

Hensiktsmessige varme- og kjøleløsninger i bygninger

Del 1 – Bygningers effekt- og energi-behov til oppvarming og kjøling

Del 2 – Vurdering av dagens krav til termisk energiforsyning i bygninger



På oppdrag for:

MARS 2013
ENOVA SF

Hensiktsmessige varme- og kjøleløsninger i bygninger

Del 1 – Bygningers effekt- og energibehov til oppvarming og kjøling

Del 2 – Vurdering av dagens krav til termisk energiforsyning i bygninger

OPPDRAGSNR. 139103
DOKUMENTNR. A
VERSJON 09
UTGIVELSESDATO 19.03.2013
UTARBEIDET Jørn Stene, Ole Øiene Smedegård
KONTROLLERT Dagfinn Bell
GODKJENT Arnt Skog

INNHOOLD

1	Forord	9
2	Sammendrag og konklusjon	10
3	DEL 1 – Bygningers effekt-/energibehov til oppvarming og kjøling	15
3.1	Varmebehov	15
3.1.1	Temperaturavhengig varmebehov	15
3.1.2	Temperaturuavhengig varmebehov	16
3.1.3	Visualisert varmeeffektbehov	17
3.2	Metode	20
3.2.1	Bygningstypene	20
3.2.2	Byggjestandard	21
3.2.3	Klimasonene	24
3.2.4	Varighetsdiagram	26
3.2.5	Eksempel – effekt-varighetsdiagram	28
3.3	Analyse av resultatene	30
3.3.1	Byggjestandard	30
3.3.2	Bygningstypene	32
3.3.3	Internlast, varmetilskot, dim. effektbehov	32
3.3.4	Nattsinking	35
3.3.5	Klimasonene	36
3.3.6	Spesifikt varmebehov	37
4	DEL 2 – Vurdering av dagens krav til termisk energiforsyning i bygninger	40
4.1	Innledning	40
4.2	Status – forskrifter, EU-direktiver osv.	41
4.2.1	Teknisk forskrift (TEK10)	41
4.2.2	Norsk Standard – lavenergihus og passivhus	44
4.2.3	Energimerkeordningen – energiattest	45
4.2.4	Økodesign-direktivet/-forskriften	49

4.2.5	Breeam-sertifisering av bygninger	50
4.2.6	Klimameldingen – fossile brenslers	52
4.2.7	Energi- og effektflexibilitet	53
4.3	Vurdering av framtidige funksjonskrav for varme- og kjølesystemer i bygninger	58
4.3.1	Energidekningsrad	59
4.3.2	Teknisk utførelse av varme- og kjøleanlegg	60
4.3.3	Dokumentasjon av reell energiytelse	61
4.3.4	Dimensjonering av varmesystemer	64
4.3.5	El.varme i spisslastsystemer	67
4.3.6	Virkningsgrad for spisslastsystemer	69
4.3.7	Dimensjonering av kjølesystemer	70
5	Referanser	72
6	Vedlegg A – Dimensjonering av varmesystemer, grunnlast og spisslast	75
7	Vedlegg B – Beskrivelse av utstyr og systemer for varmeleveranse	79
7.1	Bioenergi	80
7.1.1	Vedovner	80
7.1.2	Vedkjeler	81
7.1.3	Pellets-kaminer	81
7.1.4	Pellets-kjeler	82
7.1.5	Flisfyringsanlegg	82
7.2	Varmepumper	83
7.2.1	Innledning	83
7.2.2	Uteluft/luft-aggregater ("monosplit")	84
7.2.3	Uteluft/luft-aggregater (VRV, "multisplit")	85
7.2.4	Uteluft/vann-aggregater (mindre anlegg)	85
7.2.5	Uteluft/vann-aggregater (større anlegg)	86
7.2.6	Ventilasjonsluft/luft-aggregater	87
7.2.7	Ventilasjonsluft/vann-aggregater	87
7.2.8	Væske/vann-aggregater (mindre anlegg)	88
7.2.9	Væske/vann-varmepumper (større anlegg)	89
7.3	Solvarme	89
7.4	Direktevirkende elektrisk oppvarming	90
7.4.1	Panelovner, varmelister, oljefylte radiatorer	91
7.4.2	El. varmekabler – elektrisk varmematte	92
7.4.3	El. varmebatterier – el. strålevarmepaneler	92
7.4.4	Elektriske varmekolber, el.kassetter	92
7.4.5	Elektrokjel – elementkjeler	93
7.4.6	Elektrokjel – elektrodekjeler	93

7.5	Gass	94
7.5.1	Gassovner	95
7.5.2	Gasspeiser	95
7.5.3	Gasskjeler	95
7.6	Olje	96
7.6.1	Støpejernskjeler og platekjeler	97
7.7	Fjernvarme og nærvarme	98
8	Vedlegg C – Beskrivelse av utstyr og systemer for kjøleleveranse	100
8.1	Elektrisk drevne kjøleanlegg	101
8.1.1	Uteluft/luft-aggregater ("monosplit")	101
8.1.2	Uteluft/luft-aggregater (VRV, "multisplit")	101
8.1.3	Ventilasjonsluft/luft-aggregater	102
8.1.4	Uteluft/vann-aggregater (isvannsmaskiner)	102
8.1.5	Væske/vann-aggregater (isvannsmaskiner)	102
8.2	Termisk drevne kjøleanlegg (absorpsjon)	103
8.3	Frikjøling (fornybar kjøling)	103
8.4	Spisslastkjøling – PCM kjølelager	103
9	Vedlegg D – termisk energibehov, energibruk og varmesystemer	104
9.1	Elektrisitet som energibærer i Norge	104
9.2	Termisk energibehov – oppvarming, kjøling	105
9.3	Energibehov og energibærere i bygninger	108
9.3.1	Boligbygg	108
9.3.2	Yrkesbygg	109
9.4	Varmesystemer i boliger	109
9.5	Varmesystemer i yrkesbygg	111
10	Vedlegg E – Effekt-varighetsdiagrammer	114

1 Forord

De siste årene har vi sett stadige endringer i lovverkets krav til byggestandard for nybygg, der fokuset har vært å redusere bygningsmassens varmebehov. Anslagsvis står den norske bygningsmassen for om lag 40 % av samlet stasjonær, innenlands energibruk. Med de forventede skjerpingene i TEK15 er det forventet at kravene til byggestandard blir på nivå med det vi i dag kjenner som passivhusstandard, noe som er en stor endring fra dagens TEK10-nivå. I sammenheng med denne utviklingen endrer også rammevilkårene for valg av varme- og kjøleløsninger seg, og det er derfor behov for mer kunnskap rundt emnet "valg av termisk energiforsyning", som er denne studiens fokus.

I rapporten er det først og fremst fokusert på varmebehov og varmeproduksjon, ikke kjøling ettersom det er varmebehovet som er klart dominerende med hensyn til årlig termisk energibruk i den norske bygningsmassen.

Rapporten er utarbeidet av COWI AS, avd. Trondheim, på oppdrag fra Enova SF. Oppdraget er en del av Enovas mandat og strategi om å bidra til utvikling av energi- og klimateknologi som skal fremme en miljøvennlig omlegging i energiproduksjon og energibruk i Norge. Studien bringer fram kunnskap om varmebehov i bygninger som skal danne underlag for Enova's videre arbeid.

Del 1 – "Bygningers effekt- og energibehov til oppvarming og kjøling" er skrevet på nynorsk, mens **Del 2** – "Vurdering av dagens krav til termisk energiforsyning i bygninger" samt Vedlegg A til D er skrevet på bokmål.

Innledningsvis og underveis har møter med Enova SF satt rammene for prosjektet samt strategi for gjennomføring. Prosjektdeltakerne hos COWI AS har vært:

- › Jørn Stene, prosjektleder
- › Ole Øiene Smedegård, prosjektmedarbeider
- › Dagfinn Bell, prosjektmedarbeider/KS

2 Sammendrag og konklusjon

Rapporten består av to deler, 1) Bygningers effekt- og energibehov for oppvarming og kjøling, 2) Vurdering av dagens krav til termisk energiforsyning i bygninger:

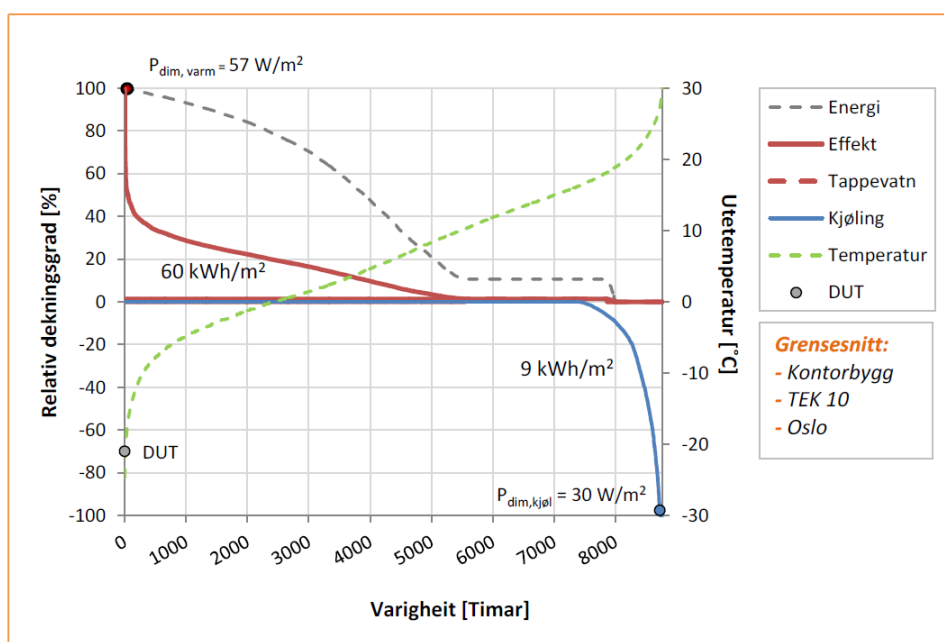
DEL 1 – Bygningers effekt- og energibehov til oppvarming og kjøling

I arbeidet med å redusere klimagassutslippene er fokuset på bygningsmassens energibruk viktig, ettersom denne står for om lag 40 % av samlet stasjonær, innenlands energibruk. Med innskjerpingen i TEK15, der byggestandarden er forventet å gå mot passivhusstandard, vil dette på sikt medføre en betydelig reduksjon av denne energiposten i det nasjonale energiregnskapet. Denne endringen av byggestandarden medfører også en endring i bygningenes effekt- og energibehov til oppvarming, illustrert gjennom såkalte *effekt-varighetsdiagrammer*. Effektprofilen i diagrammene påvirkes i stor grad av bygningstype, byggestandard og klimasone. Med basis i ensone-modellering og simulering i Simien, er det utarbeidet 80 effekt-varighetsdiagrammer med tilleggsdata for 5 bygningstyper, 4 byggestandarder og 5 klimasoner. Diagrammene er vist i *Vedlegg E, Kapittel 10*.

Bygningstyper	Byggestandarder	Klimasoner
Enebolig	Normalbygg	Oslo
Boligblokk	TEK10-bygg	Bergen
Kontorbygg	Lavenergibygg	Trondheim
Sykehjem	Passivhusbygg	Røros
		Tromsø

Effekt-varighetsdiagrammene med tilleggsdata utgjør en kunnskapsbase som viser:

- › Uteluftens døgnmiddeltemperatur og dimensjonerende utetemperatur (DUT),
- › *Oppvarming* – relativt netto effekt-varighetsdiagram for romoppvarming, oppvarming av ventilasjonsluft, varmtvannsberedning [%], relativt energidekningsgrad for totalt netto varmebehov [%], relativt effektbehov til varmtvannsberedning, dimensjonerende brutto varmeeffektbehov ved DUT [W/m²], total årlig spesifikt varmebehov [kWh/m²år] samt omregningsfaktorer (α) mellom brutto og netto effektbehov ved DUT
- › *Kjøling* (kun kontorbygg) – relativt effekt-varighetsdiagram for klimakjøling [%], dimensjonerende spesifikt kjøleeffektbehov [W/m²]



Eksempel på effekt-varighetsdiagram for oppvarming og kjøling med tilleggsdata – 3600 m² kontorbygg med 3 etasjer, TEK10-standard, Oslo-klima.

Sentrale funn fra analysen av diagrammene oppsummeres som følger:

- Samvariasjon av effekt- og energibehov** – Dimensjonerende brutto varmeeffektbehov ved DUT er bygningens maksimale varmeeffektbehov nattetid når den ikke er i bruk, dvs. når det ikke tas hensyn til interne varmelaster (personer, utstyr, belysning) og solinnstråling. Grunnlastkilder for bygningsoppvarming, f.eks. varmepumper, pelletkjeler osv., dimensjoneres imidlertid i hht. netto varmeeffektbehov ved DUT, dvs. brutto varmeeffektbehov fratrukket interne varmelaster og soltilskudd.

Avhengig av bygningstype varierer effekt- og energibehovet til oppvarming i ulik takt. For kontorbygg minker energibehovet prosentvis mer enn effektbehovet ved en bedring av byggestandarden, f.eks. fra TEK10- til passivhusstandard. For boligbygninger samvarierer effekt- og energibehovet. Dette skyldes varmebehovets sammensetning, som for bygninger til boligformål skiller seg ut med et stort energibehov knyttet til oppvarming av varmt tappevann, der effektbehovet er relativt lite.

- Temperaturkrav** – For boligbygninger endrer varmebehovets temperaturkrav seg i stor grad med byggestandard. Avhengig av klimasone og bygningstype varierer f.eks. andelen av årlig varmebehov til varmtvannsberedning fra ca. 15 % ved normalhus-standard opp til 80 % ved passivhus-standard. Varmebehov knyttet til varmtvannsberedning krever høytemperatur varme, og preger derfor i stor grad valg og design av varmesentralen.
- Effektbehov ved dimensjonerende utetemperatur (DUT)** – Avhengig av bygningstype og byggestandard varierer den relative forskjellen mye mellom brutto og netto effektbehov ved DUT. Typisk er tendensen økende relativ forskjell med en bedring av byggestandard. Dette gjelder spesielt for kontorbygg,

der netto effektbehov går mot 60 % av brutto. For boligbygninger av normalhus-standard er forskjellen mellom netto og brutto effektbehov marginal. Etersom grunnlasten ofte blir dimensjonert som en %-andel av netto effektbehov, kan dette tyde på at en bedring av byggestandard har en to-sidig påvirkning på nødvendig effekt for grunnlasten, der både reduksjon av brutto effekt og økt relativ forskjell mellom brutto og netto effektbehov reduserer nødvendig varmeeffekt.

- › **Klimasonene** – Varmeanleggenes lønnsomhet er avhengig av bygningens geografiske plassering. Varmeanleggenes ekvivalente driftstid varierer for samme bygning med ulik plassering, fra 1300 timer til 2200 timer. Varmeanlegg med høy installert varmeeffekt i forhold til netto årlig varmebehov gir lang ekvivalent driftstid, og dårligere lønnsomhet.
- › **Boform** – Enebolig framstår som en lite energieffektiv boform i forhold til boligblokk. For bygninger med lik byggestandard/energiramme ligger boligblokk på 50-70 % av eneboligens spesifikke energibruk per person. I tillegg kommer alle de andre ulempene eneboligen har med hensyn til arealutnyttelse, kollektivtransport-løsninger osv. Dette er det tatt hensyn til ved BREEAM-klassifisering av bygninger.

DEL 2 – Vurdering av dagens krav til termisk energiforsyning i bygninger

I dette kapittelet er det diskutert og vurdert aktuelle funksjonskrav for varme- og kjøleanlegg i bygninger med hensyn på installasjonene og bruken i den enkelte bygning samt overordnede krav som har innvirkning på el.kraftsystemet og det globale miljø. I forslagene til nye funksjonskrav er det delvis tatt utgangspunkt i dagens TEK10, NS3700/3701, Energimerkeordningen, relevante EU-direktiver (ErP, RES, EPBD), politiske føringer (Klimakur 2020, Stortingsmelding 21 og 28 2012, OEDs Energiutredning 2012), BREEAM-sertifisering av bygninger og Statnetts nettutviklingsplan samt utarbeidet forslag som er fristilt dagens Tekniske forskrift.

Økodesign-direktivet/-forskriften (EC,2009-2) vil i økende grad i årene framover sette spesifikke nasjonale minimumskrav til energieffektivitet for bl.a. sirkulasjonspumper, vifter, kjølemaskiner/-aggregater, ventilasjonsaggregater, oppvarmingsutstyr basert på elektrisitet, gass og olje (inkl. ulike typer varmepumper) samt kjøle- og fryseutstyr. Det ansees derfor som lite formålstjenlig å stille tilleggskrav til energieffektivitet for komponenter og aggregater utover dette.

- › **Energidekningsgrad** – Kravet til energidekningsgrad for fornybar varme i nye boligbygg og yrkesbygg bør være lavt nok til at det ikke utestenger aktuelle fornybare varmeløsninger og sentrale teknologier, men samtidig høyt nok til at det hindrer bevisst underdimensjonering av anleggene og valg av billige og lite hensiktsmessige varmeløsninger. Det bør derfor vurderes å innføre krav om at f.eks. minimum 60 % av netto årlig varmebehov skal dekkes av en fornybar varmekilde i bygninger med BRA mindre enn 500 m², og 70 % for bygninger med BRA over 500 m². Det bør også vurderes om kravene skal differensieres i forhold til bygningens klimasone. Kravene til fornybarandel bør kontinuerlig vurderes og evt. oppjusteres i henhold i tilgjengelige teknologiske løsninger i markedet.

- › **Krav til teknisk utførelse** – For i størst mulig grad sikre høy kvalitet for vannbårne varme- og kjølesystemer bør det vurderes å stille krav til at anleggene skal dimensjoneres, installeres, overtas, driftes og vedlikeholdes i hht. anvisningene og anbefalingene i "Varmenormen", "Rørhåndboken" og "Norsk kulde- og varmepumpenorm".
- › **Dokumentasjon av reell energiytelse** – Energimerket i Energimerkeordningen bør gjenspeile virkelig levert energi for bygningen (kWh/m²år), dvs. bygningens reelle energiytelse. Det bør derfor i tillegg til dagens teoretiske beregning vurderes om det også skal innføres krav til *måling* av levert energi for eksisterende og nye boligbygg («Detaljert registrering») og eksisterende og nye yrkesbygg. For nybygg kan det f.eks. kreves at målingene skal være gjennomført og registrert innen 2 år etter at bygningen er tatt i bruk. Det bør i denne sammenheng utarbeides standardkrav til måleutrustning og måleprosedyrer.
- › **Formålsdelt energimåling** – For nye boligbygg og yrkesbygg med vannbåren varme bør det vurderes å innføre krav til formålsdelt energimåling, hvor et minimumsnivå omfatter ytelses- og effektivitetsmåling for varmesentralen. Det bør i denne sammenheng utarbeides minimumskrav til måleutrustning samt standardiserte måleprosedyrer for ulike typer boligbygg og yrkesbygg for å sikre at målingene har tilstrekkelig omfang og nøyaktighet samtidig som kostnadene holdes på et forsvarlig nivå.
- › **Oppvarmingskarakter ved fjernvarme/-kjøling** – Ved energimerking av bygninger bør det vurderes om det ved kjøle- og varmeleveranse fra fjernvarme- og fjernkjølenett skal beregnes faktisk system-virkningsgrad og system-COP, som tar hensyn til varmeleveranse fra f.eks. høyeffektive varmepumper, solfangersystemer, varmegjenvinning fra kjølemaskiner i energisentralen samt kjøleleveranse fra frikjølingskilder som sjøvann, grunnvann og fjell.
- › **Effektbehov og dimensjonering av varmesystemer** – Effektbehovet til romoppvarming og oppvarming av ventilasjonsluft avtar ikke i like stor grad som årlig energibehov ved overgang fra TEK10-standard til passivhus-standard. Ved utarbeidelse av framtidige funksjonskrav for varmesystemer i ulike typer bygninger bør det vurderes å stille krav til beregning av dimensjonerende brutto og netto varmeeffektbehov slik at systemene ikke underdimensjoneres.
- › **Varmtvannsberedning og effektivitet** – For eneboliger, boligblokker og sykehjem av passivhus-standard, hvor oppvarming av varmt tappevann typisk utgjør 40 til 75 % av totalt årlig varmebehov, er det viktig å utforme varmtvannssystemet for tilstrekkelig stor varmeeffekt og med høy virkningsgrad, da dette har relativt stort betydning for bygningens årlige energibruk. Det bør vurderes å innføre spesifikke krav med hensyn til hvilke systemer som bør/skal benyttes. Dette er spesielt viktig for varmepumper og solvarmesystemer, der uhensiktsmessig utforming og drift kan medvirke til at effektiviteten ved varmtvannsberedning blir lav, slik at en betydelig andel av årlig energibehov til varmtvannsberedning må dekkes av tilleggsvarmekilden (spisslast).
- › **Fornybar varme i oppvaskmaskiner og vaskemaskiner** – I boligbygg og yrkesbygg med vannbåren varme bør det vurderes om det skal stilles krav til at vaskemaskiner og oppvaskmaskiner skal være klargjort for "hot fill". Dvs.

at det isteden for oppvarming av vannet med elektriske varmekolber i maskinen tilføres varmt vann direkte fra varmtvannssystemet. Det betyr at el.energi i stor grad erstattes med fornybar termisk energi.

