfærd, som på forskellige måder kan underbygge og forklare den tendens, som de to figurer viser.

Rebound og prebound effect

Indenfor økonomisk teori har man længe opereret med det fænomen, som vi i dag kalder "rebound effect". I en introduktion til rebound effect indenfor boligopvarmning fremstiller Ray Galvin den historiske baggrund, hvor man helt tilbage i den industrielle kul-alders fødsels i 1860'erne omtalte Jevons paradox, som var, at jo mere effektiv man blev i udnyttelsen af kul, jo mere kul blev der brugt (Galvin, 2015). I 1980'erne beskriver Galvin, at begrebet blev kaldt backfire af Khazzom i en økonomisk tilgang, der beskrev, hvordan den energieffektivisering, der fulgte 1970'ernes energikrise, ikke resulterede i et lavere energiforbrug men i højere niveauer af og et større antal energiservicer. Endelig i 1990'erne blev den almindeligste betegnelse indenfor energiøkonomien at omtale fænomenet som rebound effect (Galvin, 2015). I en ren økonomisk forståelse handler det om, at når man sparer ved at effektivisere, så får man samtidig mulighed for at bruge noget mere, enten indenfor samme område som man har sparet, kaldet direkte rebound effect eller indenfor et andet område, kaldet indirekte rebound effect. Hvis man sparer på varmen ved en energieffektivisering af sin bolig, kan man fx enten bruge besparelsen til at varme boligen op til en højere temperatur eller til at tage på en lang flyvetur i sin sommerferie. I denne rene økonomiske forståelse, er det dét, at man har fået flere penge mellem hænderne som følge af besparelsen, som gør at man forbruger noget mere. Man kan imidlertid også inddrage mere psykologiske eller sociologiske forklaringer på det øgede forbrug.

I en analyse af danske parcelhuse der ændrede opvarmningsform fra direkte el-opvarmning med el-paneler til at bruge luft-til-luft varmepumper, viste det sig, at ca. 20 % af den besparelse, som man på baggrund af teoretiske beregninger ville forvente at få, ikke blev opnået, men i stedet blev omsat til øget komfort (Gram-Hanssen, Christensen, & Petersen, 2012). Gennem spørgeskemaundersøgelse og kvalitative interview blev det her beskrevet, hvordan nogle beboere som tidligere havde været mere opmærksomme på at spare på varmen, i og med at de fik en mere energirigtig opvarmningsform, også fik et mere afslappet forhold til det at spare på varmen. Rebound effect kan dermed også forstås som andet end en simpel økonomisk mekanisme. Ligegyldigt hvilken type forklaring man knytter til fænomenet, så er eksistensen af det veldokumenteret i adskillige studier, hvorimod der dog ikke er helt enighed om størrelsen af rebound effect. I et review studie, hvor

resultater fra en række undersøgelser sammenfattes, konkluderes det således, at der må forventes at være en rebound effect indenfor boligopvarmning på ca 20 % (Sorrell, Dimitropoulos, & Sommerville, 2009), hvorimod Galvin i en senere sammenfatning mener, at der kan være en rebound effect på helt op til 50 % (Galvin, 2015). Det betyder altså, at mellem 20 % og halvdelen af den besparelse, som man teoretisk set skulle kunne opnå, ikke nås, idet besparelsen omsættes til fx højere temperaturer, længere fyringssæson, et større opvarmet areal mm.

Rebound effect opstår, når man sammenligner en før-situation med en efter-situation, hvor der er foretaget en energieffektivisering. I tolkningen af figur 1-4 i foregående afsnit er der ikke tale om en direkte sammenligning af en før- og en efter-situation, og begrebet kan derfor ikke direkte bruges til at forklare figurerne med. Indirekte kan den dog bruges til at forklare, at hvis man vil renovere et hus fra en klasse G til en klasse D, så må man forvente, at en væsentlig del af den forventede besparelse vil blive omsat til øget komfort.

I forlængelse af diskussionen om rebound effect er der også blevet introduceret et andet begreb, nemlig ”prebound effect” (Sunikka-Blank & Galvin, 2012). Prebound effect kan også forklare en del af det fænomen, der fremgår af figur 1-4. Forfatterne bag prebound effect begrebet dokumenterer, at de teoretiske beregninger, der bruges til at fastlægge energiforbruget i ældre dårligt isolerede boliger, er stærkt fortegnet i forhold til de faktiske forbrug. Og som de konkluderer, så har det store energipolitiske konsekvenser, for man kan ikke sparer mere, end man faktisk forbruger. Det bliver et problem, når virkemidler til at fremme energirenovering tager udgangspunkt i, at opvarmningsforbruget er væsentlig større, end det faktisk er.