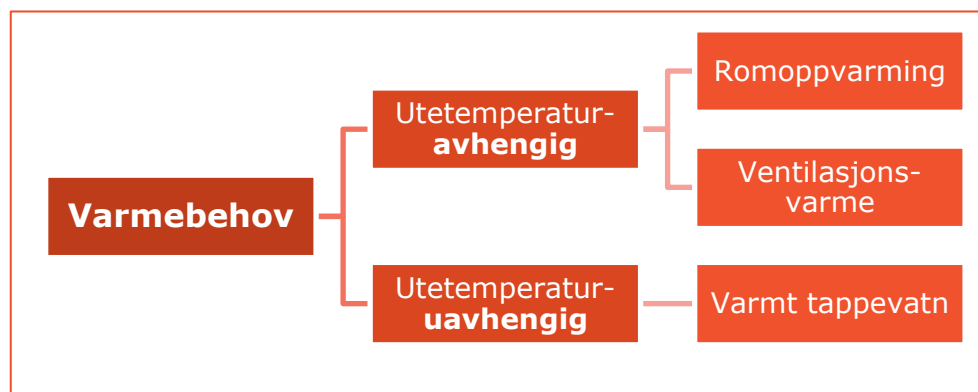
- › **Restriksjoner på bruk av el.varme til spisslast** – Det bør vurderes om det skal innføres restriksjoner på eller forbud mot bruk av el.varmesystemer som spisslast i varmeanlegg i yrkesbygg og eventuelt boligbygg. El.varme som spisslast kan f.eks. i en overgangsperiode fortsatt tillates i boliger hvor det foreløpig ikke finnes teknisk gode alternativer, mens det for yrkesbygg kan innføres et totalforbud. Restriksjoner/forbud er spesielt aktuelt for varmesystemer med solfangere eller uteluft-baserte varmepumper, hvor spisslastkilden må dekke hele eller store deler av effektbehovet ved dimensjonerende vinterforhold, og hvor el.varmesystemer vil gi unødig belastning på kraftnettet.
- › **Olje- og gasskjeler for spisslast** – Inntil andre generasjons bioolje og biogass har blitt et fullgodt teknisk og kommersielt alternativ bør det i større varmeanlegg fortsatt være tillatt å benytte kjelanlegg med mineralisk olje (fyringsolje) og gass (propan, naturgass) som spisslastkilder. Etersom spisslastkilden normalt kun dekker 10 til 20 % av bygningens årlig varmebehov er det marginale årlig CO₂-utslipp fra denne typen anlegg.
- › **Tekniske krav til spisslastkilden** – Anbefalt effektdekningsgrad for grunnlastkilden i varmesystemet avtar gradvis ved forbedret byggestandard, dvs. ved overgang fra f.eks. TEK10- til passivhus-standard. For å oppnå lav årlig energibruk for bygningen er det viktig å benytte en spisslastkilde med høy virkningsgrad over hele effektområdet (gode dellastegenskaper), og da spesielt i kontorbygg hvor grunnlastkilden dekker en relativt lav effektandel. Ved framtidig revisjon av teknisk forskrift bør det vurderes å sette spesifikke krav til spisslastsystemets reguleringstekniske egenskaper og virkningsgrad.
- › **Tekniske krav til kjølesentraler** – I nye kontorbygg, hvor ekvivalent driftstid for klimakjøling er svært kort, bør det legges spesiell vekt på å utforme kjølesystemet slik at det kan dekke nødvendig kjølebehov med høy effektfaktor (COP) i hele driftsområdet. Dette kan blant annet løses ved å dimensjonere kjølemaskinene kun for grunnlastdekning, og benytte et termisk kjølelager, f.eks. PCM-system for spisslastdekning. Ved framtidig revisjon av Teknisk forskrift bør det vurderes å sette konkrete krav til dimensjonering og utforming av kjølesystemer for klimakjøling, hvor driftstiden er svært kort.

3 DEL 1 – Bygningers effekt-/energi-behov til oppvarming og kjøling

Ein bygnings varmebehov er per definisjon den delen av bygningens energibehov som kan dekkjast av termisk energi, dvs. av varme. Som *Figur 1* illustrerer kan ein dela dette varmebehovet inn i tre ulike behov, etter definisjon i rettleinga til Byggetekniske føreskrifter (TEK10):

- › Romoppvarming
- › Oppvarming av ventilasjonsluft
- › Oppvarming av varmt tappevatn

Varmebehovet består av både utetemperatur-avhengig og -uavhengig energibehov. Dette betyr at geografisk plassering har ei betydning på varmebehovets storleik.



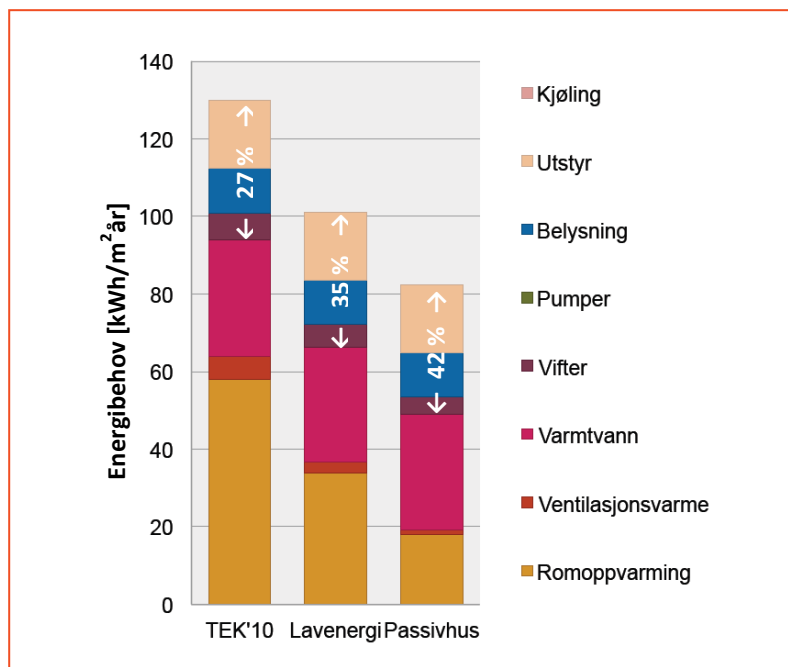
Figur 1 Varmebehov i bygningar – definisjon (TEK10).

3.1 Varmebehov

3.1.1 Temperaturavhengig varmebehov

Romoppvarming og oppvarming av ventilasjonsluft er begge temperaturavhengige varmebehov. Storleiken på desse er begge direkte knytt til utetemperaturen og varierer over året. Dette varmebehovet har tradisjonelt dominert bygningenes årlege energibehov, men med ei stadig betring av byggjstandard ser ein at denne andelen stadig vert redusert. *Figur 2* syner eksempel på typisk formålsdelt energibehov for ein einebustad. Gjennom auka tettleik, betring av bygningskomponentanes ter-

miske eigenskapar og bruk av effektive ventilasjons-varmegjennvinnarar ser ein at andelen temperaturavhengig varmebehov vert sterkt redusert, frå eksempelvis 63 % (TEK 10) til 19 % (Passivhus). Dette har betydning for valet av varmekjelde samt utforming og dimensjonering av varmeløysing i bygningar.



Figur 2 Eksempel på formålsdelt energibehov for ein bustad av ulike byggjstandardar. El.spesifikt forbruk angitt i % av totalt energibehov (Andresen, 2012).

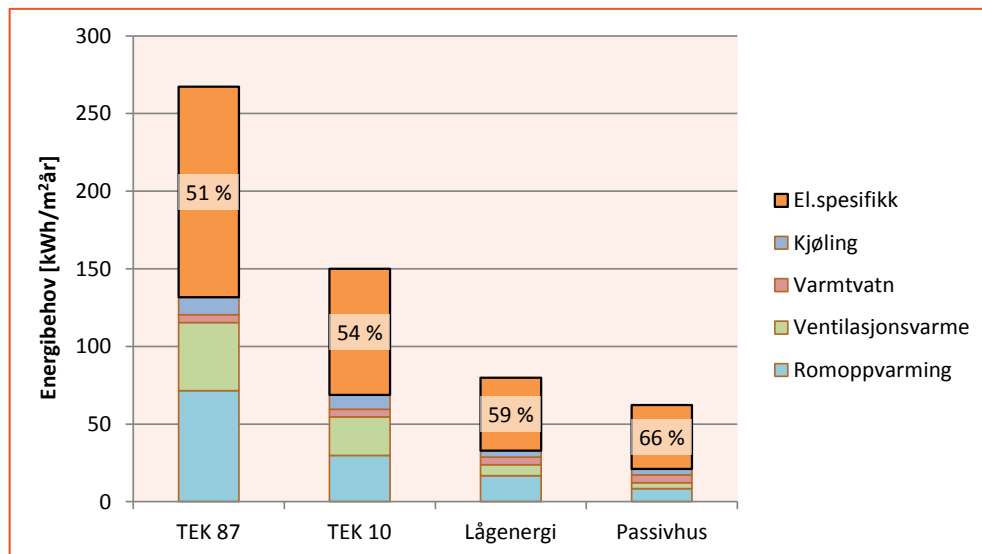
Også i yrkesbygg ser ein at endringa i bygningens byggjstandard i stor grad påverkar samansetjinga av bygningens energibehov.

Figur 3 syner eksempel på relativ samansetjing av energibehovet til kontorbygg for fire ulike byggjstandardar. For kontorbygg ser ein at det el.spesifikke energibehovet er større enn for ein bustaden. Dette kjem av meir internlaster, som belysning og teknisk utstyr.

3.1.2 Temperaturuavhengig varmebehov

Det temperaturuavhengige varmebehovet avgrensar seg til oppvarming av varmt tappevatn, der storleiken berre er avhengig av brukarspesifikke forhold, som for eksempel dusjhyppigheit, kantine/storkjøkken-drift osv. I motsetnad til oppvarming av rom og ventilasjonsluft, som kan leverast ved enten høg- eller låg-temperatur varme, krev dette varmebehovet relativt høg temperatur, då tappevatnet må varmes til minimum 65°C, grunna fare for legionella.

Varmtvatn-behovet har det vore tradisjonelt vore lite fokus på å redusere då dette typisk har vore av relativ liten storleik, ref. Figur 2 og Figur 3. Med ei betring av byggjstandard ser me at energibehovet for oppvarming av varmtvatn blir stadig meir dominerande i bustadbygg, hotell, sjukeheimar, sjukehus osv.



Figur 3 Eksempel på formålsdelt energibehov for kontorbygg av ulike byggjstandardar. El.spesifikt forbruk angitt i % av totalt energibehov (Smedegård, 2012).

I einbustader utgjer oppvarming av varmt varmtvatn typisk 50 til 80 % av det totale årlege varmebehovet, og det spesifikke årlege energibehovet varierar typisk frå 5 kWh/(m² år) for kontorbygg til 30 kWh/m² år for bustadbygg.

3.1.3 Visualisert varmeeffektbehov

Ved å visualisere bygningens varmeeffektbehov gjennom året dannar ein seg eit bilete av kva rammevilkår varmesystemet må jobbe under i driftsfasen. Dette er viktig informasjon som bør føreliggje ved design av varmesystemet. Dette kan illustrerast i eit såkalla *effekt-varigheitsdiagram*. Diagrammet inneheld informasjon om varigheita av ulike effektbehov i bygningen, og vert konstruert ved å sortere varigheitene til simulert varmeeffektbehov over året i senkande rekkjefylje. Diagrammet dannar eit nyttig underlag for val av varmesystem, der blant anna systemets krav til varmesentralens dellast-eigenskapar kjem fram. Figur 4 illustrerer oppbygning av eit effekt-varigheitsdiagram for *brutto* varmeeffektbehov¹ og *netto* varmeeffektbehov¹ for ein bygning.

Det høgaste varmeeffektbehovet finn ein til venstre i effekt-varigheitsdiagrammet (dag 0) når utelufttemperaturen er lik dimensjonerande utetemperatur (DUT²).

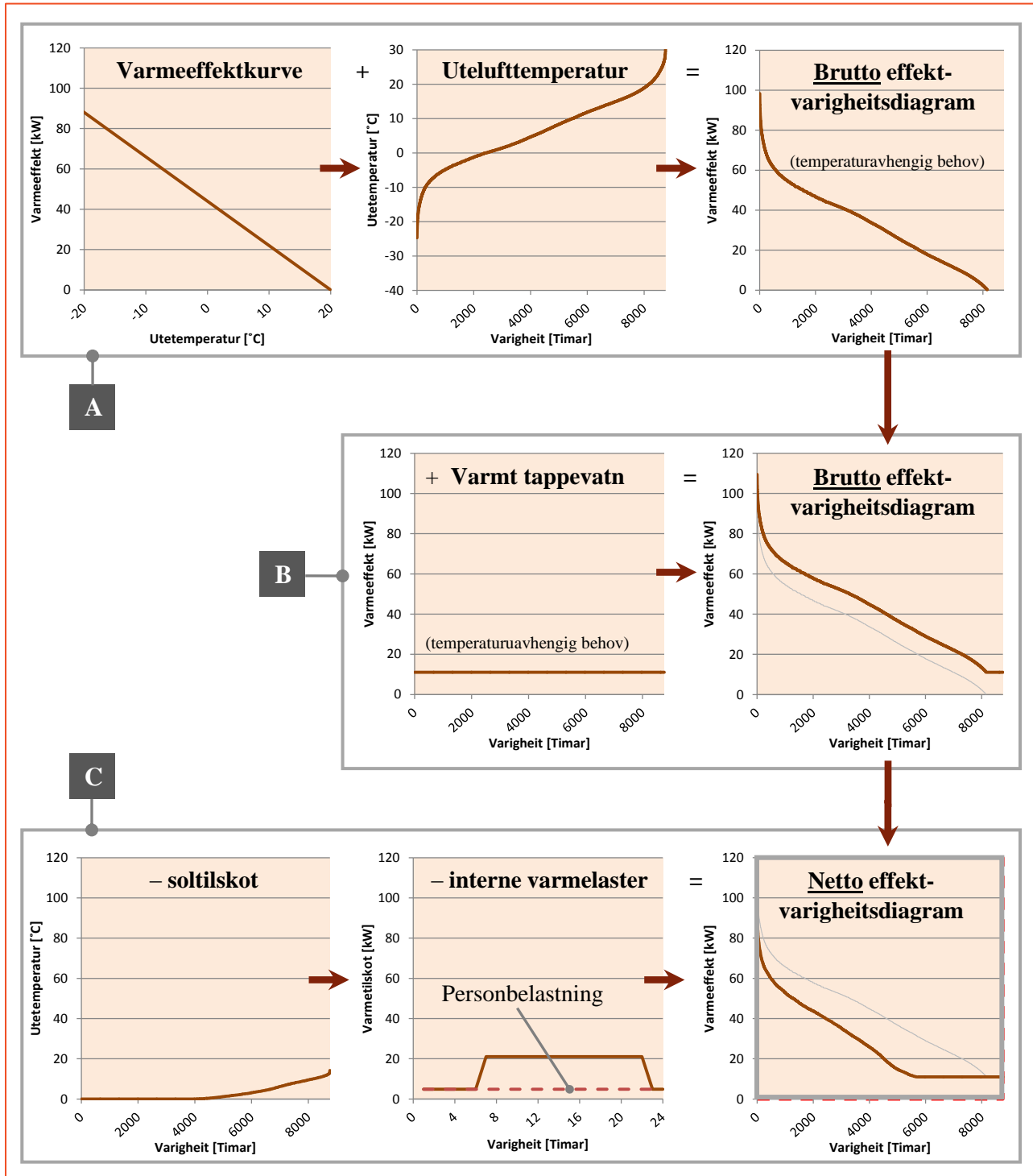
Årleg varmebehov (kWh) for bygningen finn ein igjen som arealet under kurva –, varmeeffektbehov x tid = varmebehov, dvs. kW x h (timar) = kWh.

Oppbygningen av effekt-varigheitsdiagrammet er relativt kompleks der både utetemperaturavhengige og temperaturuavhengige behov inngår. Figur 4 viser eit eksempel på oppbygningen, som er delt i tre deler:

¹ *Brutto effektbehov* – bygningens varmeeffektbehov utan å ta omsyn til varmetilskot i og til bygningen. *Netto effektbehov* – bygningens effektbehov eksklusiv varmetilskot.

² DUT – lågaste 3-døgns middeltemperatur for utelufta over ein 30 års periode (1961-1990)

- A) Brutto varmeeffekt – temperaturavhengig varmebehov
- B) Oppvarming av varmt tappevatn
- C) Interne varmelaster/sol og netto effekt-varighetsdiagram



Figur 4 Effekt-varighetsdiagram – oppbygning av diagram for brutto og netto effekt, inkl. oppvarming av tappevatn.

A) Brutto effekt-varighetsdiagram – utetemperaturavhengig varmebehov

Ved å kombinere den geografiske plasseringas graddagskurve med den såkalla varmeeffekt-kurva vert bygningens brutto temperaturavhengige varmeeffektbehov

illustrert. Varmeeffektkurva, som vist i *Figur 4A*, illustrerer bygningens varmeeffektbehov ved ulike utelufttemperaturar der varmeeffektbehovet forenkla kan beskrivast etter *Likning 1*:

$$\Phi = K \cdot (t_{inne} - t_{ute}) \quad (1)$$

- › φ = Dimensjonerande varmeeffekt
- › K = Konstant
- › t_{inne} = Innetemperatur
- › t_{ute} = Utelufttemperatur

Varmeeffektbehovet er produktet av eit sett med statiske og dynamiske element. Dei statiske elementa, presentert ved K i likning 1, kjenner me frå krava i lovverket. Eksempel på dette er:

- › Bygningselementas termiske eigenskapar, U-verdi [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]
- › Normalisert kuldebruverdi [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]
- › Bygningens tettleik, uttrykt i luftskifte per time ved $\Delta p=50$ Pa [h^{-1}]
- › Vindaugas totale varmetapstal [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]
- › Bygningselementas areal [m^2]
- › Bygningens luftvolum [m^3]
- › Bygningens plassering og orientering i terrenget

Som ein ser er dei overståande punkta moment som avheng av utbyggjars val av energikonsept, tomteplassering og arkitektonisk utforming. Dei dynamiske elementa i bygningens effektbehov er inne- og utetemperatur, noko som kan påverkast gjennom kreative betraktningar. I verkelegheita påverkar også bygningens tidskonstant³ det reelle behovet, men dette blir ikkje teke omsyn til ved berekning av varmeanleggets nødvendige varmeeffekt i Noreg i dag.

B) Brutto effekt-varigheitsdiagram – samla varmebehov

Då bygningens varmebehov også består av det temperatur-uavhengige varmebehovet til varmt tappevatn, vil brutto effekt-varigheitsdiagram konstruerast ved å leggje til dette behovet, som illustrert i *Figur 4B*. Varmeeffektbehovet for tappevatn vert berekna som konstant i driftstida, då varmtvannsberedarar jamnar ut forbruks-
toppane med akkumulert varmtvatn. På effekt-varigheitsdiagrammet i boks B er effektbehovet til varmtvatn illustrert som arealet mellom raud og lys grå kurve.

C) Netto effekt-varigheitsdiagram

Ettersom bygningen i driftsfasen har varmetilskot av ulike art illustrerer eit brutto effekt-varigheitsdiagram ikkje varmeanleggets reelle varmeleveranse. Først når ein trekk frå nyttiggjort soltilskot, personbelastning og interne varmelaster ser ein det

³ Bygningens tidskonstant uttrykkjer i kva grad bygningens innetemperatur avheng av den momentane utetemperaturen. Tidskonstanten er ein funksjon av bygningens tyngd og byggjestandard.

endelige bilete av kva byggets varmeanlegg skal dekkje, både i momentaneffekt og energi gjennom året. *Figur 4C* illustrerar dette. Ein ser at desse varmetilskota utgjer ein betydelig varmemengde gjennom året. Soltilskotet er sesong-avhengig der den største delen kjem utanfor fyringssesongen.

Dei interne varmelastene som er illustrert i *Figur 4C* består av laster som avheng av brukstid/driftstida. Internlast-figuren gjeld for eitt døgn som er rekna som likeledes gjennom året. Ein ser av figuren korleis internlast og personbelastning er brukarspesifikk for ei buening. Det tekniske utstyret og belysninga har driftstid på dagtid medan personbelastninga vert rekna som konstant over døgnet. I verkelegheita skil dette seg mykje frå eining til eining.

Totale varmetilskot på netto effekt-varigheitsdiagrammet i boks C er illustrert som arealet mellom raud kurve og lys grå kurve.

3.2 Metode

Gjennom denne studien er det generert 80 *effekt-varigheitsdiagram* for eit utval bygningar. Utvalet spenner seg over byggjstandardar frå eksisterande bygg til framtidens bygg og ulike klimasoner. Bygninganes varmebehov er vurdert innan bygningen som grensesnitt, men også mot resten av utvalet. Det er innleiingsvis definert klare rammene for både omfang og presentasjon i samråd med Enova SF. Dei ytre rammene som dannar studiens grensesnitt er illustrert i *Figur 5*.

Eit komplett sett med effekt-varigheitsdiagram er vedlagt rapporten (*Vedlegg E, Kapittel 10*). Prosessen med å utarbeide underlaget har vore fokusert rundt:

- › Etablere underlag/rammer
- › Energisimuleringar i simuleringsprogrammet Simien (Simien, 2012)
- › Presentasjon

3.2.1 Bygningstypene

Bygningstypene som dannar rammene i denne studien er illustrert i *Figur 6* på neste side. Einebustad og bustadblokk er basert på eksempelbygg i Holte Byggsafe's Kalkulasjonsnøkkel medan, kontor og sjukeheim er basert på bygg frå Prosjektrapport 42 (Dokka et al., 2009).



Figur 5 Prosjektets avgrensning – spesifikasjon for mengde av datauttak i prosjektet (80 case).

3.2.2 Byggjstandard

Som skissert i Figur 5 er kvart bygg undersøkt for fire ulike byggjstandardar:

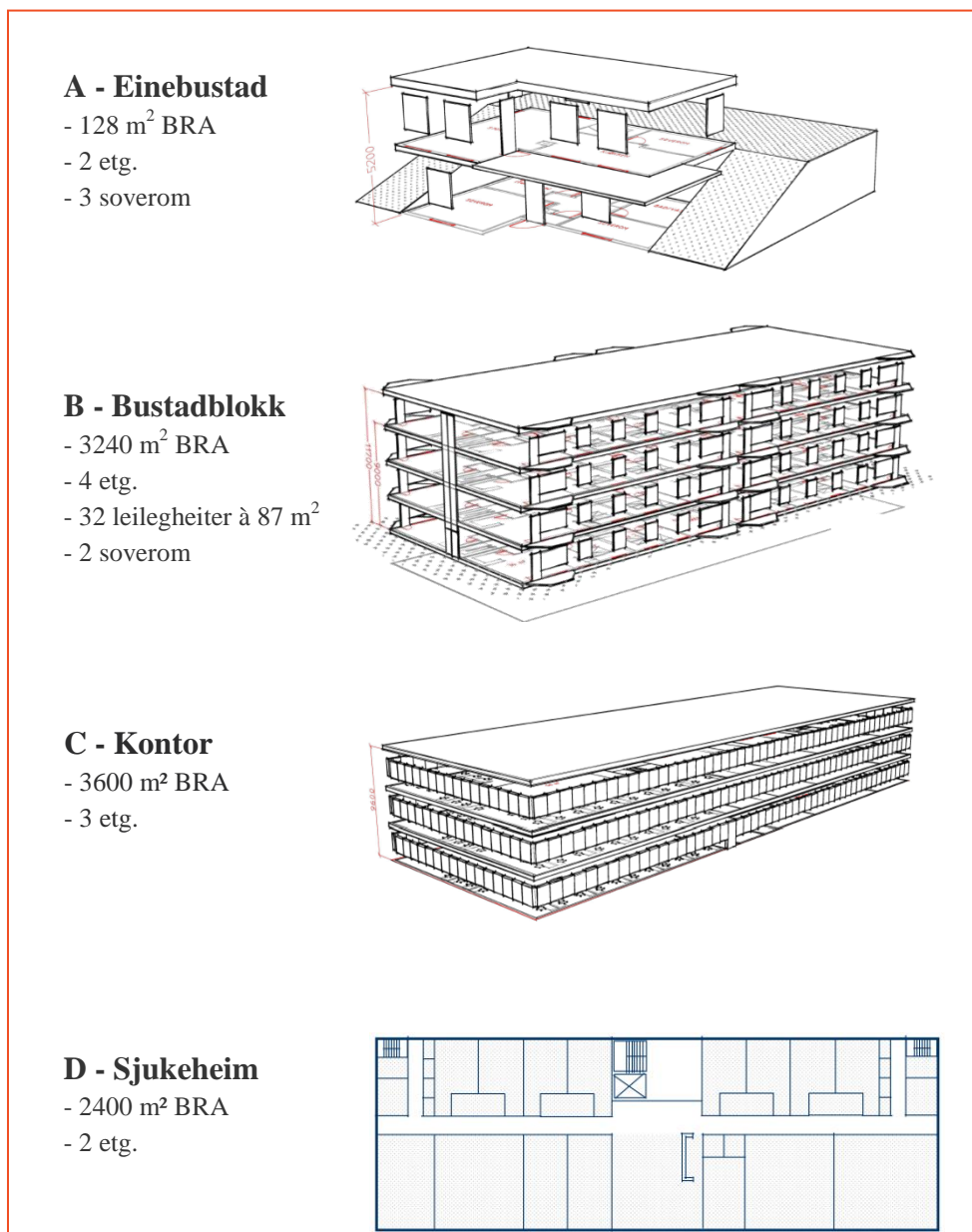
- > Normalhus
- > TEK10
- > Lågenergi
- > Passivhus

For alle byggjstandardane, unntatt Normalhus-standard, er alle eksempelbygga innleiingsvis kalibrert mot lovverk og aktuelle norske standardar.

Passivhus og Lågenergibygg klasse 1 er evaluert mot NS 3700/NS 3701. Ettersom desse standardane differensierer mellom ulike geografiske plasseringar er ikkje bygningskroppen for Passivhus og Lågenergibygg identiske på tvers av landet.

For TEK10-bygga er alle bygg eksklusiv einebustad godkjent med rammekravsmodellen, då dette er mest vanleg i dag. For einebustad er tiltaksmetoden nytta, då denne ikkje krev energisimuleringar og derfor er tilpassa dette marknadssegmentet. Ettersom at føreskrifta legg opp til at bygninganes energiytning skal vurderast på lik

linje, og uavhengig av geografisk plassering lokalt og sentralt, er alle bygninger innan same kategori som er godkjent mot TEK10 like på tvers av landet. Det vil sei at bygningskomponentane har same termiske eigenskapar.



Figur 6 Bygningstypar som er undersøkt – einebustad, bustadblokk, kontorbygg og sjukeheim.

Også bygningane med byggjestandard på *Normalhus-nivå* er like på tvers av landet. Ved vurderingane av Normalhus-standard er det lagt til grunn byggjestandard etter TEK87 med enøk-tiltak. Nivået på dei ulike bygningskomponentanes kvalitet er basert på kvalifiserte vurderingar og etter datainnsamling frå:

- › Byggtekniske føreskrifter anno 1987
- › Manual for Enøk normtall 2004, Enova SF
- › SINTEF Prosjektrapport 51: Leco – Frå normbygg til faktor 10.
- › Intern kunnskap frå COWI AS

Uavhengig av byggjestandard er bygga vurdert med interne varmelaster tilpassa dagens standard, dvs. Normalhus-standard og TEK10-bygg har like høge energitilskot frå internlaster. Bakgrunnen for dette er at ein ynskjer å danne seg eit bilete av kva bygningar av denne byggjestandard har av varmebehov med ein bruk etter dagens standard på teknisk utstyr, belysning osv.

Tabell 1 syner, som eit eksempel, føresetnader for simuleringar av Kontorbygg plassert i Oslo. Tabellen inneheld bygningskomponentanes kvalitet, settverdiar for teknisk anlegg og internlaster. Komplette underlag med føresetnader, for alle 80 bygga, er vedlagt i digitalt vedlegg.

		Normal	TEK 10	LE	PH	
Byggteknisk	U-verdi Yttervegg	[W/m ² K]	0,3	0,22	0,22	0,22
	U-verdi Tak	[W/m ² K]	0,2	0,18	0,18	0,18
	U-verdi Golv	[W/m ² K]	0,3	0,18	0,15	0,15
	U-verdi Vind-auge/dør	[W/m ² K]	2,4	1,2	1,2	0,8
	Normalisert kuldebru-verdi	[W/m ² K]	0,2	0,09	0,04	0,03
	Lekkasjetal	[h ⁻¹]	3,5	2	1	0,6
Teknisk anlegg	Driftstid	[t/dg/veke]	12/5/52	12/5/52	12/5/52	12/5/52
	Ventilasjons-system		CAV	CAV	VAV	VAV
	Luftmengd i driftstid	[m ³ /h·m ²]	7	7	10/6	10/6
	Luftmengd u. driftstid	[m ³ /h·m ²]	2	2	1	1
	Temperatur-verknadsgrad		60 %	70 %	83 %	83 %
	SFP	[kW/(m ³ /s)]	4	2,5	2	1,5
	Inne-temperatur	[°C]	21/19	21/19	21/19	21/19
	Sol-skjerming		0,25/0,55 manuell	Utv. pers. manuell	Utv. pers. automat.	0,25/0,55 automat
Internlaster	Kjøling		Vent.	Vent.	Vent.	Vent.
	Lys	[W/m ²]	8	8	4	4
	Utstyr	[W/m ²]	11	11	6	6
	Person	[W/m ²]	4	4	4	4
	Varmtvatn	[kWh/m ²]	5	5	5	5

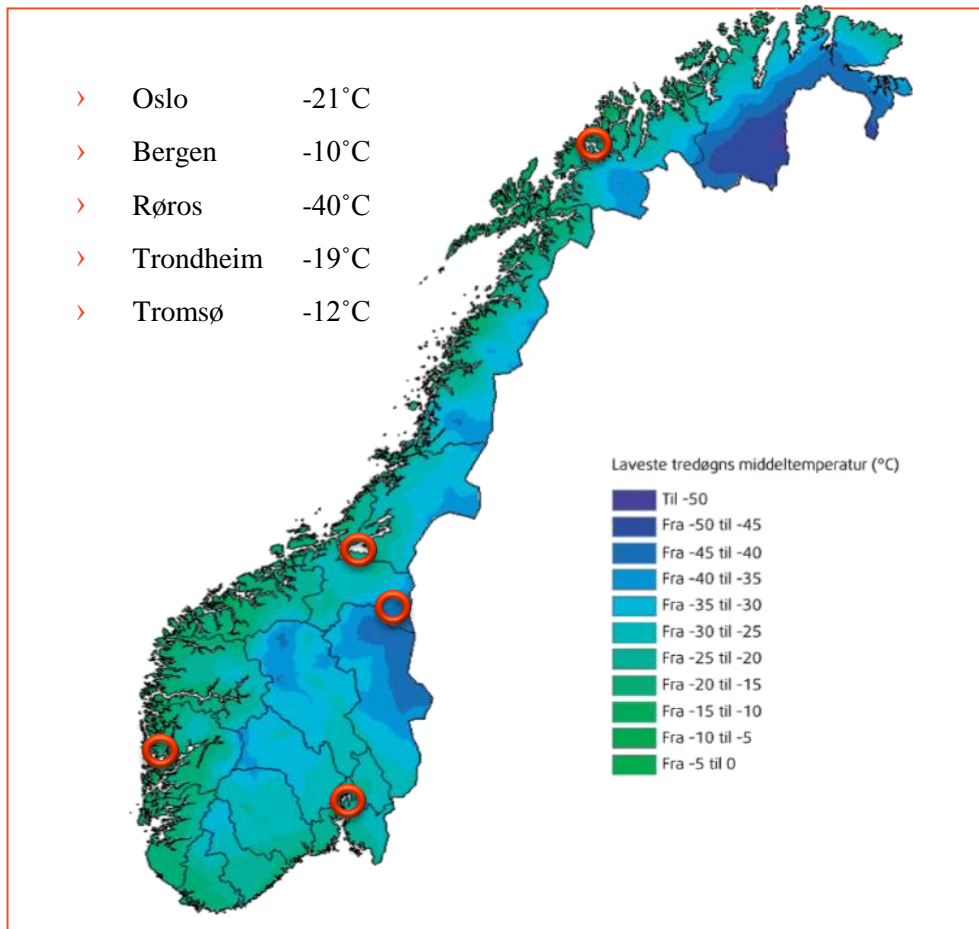
Tabell 1 Eksempel – føresetnader og input-verdiar for energi-simulering av Kontorbygg i Oslo. Normal=Normalbygg; LE=Lågenergi-bygg kl.1; PH=Passivhus; Vent.= Ventilasjon; CAV= Konstant luftmengd; VAV= Variabel luftmengd

3.2.3 Klimasonene

Gjennom simuleringane av dei fire bygningstypene er det, som *Figur 5* syner, innhenta simuleringsdata for fem ulike plasseringar i Noreg. Som utgangspunkt for val av geografisk plassering av bygga er inndeling av klimasoner gjort etter Enovas Byggstatistikk 2010. Sentrale byar/tettsted for dei aktuelle klimasonene er valt.

- › Sør-Noreg, innland *Oslo*
- › Vest-Noreg, kyst *Bergen*
- › Midt-Noreg, innland *Røros*
- › Midt-Noreg, kyst *Trondheim*
- › Nord-Noreg, kyst *Tromsø*

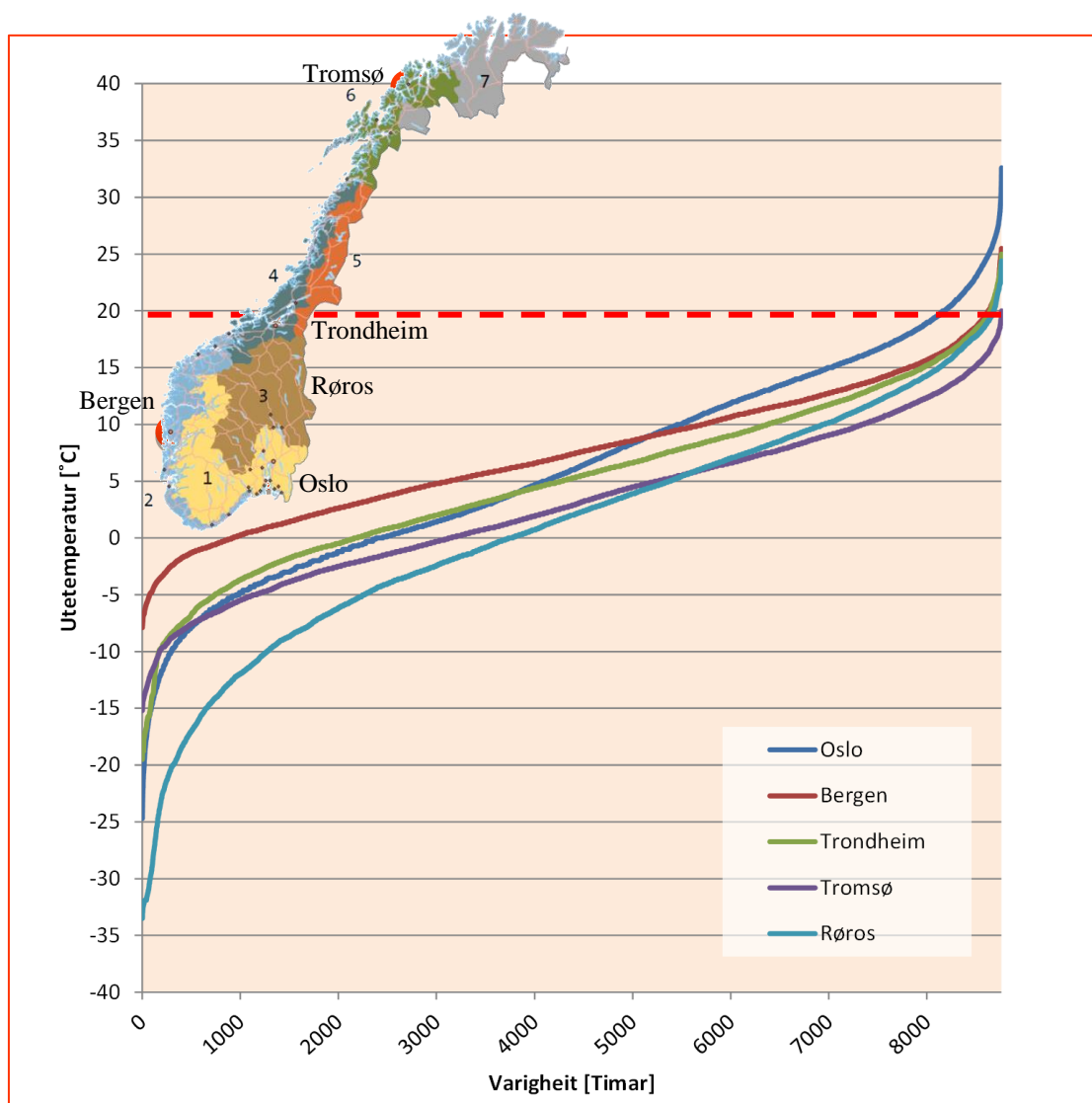
Temperaturdata frå desse byane er illustrert i *Figur 7*, og er henta frå energisimuleringsprogrammet Simien (Simien, 2012). Som underlag i statiske berekningar av dimensjonerande effekt er dimensjonerande utetemperatur (DUT) nytta. Denne er basert på lågaste 3-døgns middeltemperatur frå siste normalperiode (1961-1990). DUT i denne studien er henta frå Varmenormen (Havellen et.al, 2012). *Figur 7* viser variasjonen av 3-døgns middeltemperatur over landet, frå -10 °C i Bergen til -40 °C i Røros.



Figur 7 DUT – variasjon av 3-døgns lågaste middeltemperatur over heile landet og oppsummerte valte verdiar for studien (SINTEF Byggforsk, 2012).

Som *Figur 7* syner er det store sprang i lågaste 3-døgns lågaste middeltemperatur i Noreg. Til eksempel ligg indre deler av Finnmark på om lag -50°C medan ytre strøk av Lofoten ligg over -10°C . Denne variasjonen medfører ei reduksjon i dimensjonerande varmeeffekt på om lag 60 %, om ein held alle andre parameter konstant. Ein ser også at denne bestemmande verdien for bygningens varmeeffekt ikkje samvarierer med stadens breddegrad, då til eksempel både Bergen og Tromsø har tilnærma same DUT. Det same gjeld for Oslo og Trondheim.

Sjølv om staden har låg 3-døgns middeltemperatur, og dermed høgt dimensjonerande varmeeffektbehov, medfører ikkje dette nødvendigvis eit høgt energiforbruk til oppvarming. Dette er illustrert i *Figur 8*, der ein ser temperaturvarigheita for dei ulike stadane, generert etter perioden 1995-2005 (Simien, 2012). Ulikeheiter mellom stadens brutto energibruk (eksklusiv varmetilskot) ser ein tilnærma ved å samanlikne dei såkalla energi-graddagstala for dei ulike stadane, då dette er proporsjonalt med varmebehovet. Energi-graddagstalet kjem fram som arealet mellom raud stipla linje (innetemperatur på 20°C) og dei ulike stadanes temperaturvarigheitskurve.

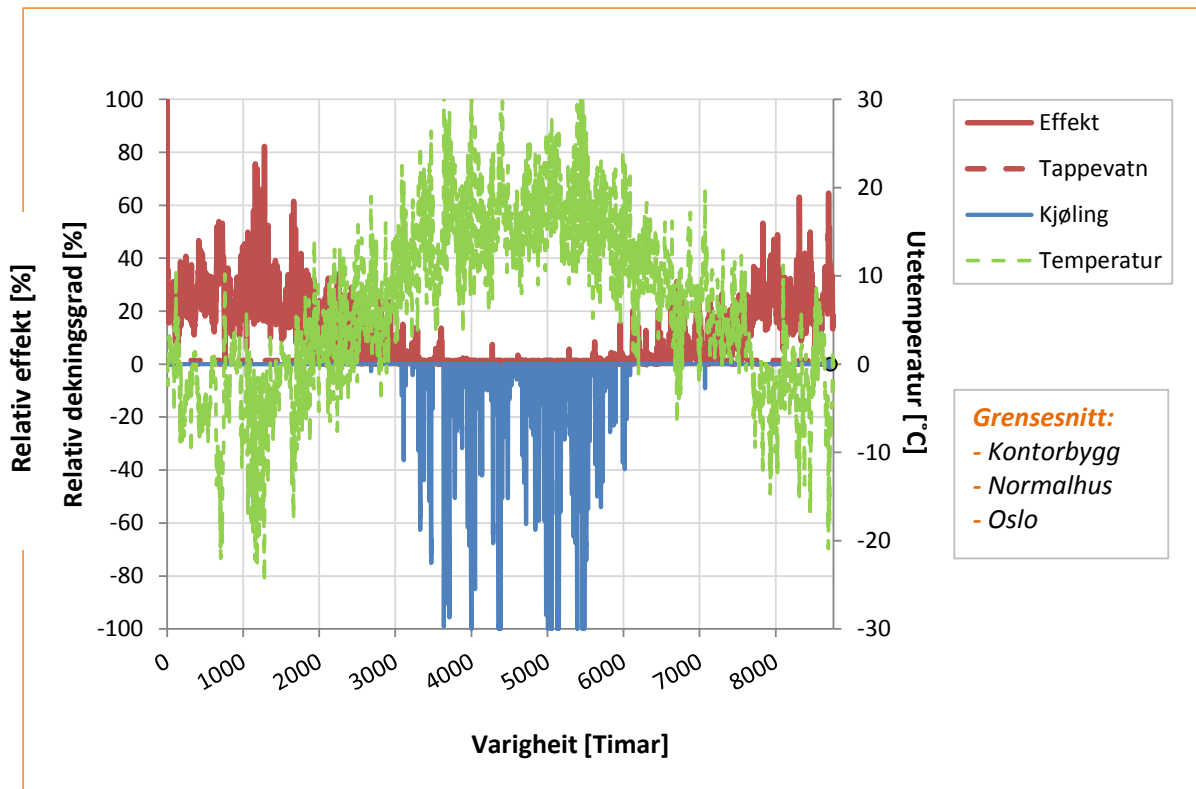


Figur 8 Temperatur-varigheitskurver for Oslo, Bergen, Trondheim, Røros og Tromsø.

3.2.4 Varighetsdiagram

Datauttaket frå energisimuleringane baserar seg på resultat frå energisimuleringsprogrammet Simien (2012). Modellane som er simulert er enkle modellar av ei sone. Avviket mellom modellar basert på ein-sone til fleirsone-modellar er erfaringsmessig minimale, spesielt for ein overslagsstudie av denne type. Oppgitte spesifikke effektar gjeld derfor ikkje på romnivå, men gir oss eit anslag for dimensjonering av nødvendig effekt til varme- og kjølesentral. Dimensjonerande effekt for bygget er basert på statisk berekning for hand ved DUT, og er ikkje ein del av datauttaket frå Simien.

Datauttaket frå modellane spenner seg over tid og effekt til oppvarming og kjøling. Datamengd, som rådata, er som eit eksempel presentert i *Figur 9* for eit kontorbygg i Oslo av Normalhus-standard. Ettersom datasettet er sortert kronologisk ser ein korleis behovet for oppvarming og kjøling endrar seg over året.