Historiske og kulturelle studier af opvarmning

En anden tilgang til at forstå figur 1-4 er at inddrage en bredere kulturel og sociologisk tilgang til, hvad det vil sige at opvarme sin bolig. I et studie, der sammenlignede opvarmning i japanske og norske boliger, blev det vist, hvordan kultur, boligindretning, opvarmningsform og forståelsen af komfort er vidt forskellig i de to lande (Wilhite, Nakagami, Masuda, Yamaga, & Haneda, 1996). De norske boligers opvarmningsform er nok ikke så forskellig fra vores, hvorimod man i de japanske boliger fx i meget højere grad primært opvarmer lige præcist det sted, man opholder sig fremfor hele rummet eller hele boligen. Studiet peger dermed på, at hvad der opfattes som komfortabelt i forhold til indetemperatur, således hverken er et rent individuelt spørgsmål eller kan henføres til et universelt og objektivt givet temperaturniveau, der kun hænger sammen med påklædning og aktivitetsniveau. Samtidigt viser studiet også, hvordan forskellige komfortkulturer hænger sammen med forskelle i bygningernes design og tekniske udformning.

Et historisk studie omkring udviklingen af komfortnormer i samspil med udviklingen af moderne boliger og energiinfrastruktur fremhæver den samme forståelse. Her bliver det vist, hvordan udviklingen af byggetekniske normer for, hvad en bygning skal kunne levere, fx omkring energieffektivitet, over tid også har indvirkning på, hvad vi alle sammen opfatter som det normale, almindelige og behagelige, og dermed på hvad det er, vi som forbrugere kollektivt efterspørger (Shove, 2003). Indenfor det, der kaldes praksisteoretiske tilgange til energiforbrug, er denne tankegang senere taget et skridt videre ved at pege på, at hvis vi skal gøre noget ved energiforbruget, så er det ikke ved at fokusere på individet og forsøge at påvirke den enkeltes energiadfærd. I stedet skal vi i højere grad fokusere på de kollektive strukturer, som

fx de tekniske strukturer omkring bygningers udformning, da de er med til at forme vores fælles måde at udvikle praksisser på (Shove & Walker, 2014). Denne tankegang passer særligt godt til at diskutere baggrunden for og problemerne med det, figur 1-4 viser.

Formålet med bygningsreglementets bestemmelser i forhold til energiforbrug er, som beskrevet, at drive en udvikling mod en stadigt mere energieffektiv bygningsmasse. Tankegangen er, at dette dermed også vil føre til energibesparelser i forhold til rumopvarmning. Denne tankegang bygger imidlertid på den antagelse, at man ikke behøver at interessere sig for brugen af bygninger, og at der ingen sammenhæng er mellem brugen af bygningen og udformningen eller energieffektiviteten af bygningen. Som beskrevet i dette afsnit, er der imidlertid god grund til at forvente, at der netop er en sammenhæng mellem den tekniske udformning af bygningerne og brugernes praksis. Figur 1-4 kan dermed tolkes således, at det, vi ser, er, at bygningsreglementet påvirker bygningerne i retning mod stadigt mere energieffektivitet, men at det også samtidigt påvirker brugerne i retning af en stadigt mere energiforbrugende adfærd.

Vores tolkning af figur 1-4 er, at husstande (gennemsnitligt set) ændrer adfærd alt efter, hvilken bolig de bor i. Og det er egentlig ikke så overraskende. Hvis man bor i et gammel utæt hus, så tilpasser man sig ved fx at tage varmere tøj på og kun opvarme huset delvist, hvorimod husstande i helt nye lavenergihuse holder op med at tænke over deres forbrug og skruer op for varmen, så de kan gå i sommertøj hele året.