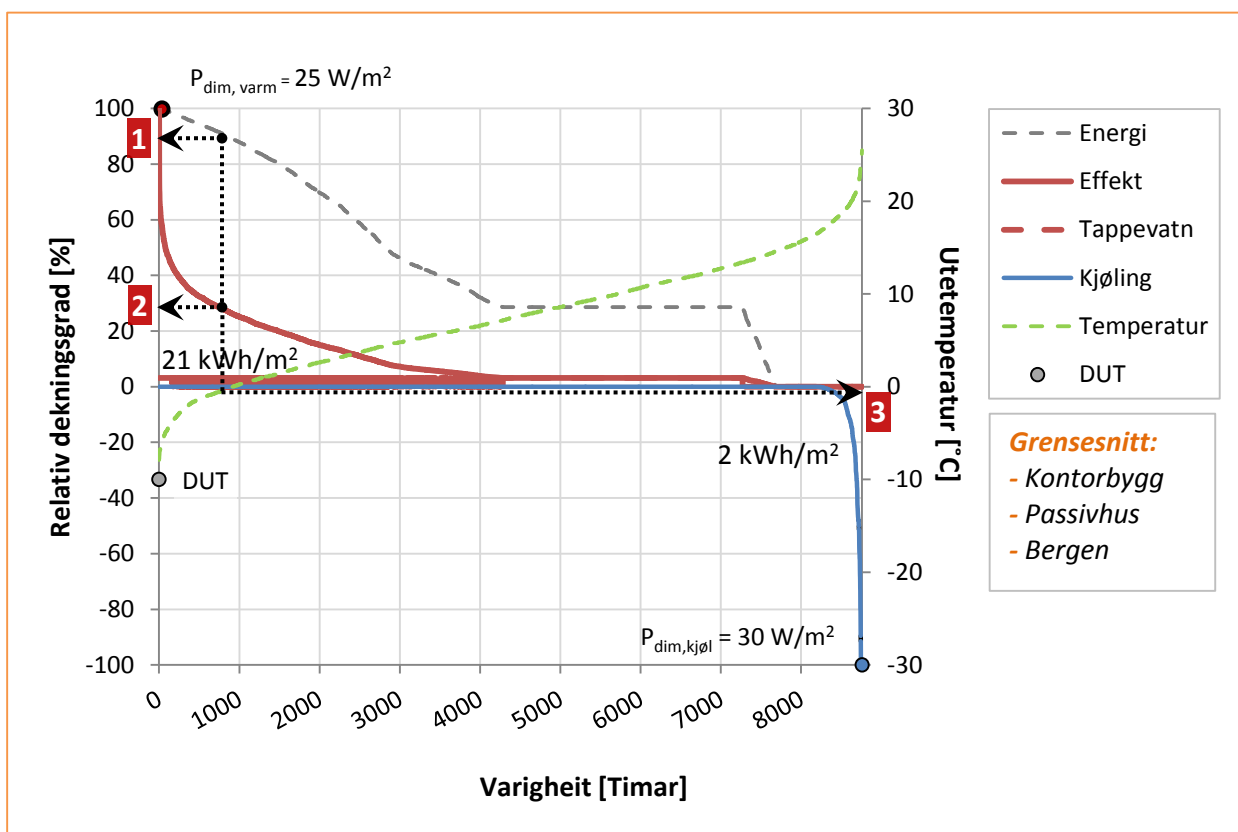
Figur 9 Eksempel – illustrert omfang av rådata frå simuleringar i Simien.

I etterkant av datauttaket er datasettet for kvart bygg sortert, behandla og satt saman etter modellen i *Figur 10*. Presentasjonen av effektbehova er einheitleg presentert på tvers av bygningstype, byggjestandard og geografisk plassering. Som *Figur 10* syner inneheld effekt-varighetsdiagramma fylgjande informasjon:

- › Utetemperatur-varigheit (*grøn stipla linje*) [°C]
- › Dimensjonerande varmeeffekt, statisk berekna, $P_{dim,varm}$ [W/m²]
- › Varmeeffekt, relativ dekningsgrad (*raud linje*) [%]
- › Energidekningsgrad, varme (*grå stipla linje*) [%]

- › Effektbehov for varmt tappevatn, relativ dekningsgrad [%]
- › Spesifikt årleg varmebehov [kWh/m²]
- › Dimensjonerande kjøleeffekt, $P_{dim,kjøl}$ [W/m²]
- › Kjøleeffekt, relativ dekningsgrad (blå linje) [%]
- › Spesifikt årleg kjølebehov [kWh/m²]

Energidekningsgraden, illustrert ved grå stipla linje i Figur 10, er ein viktig parameter ved utforminga av varmesentralen. Denne fortel oss blant anna kor stor varmeeffekt grunnlasta i varmesentralen må levere for å kunne gi ei gitt varmemengd gjennom året. Denne kurva illustrerer altså den akkumulerte varmemengda over effektområdet.



Figur 10 Eksempel på effekt-varigheitsdiagram – grensesnitt for presentasjon av data.

Eksempel på uttak av data frå Figur 10 – nummer (1-2-3) og svarte stipla linjer

MÅL – Dimensjonere grunnlastkjelden for 90 % energidekning. Kva vert grunnlastas naudsynte varmeeffekt? (dvs. finne naudsynt varmeeffekt for å oppnå 90 % energidekning, samt ved kva utetemperatur dette effektbehovet inntreff).

Framgangsmåte:

- 1) Utgangspunkt: 90 % energidekningsgrad (grå stipla linje, venstre akse)
- 2) Gir behov for 28 % effektdekningsgrad (rød linje, venstre akse)
- 3) Behov inntreff ved ein utelufttemperatur på om lag $-1 \text{ }^\circ\text{C}$ (høyre akse)

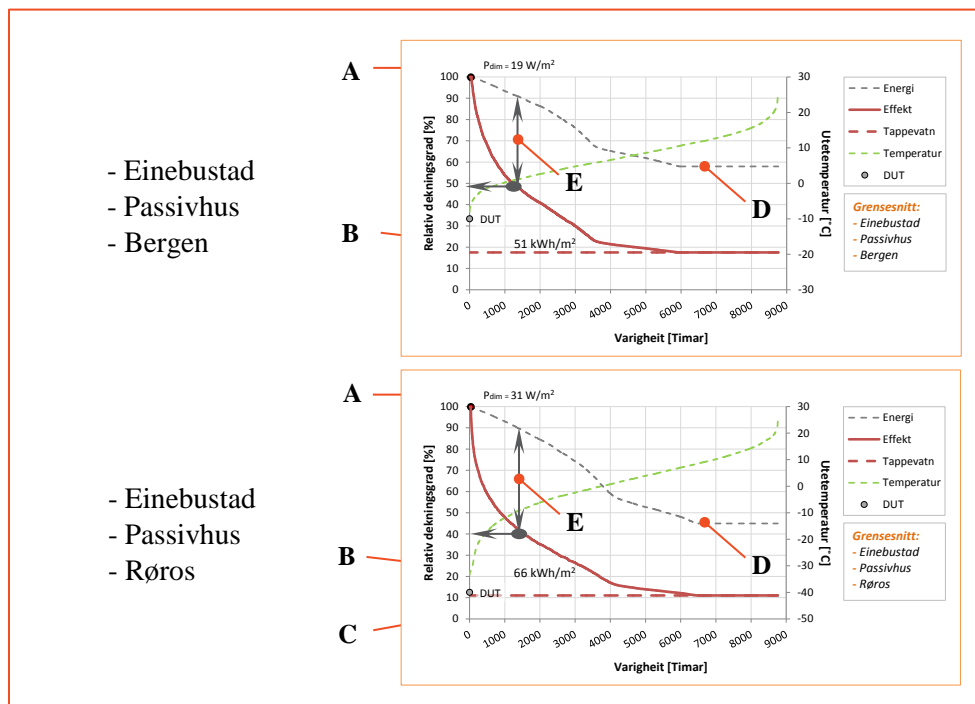
3.2.5 Eksempel frå vedlegg – effekt-varigheitsdiagram

Vedlegg E – Effekt-varigheitsdiagram" består av simulerte effekt-varigheitsdiagram for totalt 80 enkeltstående bygg. Kurvene er sortert og presentert etter struktur på Figur 5, der fyljande prioritet gjeld:

- › Bygningstype
- › Byggjstandard
- › Klimasone

Figurane er presentert som enkeltstående diagram med innmerka sentrale kjerneverdier som spesifikk dimensjonerande varmeeffekt (W/m^2) og spesifikt årleg varmebehov (kWh/m^2). For kontorbygg er kjerneverdier tilknytt kjøleanlegget innmerka, dvs. spesifikk kjøleeffekt (W/m^2) og spesifikt kjølebehov (kWh/m^2).

På tross av at figurane er presentert enkeltstående dannar vedleggsdokumentet ei figursamling som totalt sett gir store moglegheiter for datauttak og analyse over dei parameter ein ynskjer. Figur 11 syner, som eit eksempel, figurar frå vedleggsdokumentet, Einebustad av passivhus-standard i klimasone "Bergen" og "Røros".



Figur 11 Eksempel på figurar i vedleggsdokument. Einebustader av passivhus-standard.

Eksempel på bruk av effekt-varigheitsdiagram

A – Varmeeffekt – Figur 11, avmerking A, syner kurver for einebustad av Passivhus byggjstandard. For denne aktuelle bygningen ser ein at ved dimensjonering av varmelegg vil naudsynt spesifikk varmeeffekt variere frå $19 W/m^2$ i Bergen til $31 W/m^2$ i Røros. Dette einssidig på grunn av klimasone.

B – Varmebehov – På *Figur 11, avmerking B*, ser ein at spesifikt årleg varmebehov for einebustaden varierar frå 51 kWh/m² i Bergen til 66 kWh/m² i Røros. Dette på grunn av klimasonas påverknad på det *utetemperatur-avhengige* varmebehovet.

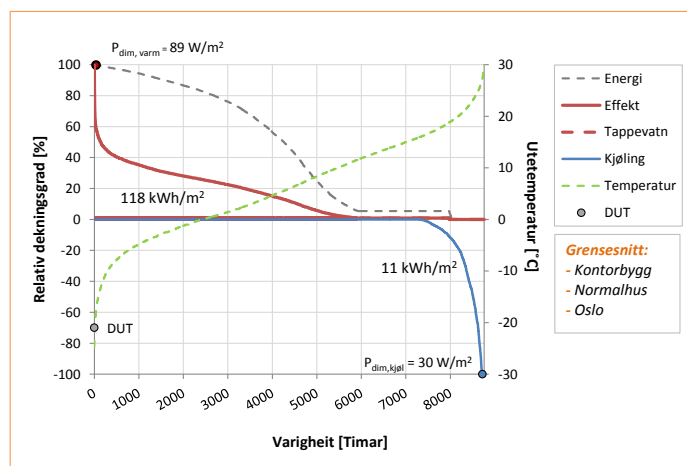
C – Varmt tappevatn – Relativt varmebehov for oppvarming av varmt tappevatn er illustrert som arealet under raud stipla linje, *Figur 11, avmerking C*. Ettersom det er *relative verdier* som er presentert i figursamlinga ser ein at arealet som representerer behovet for varmt tappevatn er ulikt for dei to eksempela på figuren. Dette på tross av likt absolutt behov for varmt tappevatn over året. Dette kjem av at for passivhus i Bergen er det temperatur-avhengige varmebehovet mindre og derfor aukar det den relative andelen forbundet med det varme tappevatnet (VV). Storleiken på dette behovet kjem fram i *Figur 11, avmerking D*, der ein ser at i Bergen står dette varmebehovet for om lag 58 % av det totale årlege varmebehovet, medan det for Røros står for om lag 45 % . Dette ser me også ved estimering for hand:

For Røros:

- > Totalt varmebehov: 66 kWh/m²
- > Behov for varmt tappevatn (VV): 30 kWh/m²
- > VV-andel av totalt varmebehov: $\frac{30 \text{ kWh/m}^2}{66 \text{ kWh/m}^2} = 45 \%$

E – Dimensjonering av grunnlast, varme – Ofte er det vanlig å dimensjonere grunnlasta, for eksempel varmpumpe, biokjel eller el.varme i bustad, til å dekkje 90 % av det årlege varmebehovet. Som ein ser av *Figur 11, avmerking E*, vil ei energidekning på 90 % krevje ei grunnlast på om lag 40 % av dimensjonerande varmeeffekt i Røros, medan den i Bergen vil vere på om lag 50 %. Altso ein *effektdekningsgrad* på hhv. 40 % og 50 %.

Kjøling – *Figur 12* syner blant anna utfordringa med klimakjøling i kontorbygg (blå linje). Behovet krev høg effekt over ei kort periode, og tradisjonelt har dette medført store kjølemaskiner som har låg driftstid.



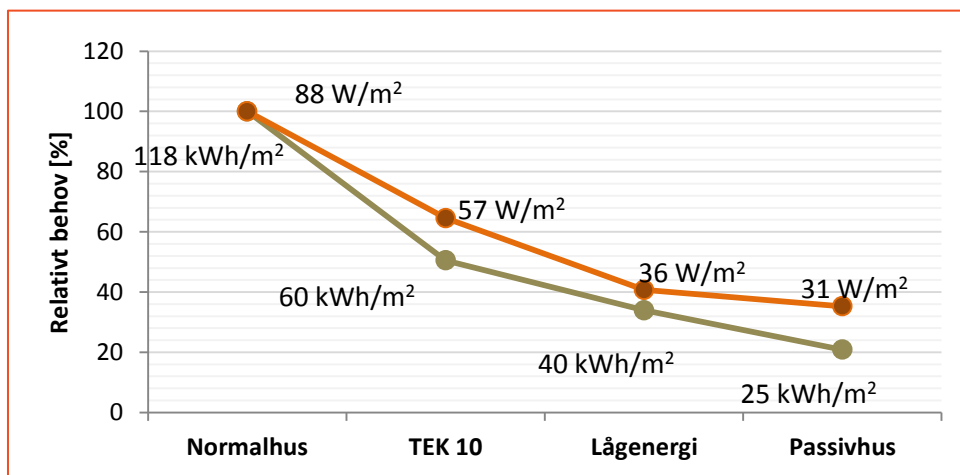
Figur 12 Eksempel på kurver frå figursamling – Kontorbygg, Normalhus-standard i Oslo. Blå kurve er effekt-varighetsdiagram for klimakjøling.

3.3 Analyse av resultatata

Gjennom arbeidet med å generere, sortere og presentere simuleringsdata vart det gjort fleire interessante observasjonar, men som ikkje inngår i vedlagte materiale på totalt 80 effekt-varigheitsdiagram.

3.3.1 Byggjestandard

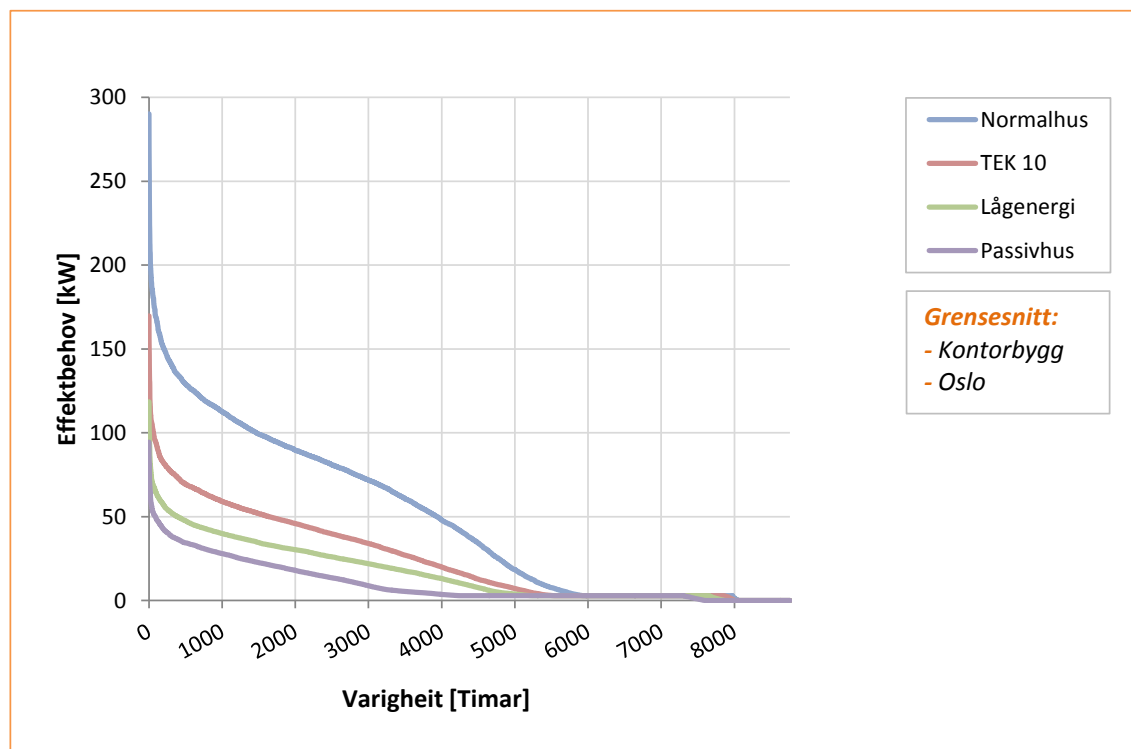
I denne studien er bygnadens byggjestandard ei av kjerneparameterna som er belyst. Med den stadige betringa av byggjestandard dei sist åra veit me at årleg varmebehov for nybygg er sterkt redusert. Med dette er også naudsynt dimensjonerande varmeeffekt også redusert. Som *Figur 13* syner samvarierar desse to behova derimot ikkje for kontorbygg. Til eksempel ser ein at frå Normalhus-standard til Passivhus, for kontorbygg i Oslo, reduserar ein årleg varmebehov med 80 %, medan naudsynt dimensjonerande *brutto* varmeeffekt ($P_{dim, varm}$) vert redusert med omlag 60 %. Dette medfører *reduert brukstid*⁴ for varmeanlegga samt ei auka utfordring med å gjere varmedistribusjonsanlegg basert på fornybar varme økonomisk konkurransedyktig mot for eksempel direkte elektrisk oppvarming.



Figur 13 Eksempel – årleg spesifikt varmebehov og dimensjonerande spesifikt varmeeffektbehov for Kontorbygg av varierende byggjestandard i Oslo-klima.

I *Figur 14* ser ein at med det sterkt reduserte varmebehovet over året, noko som frå Normalhus-standard til TEK10 er halvert. Også fyringssesongens lengd for dei ulike bygga vert redusert med ei betring av byggjestandard. Ein ser for Kontorbygg i Oslo at fyringssesongen er redusert med om lag 30 %, frå 5900 timar for Normalhus-standard til 4200 timar for Passivhus. Etersom fyringssesongens lengd gir varmeanleggets driftstid pr. år vil denne påverke varmeanleggets levetid. Ein reduksjon av varmeanleggets sesong på så mykje som 30 % vil ha stor påverknad på varmeanleggas levetid per år og derpå anleggets årskostnad gjennom levetida.

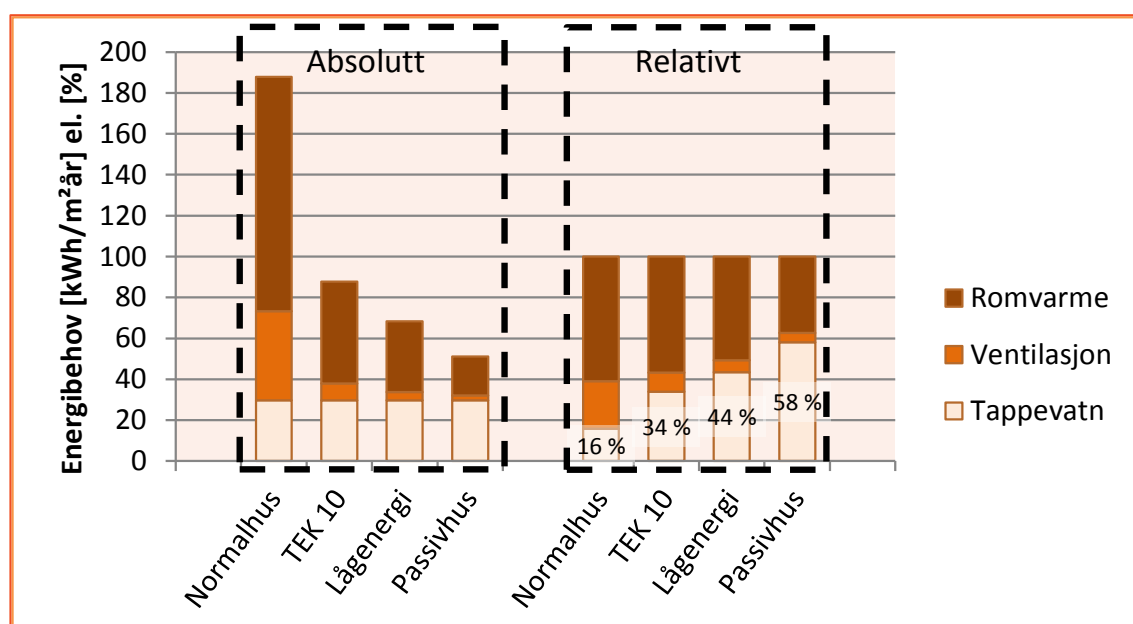
⁴ *Brukstid, også kalla ekvivalent driftstid (τ), er definert som varmemengd fordelt på varmeeffekt. Eit viktig måltal som angir kor godt varmesentralen vert utnytta.*



Figur 14 Eksempel på varmebehov – effekt-varigheitsdiagram for Kontorbygg i Oslo av ulike byggestandarder – Normalhus, TEK10-bygg, Lågenergi-bygg og Passivhus.

Formålsdeling

Ved endring av byggestandard endrer også den relative fordelinga mellom varmeformåla seg. Ettersom dei tre ulike varmeformåla typisk representerer ulike temperaturkrav i varmeanlegget er dette ei endring som medfører ei endring av varmeentralens rammevilkår, Figur 15.



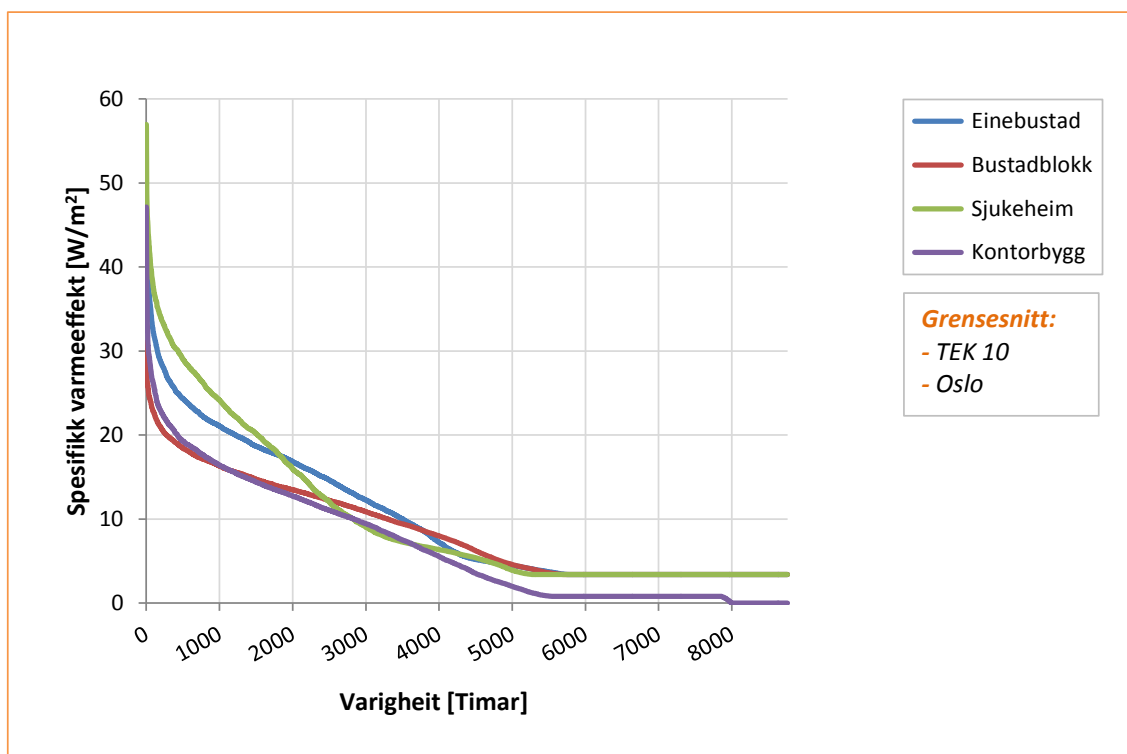
Figur 15 Eksempel – absolutt og relativt varmebehov for ein bustad i Oslo av ulike byggestandarder – Normalhus-standard, TEK10-bygg, Lågenergi-bygg og Passivhus.

Som *Figur 15* syner medfører ei endring av byggjestandard ei reduisering av det utetemperatur-avhengige varmebehovet, medan det utetemperatur-uavhengige behovet (varmt tappevatn) held seg konstant. Tradisjonelt har varmebehovet til oppvarming av tappevatn vore beskjedent, noko me også ser i *Figur 15*, der dette behovet står for 15 % av årleg varmebehov i Normalhus. For Passivhus endrar dette seg, og ein ser at omlag 60 % av det totale varmebehovet ligg over tappevatnet.

3.3.2 Bygningstypene

Alle bygningstypene representerer ulike behov og bruksmønster, noko som blant anna kjem fram ved ulike driftstider og storleiken på behovet for varmt tappevatn. *Figur 16* syner korleis dette gir utslag på effekt-varigheitsdiagramma. Som ein ser er behovet for varmt tappevatn likt for bustadane og sjukeheimen, medan det for det konvensjonelle kontorbygget er minimalt.

Også dei ulike driftstidene ser ein utslaga av i *Figur 16*. Sjukeheimen med lang driftstid over døgnet skil seg tydeleg ut her. Denne bygningstypen har høgt spesifikk effektbehov samanlikna med dei andre bygningane i driftsfase, noko driftstida har stor påverknad på.

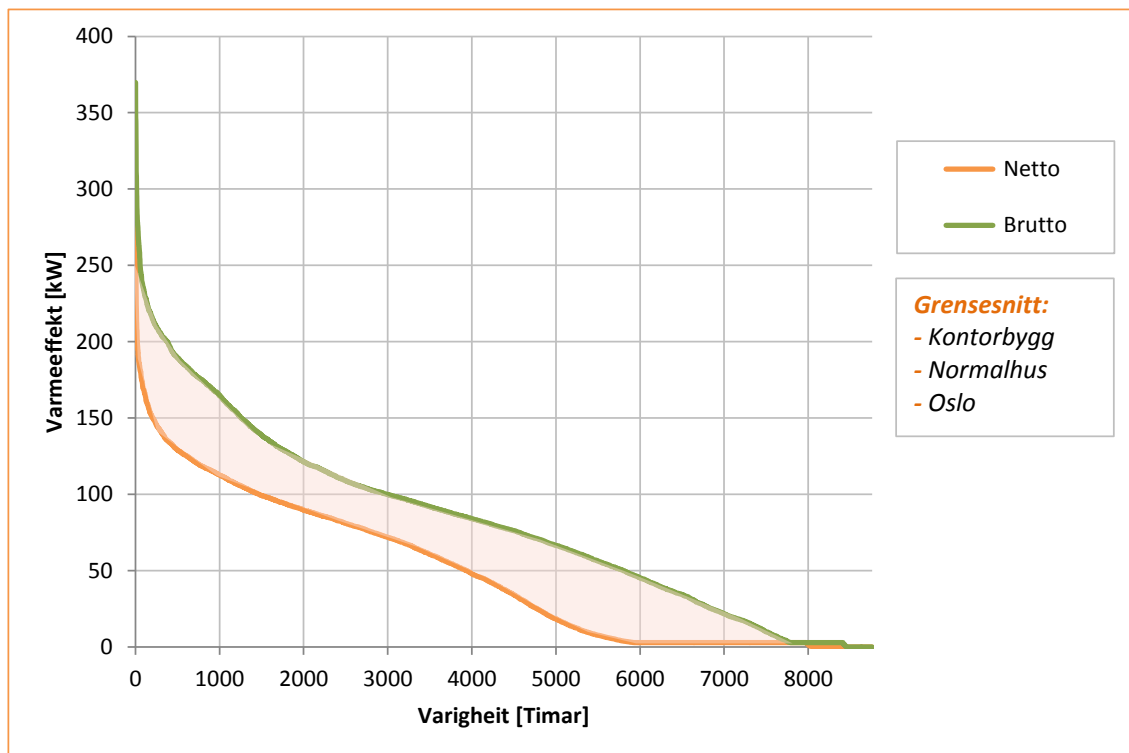


Figur 16 Varmebehov – effekt-varigheitskurver for bygningar av TEK10-standard i Oslo.

3.3.3 Internlastar, varmetilskot og dim. effektbehov

Då dei vedlagde effekt-varigheitsdiagramma syner *netto* varmeeffektbehov, med dimensjonerande *brutto* varmeeffekt ved DUT, dannar desse bilete av korleis varmebehovet i bygningen fordelar seg. For bygningen som klimasystem er dette berre ein del av "verkelegheita", då den totale varmetransporten også inneheld varmetilskot frå både personar, interne varmelaster og sol. Omfanget av varmetilskotet kan

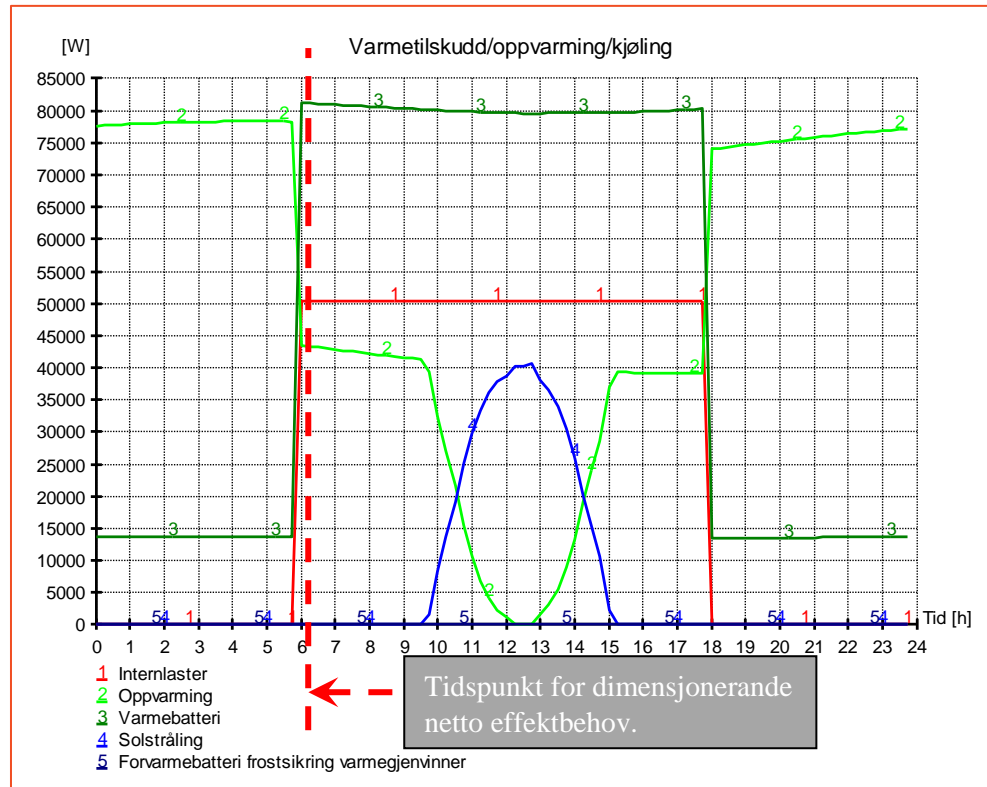
vere betydelige avhengig av byggstandard og bygningstype og vil fylgjeleg påverke effekt-varigheitsdiagrammet. *Figur 17* syner, som eit eksempel, kva omfang varmetilskota har. Figuren gjeld for Kontorbygg av Normalhus-standard i Oslo. Ein ser at sjølv med Normalhus-standard representerer varmetilskota i bygningen ei betydelig varmemengd.



Figur 17 Simulering med og utan varmetilskot frå internlastar og sol for Kontorbygg i Oslo av Normalhus-standard (TEK87 + Enøk-tiltak).

Tradisjonelt er varmeanlegga i norske bygg dimensjonert etter *brutto* effektbehov ved DUT, altså bygningens varmeeffektbehov om den ikkje er i bruk, men likevel skal varmes opp til valt innetemperatur, typisk 20°C. Tidpunktet for døgnsimuleringa er i medio januar, ved dimensjonerande utetemperatur (DUT) for vinter.

I røynda vil ikkje varmesentralen måtte yte denne varmeeffekten, då ein også mottak varmetilskot frå internlastene. Dimensjonerande *brutto* effektbehov minus varmetilskot er per definisjon dimensjonerande *netto* effektbehov. Dette er grafisk framstilt i *Figur 18*. Ein ser av figuren korleis ein forenkla vurderar denne storleiken, der også soltilskot vert inkludert. Avhengig av byggstandard, bygningstype og klimasone kan dimensjonerande effektbehov inntreffe både på natt- og dagtid. På grunn av internlastenes aukande andel av energibehovet med byggstandard, jfr. *Figur 3*, vil typisk dimensjonerande netto effektbehov ligge på natt-tid. Forskjellen mellom brutto og netto varmeeffektbehov ligg då berre over redusert effektbehov grunna nattsinking av luftmengd for klimatisering av bygningen.



Figur 18 Grafisk framstilling av eksempel på tidspunkt der dimensjonerende netto effektbehov inntreffer. Utsnitt fra simuleringsrapport i Simien for Kontorbygg på Røros av «Passivhus-standard». Simulering basert på modell av 1 sone.

Dimensjonerende *netto* effektbehov er spesielt viktig i samband med uttak av grunnlast-varmekjeldas varmeeffekt. Eksempelvis har varmepumper tradisjonelt vore dimensjonerte for ei effektdekning på 40-60 % av dimensjonerende *netto* effektbehov (kostnadsoptimalisering av varmesentralen).

Tabell 2 syner oversikt over dimensjonerende netto effektbehovs andel av dimensjonerende brutto effektbehov. Det vil sei den delen av brutto effektbehov som må dekkast av varmeanlegget. Dette medfører til eksempel:

- > *Einebustad i Oslo av «Normalhus-standard»*: ca. 2 % av brutto effektbehov ved dimensjonerende forhold dekkes av interne varmetilskot i bygningen.
- > *Kontorbygg i Oslo av «Passivhus-standard»*: ca. 33 % av brutto effektbehov dekkes av interne varmetilskot i bygningen.

Ein ser av Tabell 2 at bygningar for bustadformål skil seg frå yrkesbygga, der dimensjonerende netto effektbehov alltid ligg på over 90 % av brutto effektbehov. Altso uavhengig av byggjastandard og klimasone.

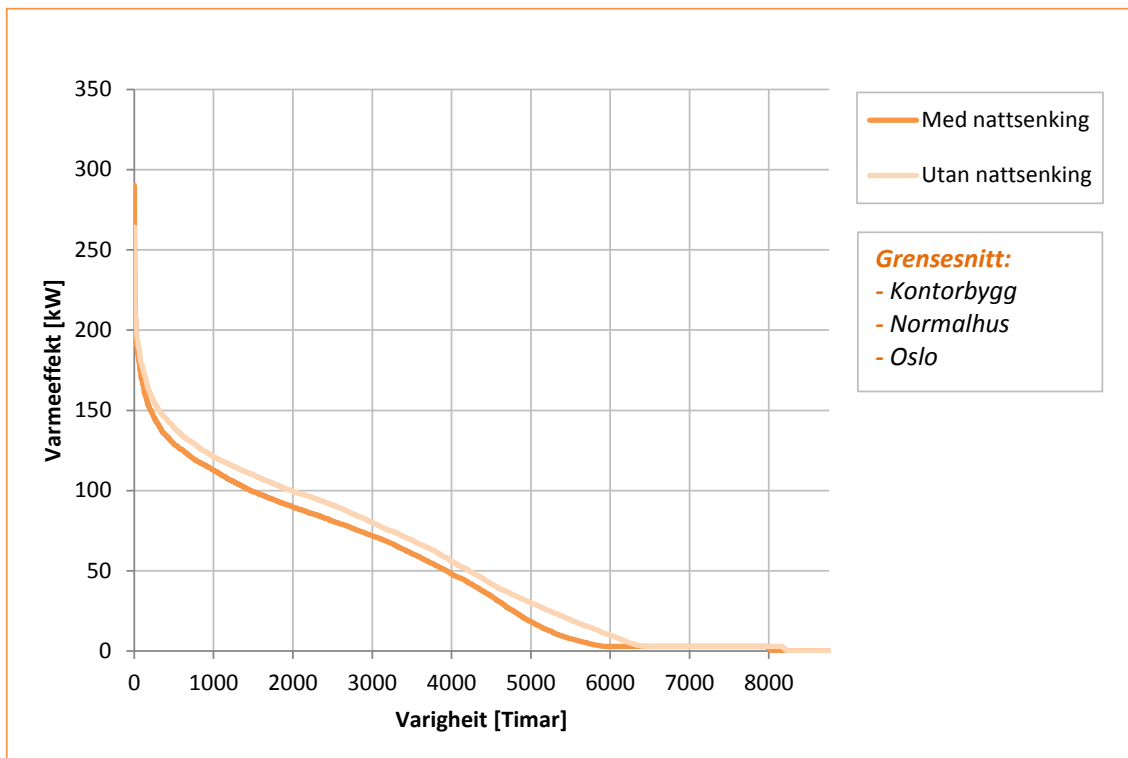
For yrkesbygg gjeld ein anna trend. Ein ser at ei betring av byggjastandard har ein sjølvforsterkande effekt på naudsynt effektbehov over grunnlast-varmekjelda. I tillegg til redusert dimensjonerende *brutto* effektbehov ser ein at også andel *netto* effektbehov av denne er synkende. Generelt sett medfører dette eit relativt lågare effektbehov (ifht varmeanleggets ytelse) for grunnlast-varmekjelda enn ein har sett med eldre byggjastandardar.

		Normalhus	TEK 10	Lågenergi	Passivhus
Einebustad	Oslo	0,98	0,96	0,95	0,93
	Bergen	0,98	0,95	0,94	0,92
	Trondheim	0,98	0,96	0,95	0,93
	Tromsø	0,98	0,95	0,93	0,92
	Røros	0,99	0,97	0,96	0,95
Bustadblokk	Oslo	0,97	0,95	0,94	0,92
	Bergen	0,96	0,94	0,92	0,90
	Trondheim	0,97	0,95	0,94	0,92
	Tromsø	0,96	0,94	0,93	0,90
	Røros	0,98	0,97	0,96	0,94
Kontorbygg	Oslo	0,74	0,86	0,71	0,67
	Bergen	0,65	0,87	0,58	0,65
	Trondheim	0,73	0,86	0,62	0,64
	Tromsø	0,67	0,87	0,69	0,65
	Røros	0,82	0,72	0,73	0,72
Sjukeheim	Oslo	0,86	0,78	0,73	0,68
	Bergen	0,80	0,70	0,70	0,64
	Trondheim	0,85	0,77	0,74	0,69
	Tromsø	0,82	0,72	0,69	0,63
	Røros	0,90	0,85	0,82	0,79
Fargekode		1 – 0,9	0,9 – 0,8	0,8 – 0,7	0,7 >

Tabell 2 Beregna relativt netto effektbehov mot brutto effektbehov for Einebustad, Bustadblokk, Kontorbygg og Sjukeheim.

3.3.4 Nattsinking

Nattsinking av innnetemperaturen er og har vore eit sentralt tema innan enøk-tiltak i eksisterande bygningar. Gjennom desse simuleringane med middelstung bygning syner det seg at dette tiltaket, i dette tilfellet, ikkje medfører noko stor energigevinst. I tillegg medfører også nattsinking eit *auka effektbehov* for varmeanlegget og varmesentralen, i dette tilfellet omlag 10 % auke, noko som er kostnadsdrivande for varmeanlegget totalt sett. I tillegg er dette ugunstig for ein del varmesentralar, som for eksempel varmpumpe, som har høg spesifikk investeringskostnad (kr/kW). *Figur 19* syner eit eksempel på korleis nattsinkinga påverkar effekt-varigheitsdiagrammet for Kontorbygg av Normalhus-standard i Oslo.



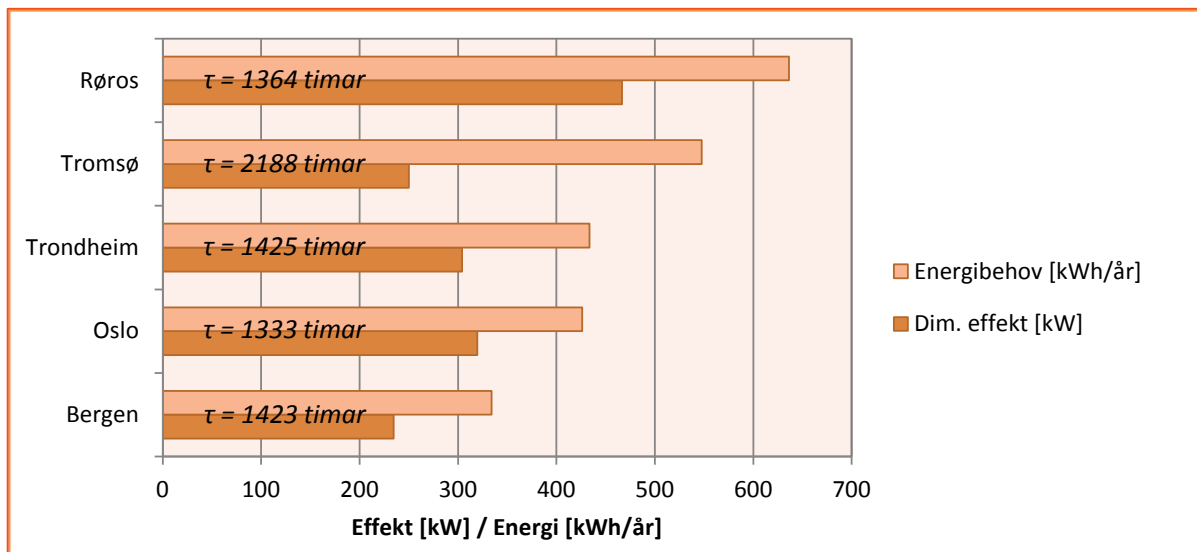
Figur 19 Kontorbygg av Normalhus-standard i Oslo – med og utan nattsinking.

3.3.5 Klimasonene

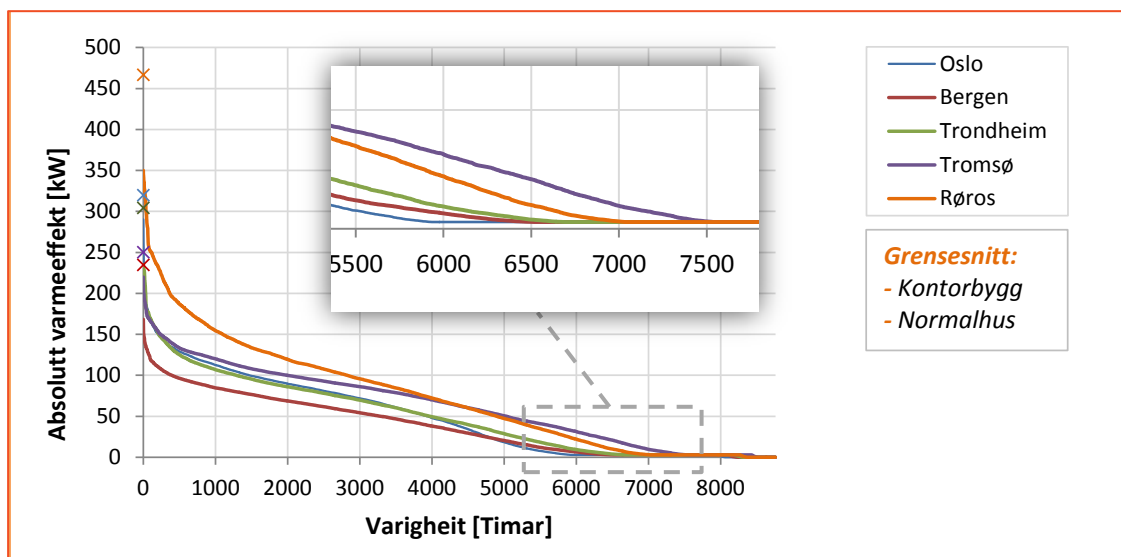
Rammevilkåra til varmeanlegga endrar seg over landet grunna klimatiske forhold. I klimasonene er kjerneelementa fyringssesongens lengd og dimensjonerande ute-temperatur (DUT). Fyringssesongens lengd er ei viktig parameter for det årlege energibehovet til bygningen, medan den dimensjonerande effekten er viktig for blant anna økonomien i anlegget samt kravet til anleggets funksjon ved dellast. I områder av landet med lågt årleg varmebehov og høgt varmeeffektbehov, som innland Sør-Noreg, har til eksempel fornybar varme tøffare forhold for å bli den føretrukne oppvarmingsform enn i områder med høgt årleg varmebehov og lågt varmeeffektbehov, som kyst Nord-Noreg med lågt varmeeffektbehov og høgt årleg varmebehov. Figur 20 syner årleg varmebehov og dimensjonerande varmeeffekt for Kontorbygg av normalhus-standard for dei 5 ulike byane i studien.