Energipolitiske konsekvenser

Spørgsmålet er, hvilke energipolitiske konsekvenser disse analyser lægger op til? Det er vigtigt at bemærke, at figur 1-4 viser, at det faktiske energiforbrug per kvadratmeter bolig er faldende fra de dårligst til de bedst isolerede huse. Konklusionen er altså ikke, at bygningsreglementets energieffektiviseringer ikke nytter noget, men dog at effekten ikke er så stor, som forventet. Spørgsmålet er imidlertid, om yderligere stramninger i samme retning fremadrettet vil være den bedste løsning eller om vi teknisk er kommet så langt, som det er fornuftigt og vi hellere skal kigge på andre typer løsninger, herunder hvilken betydning brugerne har, og hvordan rebound effect undgås eller mindskes?

Spørgsmålet må derfor være, om man kan bruge denne viden om ændret brugerpraksis til at arbejde med bygningsreglementets fremtidige krav på en måde, som i højere grad tænker betydningen af brugerne ind i reguleringen? Alternativt, om det hellere skal være en anden type regulering end bygningsreglementet, der skal søge at gøre dette?

Vi har ikke svaret på dette spørgsmål, men vil gerne lægge op til debat, hvor udgangspunktet bør være viden om, hvad der har betydning for, at brugerne ændrer deres adfærd. I dette afsnit har vi beskrevet, hvordan brugeradfærd ikke primært bør opfattes som noget individuelt eller som noget, der kan defineres objektivt, men i højere grad ses som en kollektiv kultur, der udvikles omkring, hvad der opfattes som det normale og det acceptable. Vi har også argumenteret for, at en del af det, der bidrager til at konstruere denne kollektive kultur, er tekniske normer og reguleringer som fx bygningsreglementet. Indirekte kan bygningsreglementet ses, som en del af de strukturer, der styrer kollektive normer for inde-komforttemperaturer i retning mod stadig højere komfort i form af højere temperaturer.

Udviklingen af kollektive normer for og praksis knyttet til komfort relaterer sig ikke kun til de tekniske strukturer, men skal i mindst lige så høj grad ses i sammenhæng med de sociale strukturer, og hvordan vi taler sammen omkring varme og komfort. Her kan det være problematisk, at den måde energieffektiviteten ofte bliver markedsført overfor brugere og boligejere er med budskabet om både øget komfort *og* energibesparelser, men man glemmer ofte i denne markedsføring at fortælle, at de to ting hænger sammen; At den øgede komfort vil være på bekostning af energibesparelserne. Et nyligt studie omkring salg, markedsføring og installation af varmepumper i private boliger fremhæver netop, hvordan salgs- og installationspersonale ubevidst kan være med til at skabe nye normer for øget komfort ved brug af varmepumpen, og dermed indirekte bidrage til at de teknisk mulige energibesparelser ikke bliver nået (Gram-Hanssen et al, in press). Modsat er der også set eksempler på at modgå denne tendens. Videncenter for energibesparelser i bygninger har fx udgivet en pjece, som håndværkere kan bruge i deres dialog med boligejere, som overvejer at energirenovere. Budskabet er her, at de teoretiske beregninger ikke skal forveksles med det reelle forbrug og at besparelserne aldrig kan blive større, end forbruget faktisk er, samt at brugerne skal være opmærksomme på deres egen adfærd, hvis de vil opnå reelle besparelser.[3]

Når både boligejere og byggesektoren er overraskede over den manglende overensstemmelse mellem beregnet og faktiske forbrug, så kan dette meget vel hænge sammen med, at både myndigheder og forskere ikke har været tydelige i deres kommunikation omkring formål og anvendelighed af disse teoretiske beregninger.

Desuden kan man argumentere for, at dele af bygningsreglementet, som omhandler rentabilitets beregninger og som tager udgangspunkt i beregnet forbrug, strækker brugen af disse teoretiske beregninger ud over, hvad der er hensigtsmæssigt. Rentabilitet for den enkelte boligejer vil altid hænge sammen med et reelt forbrug og ikke et teoretisk forbrug, der som vist i figur 1-4 oftest vil være væsentligt højere end det faktiske forbrug for de ældre boliger som man ønsker at renovere.

[3] www.byggeriogenergi.dk/media/1233/adfaerd.pdf

Konklusion

Denne rapport har sammenlignet teoretisk beregnet energiforbrug for ca. 230.000 danske parcelhuse og faktisk energiforbrug for ca. 135.000 parcelhuse. Sammenligningen viser, på trods af en række usikkerheder, at der er en tydelig tendens til, at beboere i huse med lav energieffektivitet har et væsentligt lavere forbrug end beregningerne forudsætter, og at beboere i huse med høj energieffektivitet har et væsentligt højere energiforbrug end beregningerne forudsætter.

Det er ikke overraskende, at der ikke er sammenfald mellem teoretiske og faktiske forbrug. De teoretiske beregninger er netop udviklet til at kunne sige noget om bygningen uafhængigt af brugen af den, og ikke til at forudsige brugen. Kommunikationen omkring dette har imidlertid ikke altid været tydelig, og der har derfor i sektoren og blandt bygningsejere ofte være overraskelse og forvirring omkring dette.

Sammenligningen i denne rapport viser imidlertid ikke kun, at der ikke er sammenfald mellem det teoretiske og det faktiske forbrug, men den peger i særdeleshed på, at der er en systematisk afvigelse, hvor de dårligst isolerede huse har et klart mindre forbrug og de bedst isolerede huse har et højere forbrug end beregnet. Denne systematiske afvigelse peger dermed mod en sammenhæng mellem brugeradfærd og bygningens energieffektivitet. Denne sammenhæng kan forklares ud fra en samfundsvidenskabelig forståelse af, at brugeradfærd udvikles kollektivt og i sammenhæng med både sociale og tekniske strukturer. Bygningsreglementets understøtning af stadigt mere energieffektive bygninger kan dermed samtidigt ses som en indirekte og delvist understøtning af en udvikling af en kollektiv komfortkultur i retning mod højere inde-temperaturer.

Rapporten peger dermed på, at vi energipolitisk ikke kun skal interessere os for at fremme energieffektiviteten af vores boliger. Vi skal også samtidig se på, hvordan kollektive normer for, hvad der er normalt og acceptabelt udvikler sig over tid i retning af stadigt mere energiforbrugende praksisser. En måde at gøre det på er at undersøge, om man gennem bygningsreglementet og andre energipolitiske tiltag kan fremme energieffektive løsninger, som i mindre omfang end hidtil set vil følges af en rebound effect. En anden måde at gøre det på er at undersøge, hvilke sociale mekanismer der følger med og ligger bag udviklingen af denne komfortkultur, og hvordan der kan arbejdes energipolitisk med at påvirke disse sociale strukturer og mekanismer i en mindre forbrugende retning.

Stramninger i bygningsreglementets energibestemmelser i de seneste årtier har medført en væsentlig energieffektivisering af nybyggeri og har også ført til et reelt lavere energiforbrug per kvadratmeter bolig i nye bygninger. Denne rapport peger imidlertid på, at fortsatte stramninger måske ikke er den væsentligste vej mod flere energibesparelser i vores bygninger. Ligeledes kan der sættes spørgsmålstegn ved den måde, der beregnes rentabilitet på både i forhold til lovgivning om, hvilke energieffektiviseringer der *skal* gennemføres ved øvrige renoveringer og hvilke der i energimærkningen til nye ejere anbefales gennemført. For eksempel kunne man åbne op for, at rentabilitets beregninger skal udføres både med udgangspunkt i teoretiske og i faktiske førforbrug, samt at der i rentabilitetsberegningerne vises effekten af, hvis der er en 20 % rebound effect, og hvis der ingen ændringer er i komfortvaner.

Referencer

Christensen, T. H., Jensen, J. O. & Gram-Hanssen, K. (2013). *Overholdelse af kravene i bygningsreglementet*. SBI forlag. Hentet fra http://vbn.aau.dk/en/publications/overholdelse-af-kravene-i-bygningsreglementet(98e944f5-484d-4db0-8ce7-ec64cf855fb9).html

Energistyrelsen. (2014). Energistyrelsen strammer kravene til energikonsulenter. Hentet 30. marts 2015, fra http://www.ens.dk/info/nyheder/nyhedsarkiv/energistyrelsen-strammer-kravene-energikonsulenter

Energistyrelsen. (2015). *Handlingsplan for bedre energimærkning*. Energistyrelsen. Hentet fra http://www.ens.dk/soeg?s=kritik+af+energim%C3%A6rker

Galvin, R. (2015). *The Rebound Effect in Home Heating: A guide for policy-makers and practitioners*. Routlegde.