Som ein ser av Figur 20 er Bergen den byen med både lågast årleg varmebehov og dimensjonerande varmeeffekt. Når det gjeld gode rammevilkår for fornybar varme skil Tromsø seg ut med låg dimensjonerande varmeeffekt og høgt varmebehov. Oslo-området, med høgst tettleik av bygningar i Noreg, har lågt varmebehov og høgt krav til varmeeffekt. Dette området skil seg også ut som staden med lågast *ekvivalent brukstid*, noko som er eigentleg betyr låg gjennomsnittslast over året. Som me ser har kontorbygg i Tromsø gode rammevilkår for lønnsamheita.

Også fyringssesongens lengd varierer mellom dei ulike klimasonene. Figur 21 syner denne variasjonen der Oslo har kortast sesong medan Tromsø har lengst. Varighetsdiagramma syner også den store ulikeheita i driftsvilkår eit varmeanlegg i Røros og Bergen har, der blant anna dimensjonerande varmeeffekt i Bergen er om lag halvparten av Røros og varmebehovet langt mindre.



Figur 20 Netto varmeeffektbehov og dimensjonerende varmeeffekt (brutto ved DUT) for Kontorbygg av Normalhus-standard i Oslo. Ekvivalent brukstid (τ) er angitt på respektive søyler.



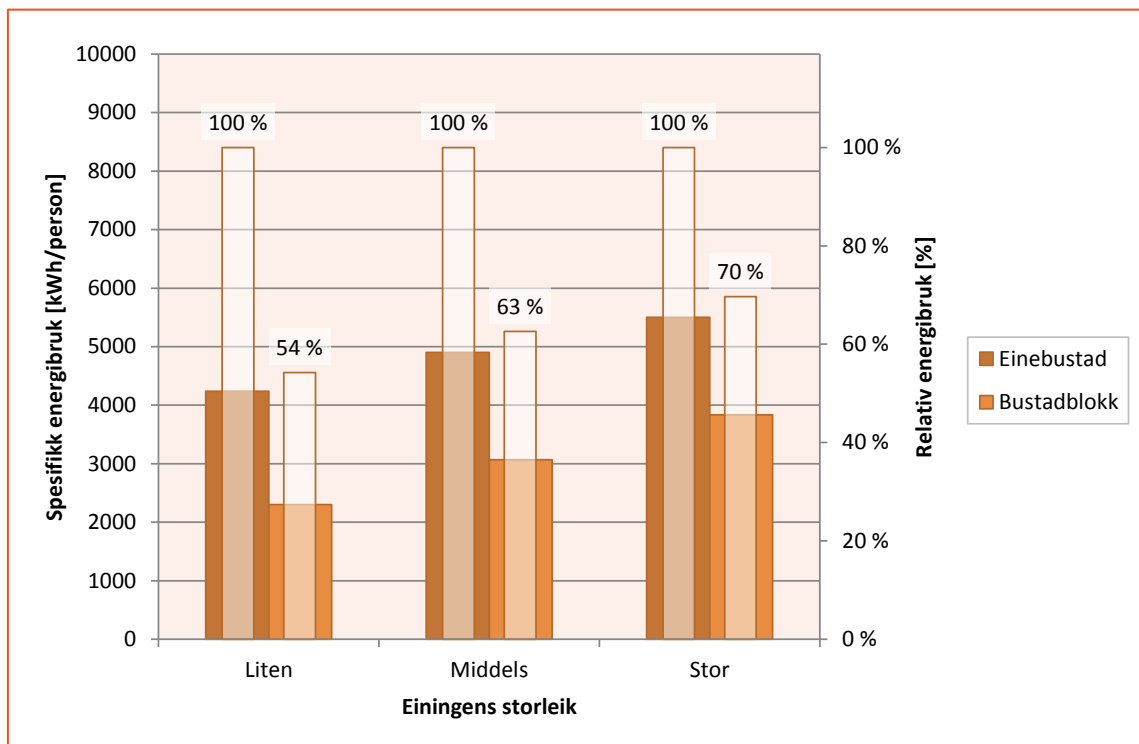
Figur 21 Effekt-varighetskurve for kontorbygg av Normalhus-standard for 5 ulike klimasoner. Avmerk fryingssesongens lengd.

3.3.6 Spesifikt varmebehov

Som eit mål for både effektbruk og energibruk vert det i dag typisk nytta spesifikk energibruk mot bygningens areal, ofte bruksareal BRA. Dette er ikkje alltid det rette målalet å nytte for bygningens energibruk i drift. Dette på grunn av personbelastninga. Til eksempel ser ein dette svært klårt ved bustadblokk samanlikna med ein bustadar. Frå bygningstekniske føreskrifter av 2010 (TEK10), veit me at ut frå rammekravsmetoden er det satt fylgjande krav til energibruk:

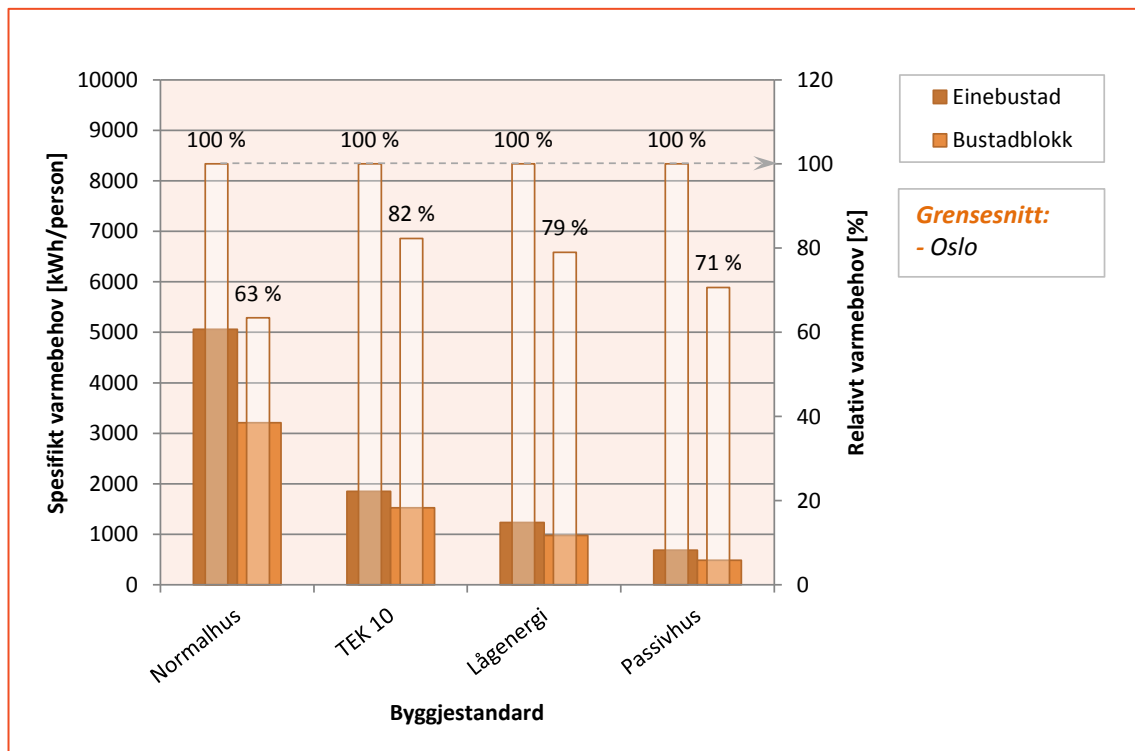
- > **Einebustad** – om lag 130 kWh/m² (BRA 130-170 m²)
- > **Bustadblokk** – 115 kWh/m²

Tilsynelatande er det berre om lag 10 % mindre årleg energibruk i drift ved bustadblokk mot einebustad oppført etter TEK10. Dette for einebustad mellom 130 til 170 m². Om ein derimot samanliknar energibruken mellom dei to bustadtypane med fokus på personbelastinga endrar biletet seg. *Figur 22* syner ei generell samanlikning mellom ulike bustadeiningars absolute og relative spesifikke energibruk mot antal personar i bustaden. Energibruken er berekna etter TEK10 § 14.4 Energirammer. Ein ser at for små einingar av einebustader (4 personar, 130 m²) og leilegheiter (3 roms, 60 m²) er spesifikk energibruk nær halvert ved bustadblokker. For store einingar (einebustad 170 m², bustadblokk 100 m²) er biletet noko meir dempa, men likevel ligg spesifikk energibruk i leilegheiter på berre 70 % av einebustadar. *Ein ser tydelig at bustadblokker er ei svært energieffektiv buform.*



Figur 22 Generell samanlikning av absolutt og relativ spesifikk energibruk mellom einebustad og bustadblokk – frå 100/54 % for liten eining til 100/70 % for stor eining.

Figur 23 syner samanstilling av relativt spesifikt varmebehov (kWh/person), eksklusiv behov for varmtvatn, for einebustad og bustadblokk i denne studien – 100/63 % for Normalhus, 100/82 % for TEK10-bygg, 100/79 % for Lågenergibygg og 100/71 % for Passivhus. Sjølv om desse bueningane ikkje er relativt sett innan same storleikskategori, som definert i *Figur 22*, ser ein likevel at *bustadblokk er ei meir energieffektiv buform*, spesielt for Normalhus-standard.



Figur 23 Samanlikning av relativt spesifikt varmebehov (kWh/person) mellom einebustad og bustadblokk – frå 100/63 % for Normalhus-standard til 100/71 % for Passivhus.

4 DEL 2 – Vurdering av dagens krav til termisk energiforsyning i bygninger

4.1 Innledning

Det er behov for mer kunnskap om hvilke oppvarmings- og eventuelt kjøle-systemer som kan og bør benyttes i ulike typer bygninger, og hvilke kriterier som bør legges til grunn ved vurdering av dette. Funksjonskravene som stilles til varme- og kjølesystemer kan deles inn i såkalte *byggspesifikke (lokale) krav* knyttet til varme- og kjølesystemets funksjon samt *overordnede krav* eller myndighetskrav knyttet til nasjonale og globale konsekvenser av termisk energibruk i bygninger.

Vedlegg B, *Kapittel 7 – Varmeleveranse* – gir en beskrivelse av energibærere og systemer for varmeleveranse til enkeltbygninger samt til grupper av bygg via nærvarmenett eller fjernvarmenett. Energibærere og systemer som er presentert er:

- › *Bioenergi* – ved, briketter, pellets, flis og avfallsprodukter fra landbruket
- › *Varmepumper* – utnyttelse av omgivelsesvarme (jord, fjell, luft, vann) eller lavtemperatur spillvarme (ventilasjonsluft, vann)
- › *Solvarme* – termisk solenergi
- › *Elektrisk oppvarming*, direktevirkende systemer
- › *Gass* – naturgass (metan), LPG (f.eks. propan) og biogass
- › *Olje* – mineralsk (fossil) fyringsolje og bioolje
- › *Fjernvarme og nærvarme* – ulike energibærere/varmesentraler

For hver type varmesystem er det gitt en beskrivelse med hensyn til:

- › Bruksområde og eventuelt tilgjengelig varmeeffekt
- › Utforming, egenskaper inkl. tekniske begrensninger og ulemper
- › Varmeleveranse – punktoppvarming, varmeleveranse til vannbårent varme-distribusjonssystem (VBV) eller varmeleveranse til nærvarme-/fjernvarmenett
- › Reguleringsegenskaper og evt. virkningsgrad/COP

Vedlegg C, *Kapittel 8 – Kjøleleveranse* – gir en beskrivelse av ulike systemer og kilder for kjøleleveranse til enkeltbygninger og fjernkjølenett. Kjøling omfatter i denne sammenheng klimakjøling (punktkjøling, vannbårent kjølenett, fjernkjølenett) og prosesskjøling (f.eks. kjøling av datateknisk utstyr). Systemer og kilder for kjøleproduksjon som er presentert er:

- › Kjølemaskiner, elektrisk drevne
- › Kjølemaskiner, termisk drevne
- › Frikjøling
- › Termisk kjølelager – spisslastkjøling (PCM)

For hver type kjølesystem er det gitt en beskrivelse med hensyn til:

- › Bruksområde
- › Utforming, egenskaper inkl. tekniske begrensninger og ulemper
- › Kjøleleveranse – punktkjøling, kjøleleveranse til vannbårent kjølesystem (VBK) eller kjøleleveranse til fjernkjølenett
- › Reguleringsegenskaper og evt. virkningsgrad/COP

I denne rapporten er det først og fremst fokusert på *varmebehov og varmeproduksjon*, ikke kjøling, ettersom det er varmebehovet som er klart dominerende med hensyn til årlig energibruk i norske bygninger. Det er som vist likevel tatt med en kort beskrivelse av typiske kjølesystemer for helhetens skyld.

4.2 Status – forskrifter, EU-direktiver osv.

4.2.1 Teknisk forskrift (TEK10)

a) "§14-7 – Energiforsyning"

Ved prosjektering og oppføring av boligbygg og yrkesbygg gjelder Forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK10, 2010). I §14-7 "Energiforsyning" er kravene:

- 1) Det er ikke tillatt å installere *oljekjel* for fossilt brensel til *grunnlast* (*Kapittel 6*). Kravet gjelder også ved hovedombygging og ved utskifting av hele eller det vesentligste av varmesystemet, dvs. tank, brenner, kjel og opplegg for distribusjon. Kravet gjelder ikke ved utskifting av kun oljekjel i eksisterende bygninger.
- 2) Bygninger over 500 m² oppvarmet BRA skal prosjekteres og utføres slik at *minimum 60 % av netto varmebehov* til romoppvarming, oppvarming av ventilasjonsluft og varmtvannsberedning kan dekkes med annen energiforsyning enn fossile brenslere eller direktevirkende elektrisitet hos sluttbruker. Fossile brenslere omfatter petroleumsprodukter som mineralsk fyringsolje, parafin, kull, koks, naturgass, propan o.l. Varmeproduserende enheter med direktevirkende elektrisitet hos sluttbruker omfatter panelovner, varmekabler, stråle-



ovner, varmebatterier i ventilasjonsanlegg, elektrokjeler, varmekolber o.l. Direktevirkende elektrisitet omfatter ikke elektrisitet tilført varmepumper, men varmepumper må ha *minimum 60 % energidekningsgrad*.

- 3) Bygninger inntil 500 m² oppvarmet BRA skal prosjekteres og utføres slik at *minimum 40 % av netto varmebehov* kan dekkes med annen energiforsyning enn fossile brensler eller direktevirkende elektrisitet hos sluttbruker. Det er forøvrig ikke krav om skorstein og lukket ildsted for biobrensel.
- 4) Kravet til energiforsyning etter annet og tredje ledd gjelder ikke dersom det dokumenteres at naturforhold gjør det praktisk umulig å tilfredsstille kravet. For boligbygning gjelder kravet til energiforsyning heller ikke dersom *netto varmebehov beregnes til mindre enn 15 000 kWh/år* eller kravet fører til merkostnader over boligbygningens livsløp.
- 5) Boligbygning som etter fjerde ledd er unntatt fra krav om energiforsyning skal ha *skorstein og lukket ildsted for bruk av biobrensel*. Et lukket ildsted må være fastmontert og gi reell oppvarmingseffekt. Dekorasjonspeiser er ikke godkjent varmeløsning. Kravet gjelder ikke for boenheter *under 50 m² oppvarmet BRA* eller boliger som tilfredsstiller passivhusnivå (se *Kapittel 0*).

Kommentarer

Begrensninger med hensyn til installasjon og bruk av varmesystemer basert på fossile brensler og direktevirkende elektrisitet er basert krav til minimum *energi-dekningsgrad* for de alternative varmeløsningene, hhv. 60 % og 40 % for bygninger over og under 500 m² oppvarmet BRA. Dvs. at dagens regelverk kun er relatert til konsekvenser knyttet til årlig energibruk, ikke effektbehov.

Dagens forskrift har kun forbud mot på bruk av oljekjeler som *grunnlast*, og oljekjeler kan derfor benyttes til *spisslast* sammen med en fornybar grunnlastkilde, f.eks. pelletskjel, fliskjel eller varmepumpe. Framtidig lovverk mht. bruk av fossile brensler til grunnlast og spisslast i eksisterende og nye bygninger er beskrevet og kommentert i *Kapittel 4.2.6*.

”Direktevirkende elektrisitet” omfatter ikke elektrisitet tilført elektrisk drevne varmepumper, men ut fra kravene til energidekningsgrad for alternativ varmekilde må varmepumpene eks. spisslast dekke minimum *40 % og 60 %* av totalt årlig varmebehov for bygninger hhv. over og under 500 m² oppvarmet BRA. Dette er krav som dagens varmepumpesystemer oppfyller såfremt de er riktig prosjektert og drif- tet. Feilaktig dimensjonering, uheldige systemløsninger, bruk av høytemperatur varmedistribusjonssystem, feilaktig regulering osv. vil imidlertid kunne medvirke til at varmepumpeanlegg ikke oppfyller kravene i TEK10 (*Vedlegg A, Kapittel 7.2*). Eventuelle avvik kan imidlertid kun dokumenteres ved måling på ferdigstilt anlegg, og det er per i dag ingen lovmessige krav til måleutrustning som muliggjør en slik etterkontroll. For varmepumpeanlegg er det forøvrig ingen krav knyttet til varmepumpens *effektdekningsgrad* ved lave utelufttemperaturer.

I dagens forskrift er det ikke krav om skorstein og lukket ildsted for biobrensel i boligbygninger. Unntaket er boliger med BRA større enn 50 m² og med netto årlig varmebehov under 15.000 kWh/år eller hvor naturforhold gjør det umulig å oppfylle kravene til energiforsyning i TEK10 eller hvor kravene fører til merkostnader

i bygningens livsløp, dvs. negativ nåverdi. Lukket ildsted med biobrensel og skorstein i boliger har den fordel at løsningen sikrer romoppvarming ved strømbrudd, og muliggjør bruk av bioenergi som spisslastkilde i boliger hvor f.eks. varmepumpe eller solfangere benyttes som grunnlastkilde.

b) "§14-8 – Fjernvarme"

I §14-8 "Fjernvarme" er kravene:

- › Der hvor det i plan er fastsatt tilknytningsplikt til fjernvarmeanlegg etter Plan- og bygningsloven § 27-5, skal nye bygninger i konsesjonsområdet utstyres med varmeanlegg slik at fjernvarme kan nyttes for romoppvarming, ventilasjonsvarme og varmtvann.
- › I henhold til Plan- og bygningsloven § 27-5 andre ledd kan kommunen gjøre helt eller delvis unntak fra tilknytningsplikten i tilfeller der det kan dokumenteres at bruk av alternative løsninger for tiltaket vil være *miljømessig bedre*.

Kommentarer

For fjernvarme er det *kun tilknytningplikt, ikke bruksplikt*, men nye bygninger må ha vannbårent varmedistribusjonssystem. Det er følgelig tillatt å benytte alternativ varmforsyning i nybygg i konsesjonsområde for fjernvarme, f.eks. varmepumpe eller biofyrt kjelanlegg, men byggets varmedistribusjonssystem må tilknyttes fjernvarmenettet med en varmevekslersentral (undersentral).

Hvis bygget ikke bruker fjernvarme kan byggeier likevel pålegges å betale "tilknytningsavgift" og "fast årlig avgift", jfr. Energiloven § 5-5. For store områdemessige byfornyelsesprosjekter kan det imidlertid kreves tilknytningsplikt. Det skal vurderes om det skal pålegges tilknytningsplikt ved så omfattende rehabilitering at bygningsmassen uten vesentlige merkostnader utover kravene i Teknisk forskrift kan tilrettelegges for fjernvarme.

Odelstingsproposisjonen til loven har fastsatt at "*Med miljømessig bedre menes bl.a. at bruk av alternative energibærere eller energikilder i stedet for tilknytning til fjernvarmeanlegg vil føre til at bygningen vil kreve mindre energi eller forårsake mindre utslipp enn alternativet under ellers like vilkår. Det er ikke anledning til å trekke inn økonomiske vurderinger*". Det står imidlertid ikke spesifisert hvordan "miljømessig bedre" varmforsyningsløsning skal dokumenteres. Tiltakshaver må dokumentere at den alternative løsningen er bedre, ikke bare like god. Kommunene har ikke plikt til å gi dispensasjon og vilkårene for dispensasjon er uklare. Et spørsmål er om det skal kunne legges vekt på at en eventuell dispensasjon vil torpedere et fjernvarmeprosjekt, og at dette totalt sett er ugunstig for miljøet eller om det kun skal sees på det konkrete bygget (NoU 2012:9).

c) "§ 15 – Installasjoner og anlegg"

I §15 "Installasjoner og anlegg" er bl.a. kravene:

- 2) "Sentralvarmeinstallasjon". Følgende skal minst være oppfylt: b) Installasjon for vannbåren varme tilknyttet fjernvarmeanlegg eller varmepumpe skal ha temperaturregulering av vannet slik at *temperaturen tilpasses teknisk utstyr og energieffektiv varmeproduksjon*.

- 4) Varme- og kuldeinstallasjon skal prosjekteres og utføres slik at installasjonen gir de ytelser som er forutsatt og krav til sikkerhet, energibruk og innemiljø blir ivarettatt. Følgende skal minst være oppfylt: a) Varme- og kuldeinstallasjonen skal ha mulighet for automatisk regulering og skal tilpasses *energieffektiv drift*, c) Ved normale driftsforhold skal det oppnås *god forbrenning*.

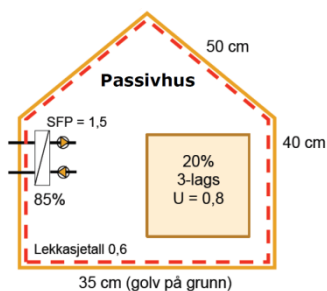
Kommentarer

I dagens forskrift er kravene til varme- og kuldeinstallasjoner er svært overordnede, ettersom det ikke er spesifisert eller utdypet hva som menes med ”energieffektiv drift”, ”god forbrenning” for kjelanlegg, ”temperaturtilpasning til teknisk utstyr”, ”energieffektiv varmeproduksjon” og ”energieffektiv drift”.