Gram-Hanssen, K., Heidenstrøm, N., Vittersø, G., Madsen, L. V. & Jacobsen M.H. (in press) Selling and installing heat pumps: influencing household practices. Building Research and Information. DOI: 10.1080/09613218.2016.1157420

Gram-Hanssen, K. (2013). Efficient technologies or user behaviour, which is the more important when reducing households' energy consumption? *Energy Efficiency*, *6*(3), 447–457. Hentet fra http://doi.org/10.1007/s12053-012-9184-4

Gram-Hanssen, K. (2015a). Energiforbrug i de renoverede boliger - betydningen af brugernes hverdagspraksis. *Baeredygtige Byer & Bygninger*, (Juni). Hentet fra http://vbn.aau.dk/da/publications/energiforbrug-i-de-renoverede-boliger--betydningen-af-brugernes-hverdagspraksis(1a25729b-16f2-42e1-a9d4-6bca7dc4b0f7).html

Gram-Hanssen, K. (2015b). Hverdag i det topisolerede hus. *Råstof*. Hentet fra http://vbn.aau.dk/da/publications/hverdag-i-det-topisolerede-hus(bf2eba1a-a43c-4273-9259-5703fd9083d5).html

Gram-Hanssen, K., Christensen, T. H. & Petersen, P. E. (2012). Air-to-air heat pumps in real-life use: Are potential savings achieved or are they transformed into increased comfort? *Energy and Buildings*, *53*, 64–73. Hentet fra http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.06.023

Klimarådet. (2015). *Omstilling med omtanke. Status og udfordringer for dansk klimapolitik* (No. 1). Hentet fra http://www.xn--klimardet-b3a.dk/da/rapporter

Kragh, J. (2016). *Varmeforbrug I Nye Bygninger opført I perioden 2010 - 2013*. Hentet fra http://vbn.aau.dk/da/publications/varmeforbrug-i-nye-bygninger-opfoert-i-perioden-2010--2013(24ca2d35-4128-4f71-a6db-f96ee5868094).html

Majcen, D., Itard, L. C. M. & Visscher, H. (2013). Theoretical vs. actual energy consumption of labelled dwellings in the Netherlands: Discrepancies and policy implications. *Energy Policy*, *54*, 125–136. Hentet fra http://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.11.008

Petersen, L. & Martinsen, L. (2008). *Brændefyring i hjemmet - praksis, holdninger og regulering*. Danmarks Miljøundersøgelser, AU 51 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 668. Hentet fra http://dce.au.dk/udgivelser/udgivelser-fra-dmu/dmunyt/2008/12/braendefyring/

Shove, E. (2003). *Comfort, Cleanliness and Convenience: The Social Organization of Normality*. Oxford: Berg.

Shove, E. & Walker, G. (2014). What Is Energy For? Social Practice and Energy Demand. *Theory, Culture & Society*, *31*(5), 41–58. Hentet fra http://doi.org/10.1177/0263276414536746

Sorrell, S., Dimitropoulos, J. & Sommerville, M. (2009). Empirical estimates of the direct rebound effect: A review. *Energy Policy*, *37*(4), 1356–1371. Hentet fra http://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.11.026

Sunikka-Blank, M. & Galvin, R. (2012). Introducing the prebound effect: the gap between performance and actual energy consumption. *Building Research & Information*, *40*(3), 260–273. Hentet fra http://doi.org/10.1080/09613218.2012.690952

Wilhite, H., Nakagami, H., Masuda, T., Yamaga, Y. & Haneda, H. (1996). A cross-cultural analysis of household energy use behaviour in Japan and Norway. *Energy Policy*, *24*(9), 795–803. Hentet fra http://doi.org/10.1016/0301-4215(96)00061-4

I denne rapport sammenlignes teoretisk beregnet og målt energiforbrug for danske parcelhuse. Sammenligningen viser en klar sammenhæng mellem brugeradfærd og bygningens energieffektivitet: Jo mere energieffektivt vi bor, jo mindre sparer vi på energien. Denne sammenhæng diskuteres og forklares ud fra en samfundsvidenskabelig forståelse af brugeradfærd. Rapporten peger på, at fortsatte stramninger i bygningsreglementet ikke nødvendigvis er den væsentligste vej mod fortsatte energibesparelser i vores bygninger.

3. udgave, 2016
ISBN 978-87-563-1760-3