4.2.2 Norsk Standard – lavenergihus og passivhus

NS 3700:2010 (boligbygninger) og NS 3701:2012 (yrkesbygninger) er to norske standarder som fastsetter kriterier for lavenergihus og passivhus,. Standardene omfatter definisjoner, krav til varmetap, oppvarmingsbehov, kjølebehov, effekt- og energibehov til belysning og *energiforsyning* samt minstekrav til enkelte bygningskomponenter. Standardene setter også krav til lekkasjetall, prøvingsprosedyrer, målemetoder og rapportering av energiytelsen ved ferdigstilling. Standardene gjelder både for nye bygninger og oppgradering av eksisterende bygninger til lavenergi- eller passivhusstandard.

I boligbygg av passivhusstandard vil årlig energibehov til varmtvannsberedning pga. bedre isolert og tettere bygningskropp utgjøre en høyere andel av totalt årlig varmebehov enn i TEK10-bygninger, typisk 50 til 80 %. Termisk energiforsyning i boligbygg av passivhusstandard vil derfor i langt høyere grad enn eksisterende boligbygg påvirkes av årlig oppvarmingsbehov for varmt tappevann.



Kravene i standardene mht. termisk energiforsyning er som følger:

- > NS 3700 – boligbygninger. Beregnet mengde levert elektrisk eller fossil energi skal være mindre enn totalt netto energibehov fratrukket 50 % av netto energibehov til oppvarming av varmt tappevann.

$$E_{del,el} < E_t - 0,5 \cdot Q_{W,d}$$

$E_{del,el}$ – Energi fra levert elektrisitet (kWh/år). Fossile brenslere er utelatt fra likningen.

E_t – Totalt årlig, netto energibehov inkl. el. til belysning og teknisk utstyr (kWh/år)

$Q_{W,d}$ – Årlig netto energibehov for oppvarming av varmtvann (kWh/år)

NS 3701 – yrkesbygninger – Minimum 60 % av årlig netto energibehov til oppvarming skal dekkes med annen energiforsyning enn direktevirkende elektrisitet eller fossile brenslers hos sluttbruker. Bygninger i områder med tilkynningsplikt til fjernvarmeanlegg skal utstyres med varmeanlegg slik at fjernvarme kan nyttes til romoppvarming, ventilasjonsvarme og varmtvannsberedning. Bygningen skal utformes slik at termisk komfort oppnås med svært lavt energibehov til kjøling av romluft og/eller tilluft.

Kommentarer

NS 3700 krever i praksis at *minst 50 %* av årlig energibehov til varmtvannsberedning skal dekkes med annen energikilde enn direkte elektrisitet eller kjel basert på forbrenning av fossile brenslers.

Kravene i NS 3701 mht. termisk energiforsyning er de samme som i TEK10, dvs. at minst 60 % av årlig varmeleveranse skal være fra en fornybar varmekilde. I tillegg er det satt konkrete krav for å redusere energibruken til klimakjøling i bygningen. Det er i den sammenheng ikke skilt mellom relativt energikrevende kjøleleveranse fra elektrisk drevne kjølemaskiner og energieffektiv og fornybar kjøling fra frikjølingskilder som fjell/berg, sjøvann eller grunnvann.

Stortingsmelding nr. 21 (2011-2012) ”Norsk Klimapolitikk” og Stortingsmelding nr. 28 (2011-2012) ”Gode bygg for eit betre samfunn” har fastsatt at det ønskes passivhusnivå som bygningsstandard innen 2015 og nesten nullenerginivå innen 2020. Direktoratet for byggkvalitet (DiBk) har iverksatt et utredningsarbeid som bl.a. skal innhente kunnskap om hvordan dagens energiregler fungerer. I tillegg skal utredningen drøfte om nye krav bør tilpasses lokale klimaforskjeller og om forskriftskravene bør knyttes tettere mot klimaeffekten av energibruken. Utredningen skal også vurdere konsekvenser av de foreslåtte regelverksendringene, der blant annet kostnader, inn klima og risikofaktorer skal vurderes. *Nye TEK15 vil gi skjerpede energikrav*, basert på kjente tiltak i TEK10 supplert med nye tiltak (Direktoratet for byggkvalitet). Det er ikke kjent hvilke nye rammekrav eller funksjonskrav som vil stilles til bygningenes varmforsyning.



4.2.3 Energimerkeordningen – energiattest

Som en konsekvens av EUs Bygningsenergidirektiv (EC, 2002) ble det fra 1. juli 2010 innført energimerking av boliger og yrkesbygg i Norge. Kravet til energiattest ved salg eller utleie gjelder for alle boliger, fritidseiendommer og yrkesbygg. For yrkesbygg over 1000 m² skal det alltid foreligge oppdatert energiattest. Attesten har en gyldighet på 10 år, men kan fornyes når som helst. Energiattesten består av en *Energikarakter* og en *Oppvarmingskarakter*.

a) *Energikarakter – dagens ordning*

Energikarakteren går fra **A** til **G**, er basert på beregnet levert energi per m² oppvarmet BRA, og er et resultat av beregnet *levert energi* til boligen eller bygningen ved

normal bruk. Det er ikke tatt hensyn til hvilke energibærere varmesystemet benyttes, da dette ivaretas av Oppvarmingskarakteren. Beregningen skal utføres i hht. NS 3031. *Tabell 3* viser sammenhengen mellom årlig maks. levert energi pr. m² og tilhørende Energikarakter (A-G) for ulike bygningskategorier (NVE, 2013).

Tabell 3 Skala for energimerkets Energikarakter (levert energi, kWh/m²år) (NVE, 2013).

Bygningskategori	Levert energi pr m2 oppvarmet BRA (kWh/m2)						
	A	B	C	D	E	F	G
Småhus	77+1600/A	115+1600/A	153+1600/A	229+1600/A	305+1600/A	458+1600/A	Ingen grense
Leiligheter (boligblokker)	63+650/A	94+650/A	126+650/A	180+650/A	235+650/A	353+650/A	Ingen grense
Barnehager	90	135	180	228	276	414	Ingen grense
Kontorbygg	84	126	168	215	263	395	Ingen grense
Skolebygg	79	118	158	208	259	389	Ingen grense
Universitets- og høyskolebygg	95	143	191	240	289	434	Ingen grense
Sykehus	179	268	358	416	475	713	Ingen grense
Sykehjem	136	203	271	328	384	576	Ingen grense
Hoteller	135	202	269	321	373	560	Ingen grense
Idrettsbygg	109	164	218	272	325	488	Ingen grense
Forretningsbygg	129	194	258	309	360	540	Ingen grense
Kulturbygg	105	158	210	256	302	453	Ingen grense
Lett industri, verksteder	106	159	212	270	329	494	Ingen grense

A = oppvarmet del av BRA [m2]

Øvre grense for karakter C er basert på nivå for TEK 2007.
For boliger er denne tilpasset NS 3031:2007 / A1:2010.

Forskjellen mellom *levert energi* og *netto energibehov* for en bygning er i hovedsak at for levert energi er varmesystemets virkningsgrad inkludert i beregningen. Forbrenning av fossile brensler og biomasse har alle et virkningsgradstap slik at levert energi blir høyere enn netto energibehov. Direkte elektriske varmesystemer har minimale virkningsgradstap, mens solenergi og varmepumper kommer positivt ut ved at de utnytter henholdsvis solvarme og omgivelsesvarme (fornybar varme).

En bygning som er i henhold til minimumskravene i TEK10, og som ikke benytter solenergi eller varmepumpe til oppvarming, vil normalt oppnå karakteren C. For å oppnå B må bygningen ha bedre isolasjon og vinduer enn kravene i byggeforskriftene og/eller ha installert varmepumpe eller solfanger for oppvarming. For å få energikarakter A må normalt alle disse tiltakene være gjennomført. Dette betyr også at de aller fleste eksisterende bygninger vil få karakterer mellom D og G. For småhus og leiligheter er karakterskalaen avhengig av bruksarealet (NVE, 2013).

b) Energikarakter – revisjon

Skalaen for energimerkets *Energikarakter* vil endres med virkning fra 1.7.2013. Bakgrunnen er at energikarakterskalaen har vist seg å ha noen feil og svakheter samt at det er behov for å tilpasse skalaen til TEK10. Energimerkets *Oppvarmingskarakter* vil ikke endres (NVE, 2013). *Tabell 4* viser hvordan den nye energimerkeskalaen er bygget opp. Nye referansepunkter er øvre grenseverdier for A (passivhusnivå), C (TEK10) og F (TEK69 + 7 %).



Tabell 4 Ny energimerkeskala (merkenivåer for levert energi) (NVE, 2013).

Merkenivåer for levert energi						
A	B	C	D	E	F	G
Passivhus	$(A+C) \cdot 1/2$	TEK10	$(2C+TEK69)/3$	$(2 \cdot TEK69+C)/3$	TEK69-1,07	>F

Tabell 5 viser den nye skalaen for energimerkets *Energikarakter* i beregnet levert energi per m² og år (kWh/m²år), jfr. NS3031, gjeldende fra 1.7.2013. Grensene er avrundet til nærmeste hele 5 og er eksakte verdier (NVE, 2013).

Tabell 5 Ny skala for energimerkets *Energikarakter* (levert energi, kWh/m²år), gjeldende fra 1. juli 2013 (NVE, 2013).

Bygningskategorier	A mindre eller lik [kWh/m ²]	B mindre eller lik [kWh/m ²]	C mindre eller lik [kWh/m ²]	D mindre eller lik [kWh/m ²]	E mindre eller lik [kWh/m ²]	F mindre eller lik [kWh/m ²]	G ingen grense [kWh/m ²]
Småhus	85,00+800/Afl	115,00+1600/Afl	145,00+2500/Afl	175,00+4100/Afl	205,00+5800/Afl	250,00+8000/Afl	> F
Leiligheter (boligblokk)	75,00+600/Afl	95,00+1000/Afl	110,00+1500/Afl	135,00+2200/Afl	160,00+3000/Afl	200,00+4000/Afl	> F
Barnehage	80,00	110,00	145,00	180,00	220,00	275,00	> F
Kontorbygning	85,00	115,00	145,00	180,00	220,00	275,00	> F
Skolebygning	70,00	100,00	135,00	175,00	220,00	280,00	> F
Universitets- og høyskolebygning	85,00	125,00	160,00	200,00	240,00	300,00	> F
Sykehus	165,00	235,00	305,00	360,00	415,00	505,00	> F
Sykehjem	140,00	190,00	240,00	295,00	355,00	440,00	> F
Hotellbygning	125,00	185,00	240,00	290,00	340,00	415,00	> F
Iddrettsbygning	115,00	160,00	205,00	275,00	345,00	440,00	> F
Forretningsbygning	105,00	155,00	210,00	255,00	300,00	375,00	> F
Kulturbygning	85,00	130,00	175,00	215,00	255,00	320,00	> F
Lett industribygning, verksted	100,00	140,00	185,00	250,00	315,00	405,00	> F

Kommentar

Hensikten med Energimerkeordningen er å synliggjøre byggenes energikvaliteter slik at energieffektive bygg skal bli mer attraktive ved kjøp, salg og utleie, og at bolig-/byggeier utfører konkrete tiltak for å redusere levert energi til bygget. Varmepumper og solfangersystemer er de fornybare varmesystemene som gir en direkte reduksjon i levert energi og dermed bedre karakter, mens bruk av bioenergi eller fjernvarme for varmeleveranse ikke har noen positiv innvirkning på karakteren.

c) Oppvarmingskarakter

Oppvarmingskarakteren gis med en femdelt fargerangering fra **rødt** til **grønt**, og rangerer boligen/bygningen etter hvilke energibærere og varmesystemer som benyttes. Grønt er beste karakter og gis der boligen/bygningen har varmesystemer hvor det brukes en høy andel av andre energibærere enn elektrisitet, olje eller gass, mens bruk av kun fossilt brensel og/eller direkte bruk av elektrisitet gir rød karakter. *Oppvarmingskarakteren er uavhengig av Energikarakteren.* Andelen elektrisitet og fossilt brensel må ligge under grenseverdiene i Tabell 6 for at boligen/bygningen skal oppnå de ulike fargegraderingene.

Tabell 6 Karacterskala for energimerkets Oppvarmingskarakter (NVE, 2013).

30,0 %	47,5 %	65,0 %	82,5 %	100,0 %

Tabell 7 viser *eksempler* på beregnet oppvarmingskarakter for en stor enebolig med ulike kombinasjoner av oppvarmingssystemer basert på pelletskjel, pelletskamin med vannmantel, vedovn, væske/vann-varmepumpe, luft/vann-varmepumpe, termiske solfangere, fjernvarme, elektriske panelovner, elektriske varmekabler, el-kassetter og el.varmekolber i varmtvannstank (NVE, 2013). For større boligbygg og yrkesbygg vil oppvarmingskarakteren for de vannbårne løsningene kunne bli noe annerledes. For å kunne beregne andelen elektrisitet og fossilt brensel tilført alle oppvarmingssystemer i boligen/bygningen trengs kunnskap om samt gode erfaringstall for typisk fordeling mellom romoppvarming og varmtvannsberedning i boligen/bygningen samt både energidekningsgrad og systemvirkningsgrad for de oppvarmingssystemene som benyttes (*Kapittel 7*).

Tabell 7 *Eksempler på Oppvarmingskarakter for en stor enebolig med ulike kombinasjoner av oppvarmingssystemer (NVE, 2013). El.varme er direkte elektrisk oppvarming.*

Vannbåren oppvarming – pelletskjel (grunnlast) og el.varme (spisslast)
Vannbåren oppvarming – fjernvarme (romvarme og varmtvann)
Vannbåren oppvarming – varmepumpe fra berg/grunn/vann og termiske solfangere (grunnlast romvarme, varmtvann) kombinert med el.varme (spisslast)
Vannbåren oppvarming – varmepumpe fra berg/grunn/vann (grunnlast romvarme og varmtvann) kombinert med el.varme (spisslast romvarme og varmtvann)
Vannbåren oppvarming – pelletskamin m/vannmantel (grunnlast romvarme og varmtvann) kombinert med el.varme (spisslast romvarme og varmtvann)
Luft-til-luft varmepumpe (grunnlast romvarme) og lukket vedovn (spisslast romvarme) kombinert med el.varme (alt varmtvann og spisslast romvarme)
Termiske solfangere (grunnlast varmtvann) og luft-til-luft varmepumpe (grunnlast romvarme) kombinert med el.varme (spisslast romvarme og varmtvann)
El.varme (grunnlast romvarme, alt varmtvann) og vedovn (spisslast romvarme)
Termiske solfangere (grunnlast varmtvann) og el.varme (romvarme, spisslast varmtvann)
Luft-til-luft varmepumpe (grunnlast romvarme) og direkte elektrisk oppvarming (spisslast romvarme, varmtvann)
Kun el.varme (romvarme og varmtvann)

Kommentarer

Beregningsprosedyren for *Oppvarmingskarakteren* baserer seg på at elektrisitet som energibærer medvirker til CO₂-utslipp i samme størrelsesorden som ved bruk av fossile energibærere (rød farge). De betyr at de assosierte CO₂-utslippene ved elektrisitetsproduksjon skal tilsvare EU-middel (UCPTE⁵) eller høyere, og at det ikke benyttes fornybar elektrisitet fra vannkraft eller vindmøller. Bioenergi på sin side er forutsatt å være helt klimanøytral (mørk grønn farge), mens fjernvarme ikke er differensiert mht. type energibærere i varmesentralen (jfr. *Kapittel 7.7*).

Oppvarmingskarakteren beregnes kun i forhold til hvilke energibærere som benyttes for å dekke årlig varmebehov (*energidekningsgrader*), og er helt frikoblet fra spisslastkildens egenskaper. Dvs. at varmesystemer hvor hele eller store deler av varmeeffektbehovet ved dimensjonerende utetemperatur (DUT) dekkes med direk-

⁵ UCPTE – Union for the Co-ordination of Production and Transmission of Electricity

te elektrisk oppvarming, får i dagens energimerkeordning ikke dårligere oppvarmingskarakter enn varmesystemer hvor spisslast dekkes med olje, bioolje eller gass og dermed avlastet el-nettet. I eksempelet på forrige side får pelletskjel (grunnlast) og el.varme (spisslast) mørkegrønn energikarakter, mens bergvarmepumpe og solfangere (grunnlast) samtl.varme (spisslast) for lysegrønn karakter.

Ved beregning av Oppvarmingskarakter for eldre bygninger med relativt høyt varmtvannsbehov (boligbygg, hoteller, sykehjem, sykehus, idrettsanlegg osv.) kontra bygninger av passivhusstandard vil karakteren kunne bli forskjellig ettersom forholdet mellom årlig energibehov til varmtvannsberedning og totalt årlig energibehov til oppvarming er vesentlig høyere i passivhusbygg.

4.2.4 Økodesign-direktivet/-forskriften

EUs Økodesign-direktiv (EC, 2009-2) skal fremme utvikling og anvendelse av energieffektive og miljøvennlig relaterte produkter for å bidra til å begrense energibruk og miljøbelastning i hele produktens livssyklus. Dette innebærer bl.a. at det skal settes minimumskrav til energieffektivitet for energirelaterte produkter (CE-merkede produkter). Direktivet ble i Norge gjennomført ved Økodesign-forskriften, som trådte i kraft i mars 2011 (NVE, 2011).



Økodesign-direktivet er et *rammedirektiv* som definerer prinsipper for å sette miljøkrav til energirelaterte produkter beregnet for bruk innenfor sektorene husholdning, industri og tjenesteyting. Direktivet angir derfor ikke konkrete krav til enkeltprodukter, og kravene gis i egne *forordninger*. Følgende produkttyper omfattet av direktivet er relevant for oppvarmings- og kjølesystemer i bygninger:

- › Sirkulasjonspumper (inkl. motor)
- › Vifter (inkl. motor)
- › Elektriske motorer
- › Kraftforsyningsenheter

I forlengelsen av allerede vedtatte forordninger er det utarbeidet en arbeidsplan der nye forordninger planlegges for bl.a.:

- › Kjølemaskiner/-aggregater (> 12 kW)
- › Ventilasjonsaggregater
- › Oppvarmingsutstyr drevet av elektrisitet og fossile brensler
- › Kjøle- og fryseutstyr
- › Transformatorer (alle typer/ytelser)

”Oppvarmingsutstyr” omfatter f.eks. elektriske og gass-/oljefyrte varmesystemer for romoppvarming, alle typer varmepumper samt utstyr for vannvarming, f.eks. varmtvannstanker med integrerte elektriske varmekolber eller gassbrenner. Det er forventet at det vil komme mange nye forordninger de kommende årene som vil stille stadig strengere krav til energieffektivitet for enkeltkomponenter og utstyr.

4.2.5 Breeam-sertifisering av bygninger

BREEAM⁶ er Europas ledende metode for *frivillig* klassifisering av bærekraftige bygninger. BREEAM NOR, som er en norsk tilpasning av BREEAM, ble lansert 20.10.2011. BREEAM har utviklet ulike evalueringsverktøy og manualer for ulike typer bygninger. Disse kan anvendes for nybygg og ved større rehabilitering av bygninger. Bygningens miljøprestasjon bedømmes ut i fra et antall ulike områder. Det er minimumskrav for å oppnå poeng innenfor helse og komfort, *energibruk*, materialvalg, arealplan, transport, avfall, vann og forurensning. For hvert område regnes det ut hvor stor del av de totale poengene som er oppnådd, og dette blir satt sammen til en totalsum som resulterer i oppnådd karakter. Karakternivåene er – Pass, Good, Very Good, Excellent og Outstanding. *Figur 24* viser kategorier og hovedområder, mens *Figur 25* viser miljøvektinger for BREEAM NOR. Kriteriene overstiger og støtter minstestandardene nedfelt i byggstandarder og annet regelverk. Kriteriene og ytelsesnivåene representerer god eller beste praksis for bærekraftig design og miljø (Breeam, 2012).



Ledelse <ul style="list-style-type: none"> • Idriftsettelse • Påvirkning på byggeplass • Brukerveiledning for bygg • LCC 	Avfall <ul style="list-style-type: none"> • Byggavfall • Resirkulert tilslag • Gjenvinningsanlegg
Helse og innemiljø <ul style="list-style-type: none"> • Dagslys • Termisk komfort for brukerne • Akustikk • Innendørs luft- og vannkvalitet • Belysning 	Forurensning <ul style="list-style-type: none"> • Bruk og utslipp av kjølevæske • Flomrisiko • NO_x-utslipp • Forurensning av vassdrag • Ekstern lys- og støyforurensning
Energi <ul style="list-style-type: none"> • Behov for energi • Lav- eller nullkarbonløsninger • Delmåling av energi • Energieffektive installasjoner 	Arealbruk og økologi <ul style="list-style-type: none"> • Tomtevalg • Beskyttelse av økologiske funksjoner • Demping/forsterkning av økologisk verdi
Transport <ul style="list-style-type: none"> • Nærhet til kollektivtransport • Tilrettelegging for gående og syklist • Nærhet til fasiliteter • Reiseplaner og informasjon 	Materialer <ul style="list-style-type: none"> • Livsløpsvurdering av materialer • Gjenbruk av materialer • Ansvarlig innkjøp (sourcing) • Robusthet
Vann <ul style="list-style-type: none"> • Vannforbruk • Lekkasjedeteksjon • Gjenbruk og resirkulering av vann 	Innovasjon <ul style="list-style-type: none"> • Mønstergyldige ytelsesnivåer

Figur 24 Kategorier og hovedområder for BREEAM NOR (Breeam, 2012).

Miljøområdene	Vekting (%)	
		Kun for innredningsarbeider
Ledelse	12	13
Helse og innemiljø	15	17
Energi	19	21
Transport	10	11
Vann	5	6
Materialer	13,5	15
Avfall	7,5	8
Arealbruk og økologi	10	Ikke tilgjengelig
Forurensning	8	9
Innovasjon	10	10

Figur 25 Miljøvektinger for BREEAM NOR (Breeam, 2012).

⁶ Building Research Establishment Environmental Assessment Method – www.breeam.org

Kriteriene og ytelsesnivåene for bygningens oppvarmings- og kjølesystem omfattes av følgende områder:

- › *Man 1, Teknisk driftsstart* – Mål: Å stimulere og fremme en koordinert og helhetlig driftsstart av ferdig bygg for å oppnå optimal ytelse under faktiske leieforhold. Fokus på bl.a. planmessig teknisk driftsstart og testing av varme- og kjølesystemer under full og delvis belastning (krever måleutstyr) m.m.
- › *Man 13.11, Vedlikeholdsvennlighet* – Mål: Å gjenkjenne og fremme til spesifisering av bygget og tilhørende tjenester som vil være lett å opprettholde gjennom hele livssyklusen. Fokus på effekt drift og vedlikehold.
- › *Ene 1, Energieffektivitet* – Mål: Å fremme bygg som er designet for å minimere energibruk til drift. Fokus på minimering av levert energi til bygningen, jfr. energimerket i Energimerkeordningen.
- › *Ene 2, Delmåling av betydelig energibruk* – Mål: Å anerkjenne og oppmuntre til installasjon av system for måling av formålsdelt energibruk som legger til rette for å overvåke energibruken. Fokus på bl.a. installasjon av tilgjengelige delmålere for termisk energi for oppvarming og kjøling
- › *Ene 5, Energiforsyning med lavt klimagassutslipp* – Mål: Å redusere utslipp av klimagasser ved å oppmuntre til lokal energiproduksjon fra fornybare kilder som skal dekke en betydelig del av energibehovet. Fokus på bl.a. installasjon og bruk av oppvarmings- og kjølesystemer definert som lav-/nullkarbonteknologi, dvs. systemer som i stor grad baseres på fornybar termisk energi med minimale utslipp av CO₂-ekvivalenter beregnet i hht. levert energi til bygget. Godkjente lavkarbon-teknologier omfatter bl.a. termisk solenergi, biomasse, fjernvarme basert på biomasse eller spillvarme samt varmepumper med berg/fjell, vann, eller luft som varmekilde.

Ved beregning av det faktiske CO₂-utslippet for totalt levert energi til bygningen skal det benyttes *CO₂-faktorer* i hht. NS EN 15603, dvs. elektrisitet 278 g/kWh, biobrensel 14 g/kWh, naturgass 211 g/kWh og fyringsolje 284 g/kWh. For nærvarme- og fjernvarmesystemer skal det beregnes *faktisk utslippsfaktor* for det aktuelle anlegget basert på mengde innfyrte brenslere / energikilder og tilhørende systemvirkningsgrader. Hvis faktiske utslippsfaktorer ikke kan dokumenteres skal det benyttes en faktor på 231 g CO₂ per kWh levert varme.

- › *Pol 1, Kuldemedium GWP, bygningstjenester* – Mål: Redusere bidraget til klimaforandringer som skyldes utslipp av kuldemedier som har et stort globalt oppvarmingspotensiale. Fokus på bruk kuldemedier for varmepumper og kjøleanlegg med GWP⁷ lavere enn 5, dvs. de naturlige kuldemediene ammoniakk, hydrokarboner og karbondioksid (CO₂).

⁷ GWP – Global Warming Potential, global oppvarmingspotensial. $GWP_{CO_2} = 1,0$.

- › *Pol 2, Forebygge lekkasje av kuldemedier* – Mål: Redusere utslipp av kuldemedier til atmosfæren som følge av lekkasje fra varmepumpe- og kuldeanlegg. Fokus på bruk av naturlige kuldemedier (GWP≈0), eller bygge og drifte anlegg med HFK kuldemedium i henhold til kravene og anbefalingene i Norsk kulde- og varmepumpenorm (2007) samt EUs F-gass direktiv (EC, 2006).
- › *Pol 4, NO_x-utslipp fra varmekilde* – Mål: Begrense NO_x-utslipp fra byggets oppvarmingssystemer. Fokus på bruk av oppvarmingssystemer uten eller med lavest mulig andel fossilt brensel.
- › *Inn 1, Innovasjon* – Mål: Anerkjennelse bl.a. teknologisk utvikling som er ny-skapende når det gjelder bærekraftighet, og som ligger over og ett skritt foran det som per i dag anerkjennes og belønnes innenfor standard BREEAM-områder, bl.a. Ene 5 (Energiforsyning med lavt klimagassutslipp) og Pol 4 (NO_x-utslipp fra varmekilde). Fokus på *innovative energiløsninger* som gir ekstra innovasjonspoeng.

Kommentarer

Ved sertifisering av bygninger i hht. BREEAM NOR er det langt flere faktorer som blir vurdert enn ved energimerkeordningens Energikarakter og Oppvarmingskarakter, bl.a. vedlikehold, energimålinger, type kuldemedium i varmepumper og kjøleanlegg samt NO_x-utslipp fra kjeler med fossilt brensel". Under Ene 5 – Energiforsyning med lavt klimagassutslipp", må det for nærvarme- og fjernvarmesystemer dessuten beregnes faktisk CO₂-utslipp. I energimerkeordningen er fjernvarme definert som "lys grønn" i Oppvarmingsmerket, dvs. med lavt spesifikt CO₂-utslipp, uansett hvilke brensler og varmekilder som benyttes.

I BREEAM NOR gjøres energivurderingene kun på *energibasis*, og det beregnes bl.a. dekningsgrad og årlig varmeleveranse fra fornybare kilder samt totalt ekvivalent CO₂-utslipp. Slik ordningen er i dag er det ingen begrensning med hensyn til bruk av elektriske varmekolber og/eller elektrokjel som spisslastkilde i f.eks. solvarmeanlegg, kjelsentraler med biobrensler eller varmepumpesystemer.

4.2.6 Klimameldingen – fossile brensler

"Klimameldingen", som viser konkrete tiltak og virkemidler for hvordan Norges klimamål skal nås med hensyn til utslipp av klimagasser, er basert på "Klimaforliket" mellom de politiske partiene (MD, 2012).

Norges to hovedmål i klimapolitikken er som følger:

- › Norge skal bli "karbonnøytralt" innen 2050 bl.a. ved kjøp av klimakvoter i utlandet samt reduksjon av innenlandske klimagassutslipp gjennom energieffektivisering og energiomlegging i bygninger
- › Norge skal innen 2020 kutte klimagassutslippene med 30 % i forhold til utslippsnivået i 1990 med virkemidlene nevnt ovenfor

Følgende målsetting ble vedtatt med hensyn til *bruk av fossil fyringsolje* til oppvarmingsformål i bygninger samt nærvarme- og fjernvarmesystemer:

- › Utfasing av fossil fyringsolje til oppvarming (grunnlast) i alle eksisterende yrkesbygg, inkl. alle offentlige bygg, innen 2020.
- › Utfasing av fossil fyringsolje og fyringsparafin til oppvarming (grunnlast og spisslast) i husholdningene innen 2020
- › Bioenergistrategi som skal sikre målrettet og koordinert virkemiddelbruk for inntil 14 TWh økt bruk av bioenergi til oppvarming innen 2020
- › Skjerping av energikravene i byggt teknisk forskrift (TEK) til passivhusnivå i 2015 og nesten nullenerginivå i 2020

Kommentarer

I målsettingen er bruk av *fossil fyringsolje til spisslast ikke inkludert*, men dette kan eventuelt bli vedtatt på et senere tidspunkt. Dette vil påvirke framtidig utforming av varmesentraler med flisfyringsanlegg, pelletskjeler eller varmepumpe som grunnlast, hvor oljekjeler fram til i dag i stor grad har vært brukt som spisslastkilde.

Et alternativ til fyringsolje er bruk av *bioolje og biodiesel*, hvor 2-generasjons produkter med framstilling fra resttrevirke, skogsavfall og halm er mest bærekraftig og miljøvennlig. Klimagevinsten ved bruk av biodrivstoff varierer avhengig av type drivstoff, råstoffet det er laget av, hvor råstoffet er dyrket og hvordan det er produsert. EUs krav til bærekraft for biodrivstoff av juni 2010 (EC, 2010) omfatter innføring og bruk av biodrivstoff-sertifikater, beskyttelse av urørt, sårbar og verneverdig natur samt å fremme biodrivstoff som gir reelle reduksjoner i klimagassutslipp.

4.2.7 Energi- og effektflexibilitet

Elektrisitet er den dominerende energibæreren i stasjonær energibruk i Norge. Det kommer av at Norge har en omfattende kraftintensiv industri, og at Norge i betydelig større utstrekning enn andre land, også i Norden, benytter elektrisitet til oppvarming. *Vedlegg D, Kapittel 9* gir en oversikt over bl.a. historisk og fremskrevet energibruk inkl. elektrisitet i hhv. boligbygg og næringsbygg samt elektrisitetsforbruket i ulike forbruksgrupper for perioden 1990 til 2007. I 2009 var ca. 80 % av total energibruk i boligbygg og næringsbygg elektrisitet (SSB, 2013).

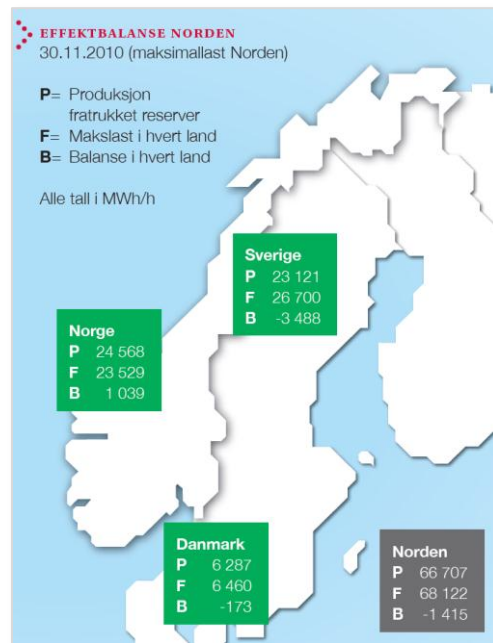
a) Det norske el.kraftsystemet – energi- og effektflexibilitet

Distribusjonsnettet i Norge for transport av elektrisitet fra produksjonssted fram til sluttbruker (kraftnettet) er organisert i tre nivåer:

- › *Sentralnett* – Et landsomfattende kabel-/luftledningsnett mellom kraftprodusenter og regionalnettet. Spenningsnivået er 300 kV eller 420 kV. Statnett er operatør for sentralnettet, og eier også storparten av det.
- › *Regionalnett* – Kabel-/luftledningsnett mellom sentralnettet og distribusjonsnettet. Spenningsnivået er vanligvis lavere enn 200 kV og høyere enn 22 kV.
- › *Distribusjonsnett* (fordelingsnett, lokalnett) – Kabel-/luftledningsnett mellom regionalnettet til sluttbrukerne. Nettets spenningsnivå er 22 kV eller lavere.

Det er ikke overført energimengde (GWh) men *effektforbruket* i maksimallasttiden (GW) som er dimensjonerende for kapasiteten i kraftnettet. Overføringskapasiteten er det maksimale effektuttak som tillates med hensyn til varmeutvikling, stabilitet og spenningsfall i nettet. *Effektbalansen* i nettet uttrykker forholdet mellom maksimalt effektuttak, som typisk inntreffer en kald vinterdag, og hvor mye effekt man kan regne med å ha tilgjengelig i produksjonsleddet på samme tidspunkt. I den sammenheng er fleksibilitet på både produksjonssiden og forbrukssiden viktig.

Figur 26 viser effektbalansen i Norden vinteren 2010/2011 med ca. 23,5 GWh/h (GW) maksimal el.effektoverføring i Norge (Statnett, 2011).



Figur 26 Effektbalansen i Norden vinteren 2010/2011 med inntegnet maksimallast per 31.10.2010, tilsvarende ca. 23,5 GWh/h i Norge (Statnett, 2011).

16. januar 2013 ble det registrert en maksimal *produksjon* av elektrisitet tilsvarende 26 GWh/h (26 GW i én time). Den forrige produksjonsrekorden var i uke 5 i 2012, (25,9 GWh/h). *Forbruksrekorden* for elektrisitet var i 2010 (24 GWh/h). Dette er opp mot den maksimale effekten som regionalnettet i Norge tåler (Statnett, 2011).

Statnett har i mange år hatt en strategi om å gjennomføre tiltak i sentralnettet som ikke innebærer vesentlige nettinvesteringer for å oppnå en høyere overføringskapasitet. Dette har ført til at Norge i dag har ett av Europas mest effektive og smarte kraftnett. Høy utnyttelse av nettet kombinert med to tørre vintre på rad og hyppige tilfeller av ekstremvær (kulderekorder), tidligere snøsmelting, lite nedbør og lav magasinfylling samt mye nedbør og flom har testet tåleevnen til det norske sentralnettet de siste årene. Marginene i sentralnettet er nå relativt små, og forsyningsikkerheten er for dårlig i flere landsdeler. Det betyr at omfattende tiltak og investeringer vil være nødvendig i sentralnettet fremover for å imøtekomme samfunnets behov. Statnett har vedtatt å investere omlag 70 milliarder kroner fram mot 2020 for opprustning av sentralnettet (Statnett, 2011).

Det er mange planer om økt el.forbruk og ny fornybar el.produksjon som vil innvirke på kapasitetsbehovet og oppgradering av sentralnettet, bl.a.:

- › Innføring av et norsk-svensk el.sertifikatsystem – økt incentiv til utbygging av vindmølleparker og nye vannkraftanlegg
- › Økt elektrifisering av offshore petroleumsvirksomheten
- › Ytterligere etterspørsel i kraftintensiv industri
- › Nye kabelforbindelser til utlandet for økt kraftutveksling
- › Elektrifisering av transportsektoren (moderat energibehov, høyt effektbehov)

Utviklingen i el.forbruket i Norge avhenger også av *valg av oppvarmingsløsninger i nye bygg og i rehabiliterte bygg*. Strengere krav til energieffektivitet i byggforskriftene medfører at behovet for tilført *energi* til oppvarming per bygg gradvis blir lavere. Samtidig er det satt restriksjoner med hensyn til bruk av direktevirkende elektriske oppvarmingsystemer.

Vannmagasinene gir mulighet til å flytte el.produksjon fra vannkraftverk i tid. Den samlede el.produksjonen over lengre perioder er alltid begrenset av vanntilsigene. Det norske el.systemet er derfor sårbart for lengre perioder med lite tilsig, men kan på den annen side oppleve spill av vann i perioder med uvanlig store tilsig. Perioder med omfattende svikt i tilsigene kan i verste fall gi rasjonering. I et system hvor det er kraftoverskudd i normalår, vil risikoen for forsyningsproblemer i et tørt år være mindre. For at man både skal kunne utnytte den store tilgangen i våte år og sikre forsyningen i tørre år, trenger Norge *energifleksibilitet*, for eksempel via handel med andre land eller via fleksibilitet i forbruket (NoU 2012:9).

Vindkraftproduksjonen varierer fra år til år og øker behovet for energifleksibilitet. År med lite tilsig kan gi mindre vindkraftproduksjon fordi det gjerne blåser mindre når det er svært kaldt og tørt. Vindkraften produserer imidlertid mest om vinteren slik at det blir lettere å opprettholde sikker forsyning om vinteren selv i tørre år.

I Norge er energitilgangen for el.produksjon begrenset av vanntilsigene og vinden, mens *effektkapasiteten* er begrenset av turbiner, aggregater og fyllingsgraden i vannmagasinene. Et godt samspill med fleksibelt forbruk og med fleksibilitet i andre land sikrer Norge energitilgang til rimelige priser i tørrår og avsetning for ressursene i våtår. For utlandet har samspillet med vannkraftsystemet andre nyttevirkinger ettersom det der i stor grad benyttes termiske kraftverk. Vannkraftproduksjonen kan reguleres raskt opp/ned, mens i termiske kraftverk tar opp-/nedregulering lenger tid. I termiske systemer benyttes også egne spisslastkraftverk som har høye driftskostnader. Forskjellene mellom vannkraftsystemer og termiske kraftsystemer kan utnyttes gjennom kraftutveksling slik at de termiske kraftverkene i mindre grad må tilpasses løpende endringer i forbruket (NoU 2012:9).

Behovet for langsiktig fleksibilitet knyttet til variasjoner i tilsig til vannkraftsystemet og i vindkraftproduksjonen vil fortsatt være viktig i framtiden. Langsiktig *fleksibilitet på etterspørselssiden* fordrer ofte at forbrukerne kan bytte mellom elektrisitet og andre energibærere. Fra juli 2009 ble en ordning som ga redusert nettleie for utkoblbart el.forbruk fjernet. Nettselskapene har imidlertid fremdeles

anledning til å tilby lavere overføringstariff for forbruk som kan kobles ut når belastningen i nettet er høy. Kjeler som kan bruke både elektrisitet og andre energibærere, for eksempel bioenergi, bidrar i dag med slik fleksibilitet.

Flere utenlandsforbindelser og økt markedsintegrasjon reduserer behovet for å hente ut fleksibilitet hos sluttforbrukerne ut over det som utløses av høyere markedspriser når det er knapphet, og av lavere priser i perioder med overskudd.

b) Energi- og effektflexibilitet – varmesystemer

Energifleksibilitet for oppvarmingssystemer i bygningssektoren betyr tradisjonelt sett at det benyttes to eller flere energibærere for oppvarming og ikke bare direktevirkende elektrisk oppvarming som panelovner, varmekabler osv. I boliger uten vannbårent varmedistribusjonssystem vil en ha energifleksibilitet hvis det f.eks. benyttes vedovn, pelletskamin, oljekamin og parafinovn i tillegg til f.eks. el.varme eller uteluft/luft-varmepumpe. Med vannbårent varmedistribusjonssystem vil en ha energifleksibilitet ved f.eks. å benytte fjernvarme⁸, pelletskjel, luft/vann-varmepumpe (grunnlast) med vedovn (spisslast) eller væske/vann-varmepumpe, luft/vann-varmepumpe eller solfangere (grunnlast) sammen med el.varme (spisslast). Energifleksibilitet for bygningsmassen kan imidlertid sees i flere perspektiv:

- Boligeier/byggeier – Nytteverdien med energifleksibilitet er først og fremst knyttet til muligheten til å benytte to eller flere energikilder – elektrisitet, olje, gass, bioenergi, solvarme, omgivelsesvarme – for å dekke boligens eller bygningens varmebehov med *lavest mulig kostnad*. Eksempel på dette er tidligere varmesentraler med en kombinasjon av oljekjeler og el.kjeler hvor el.kjelen ble brukt vår, sommer og høst ved tilgang til billig elektrisitet, mens oljekjelen ble brukt vinterstid når elektrisiteten var dyrere.
- Netteier – Nytteverdien med energifleksibilitet er at effektuttaket fra kraftnettet på kalde dager reduseres ved at det isteden for el.varme i stor grad benyttes f.eks. fjernvarme, bioenergi og varmepumper, og at spisslast leveres fra andre energibærere enn elektrisitet, f.eks. olje eller gass.

Fra netteierens synsvinkel er en robust effektbalanse ikke bare avhengig av kraftnettets effektkapasitet, men også av *fleksibiliteten i forbruket*. Tradisjonelt har det vært billigere å tilpasse produksjonen til forbruket enn omvendt. Framover er det grunn til å tro at behovet for fleksibilitet i systemet vil øke (Statnett, 2011).

Forbrukssiden inkl. lokal oppvarming av bygninger eller oppvarming via fjernvarmenett, kan bidra med fleksibilitet på kort og lang sikt:

- Kortsiktig fleksibilitet, eller *effektflexibilitet* – bidrar til å redusere effektknapphet. Dette kan bl.a. oppnås ved å flytte el.forbruk fra perioder med høyt forbruk og høye priser til perioder med lavt forbruk og lave priser innenfor døgnet og uken.

⁸ I fjernvarmeanlegg benyttes alltid flere energibærere og varmesystemer (Vedlegg B, Kap. 7.7)

- › Langsiktig fleksibilitet, eller *energifleksibilitet* – bidrar til å redusere el.forbruket. Dette kan bl.a. oppnås gjennom Enøk-tiltak og/eller skifte til andre energibærere når det er knapphet på elektrisitet (lite vann i magasinene).

Tabell 8 viser eksempler på aktuelle tiltak i bygningsmassen som bidrar til å redusere effekt- og/eller energiuttaket i el.nettet.

Tiltak	Reduserer maks. el.effkt-uttak (kW)	Reduserer årlig el.energi-uttak (kWh/år)
Energieffektivisering – bygninger	Ja	Ja
Energieffektivisering – industri	Ja	Ja
Avansert måleteknikk (AMS) og Smart Grid-system med tidsmålere osv.	Ja	Nei
Erstatte el.varme med fjernvarme og bioenergi (ved, pellets, flis osv.)	Ja	Ja
Erstatte el.kjeler for spisslast med kjeler med fossile brensler (olje, gass) og bioolje	Ja	Nei
Erstatte el.varme med væske/vann-VP	Ja	Ja
Erstatte el.varme med luft/vann-VP	Nei	Ja
Erstatte el.varme med solfangere	Nei	Ja

Tabell 8 Eksempler på aktuelle tiltak i bygningsmassen for å redusere effekt- og energiuttaket i el.nettet. VP=varmepumpe.

- › Energieffektivisering i bygninger og industri som på ulike måter reduserer el.-bruken vil bidra til både redusert effektbehov og energibehov.
- › Avanserte målesystemer (AMS) med tidsmåling av forbruket, skal være innført i Norge innen 1. januar 2017. Dette er tenkt å øke fleksibiliteten hos forbrukerne fordi det installeres tidsmålere og IKT-systemer som kan utveksle mye og hyppig informasjon, og som dermed gir økte muligheter for automatisk styring av forbruket. Flexibelt el.forbruk kan redusere maksimalt el.-effektuttak, men dersom dette skal være et alternativ til nettutbygging må forbrukerresponsen være like sikker som tilgangen til nett, hvis ikke vil forsyningssikkerheten svekkes. Dette betyr at forbruket i utgangspunktet må ligge inne når reduksjonsbehovet er der, og forbrukerne må få tilstrekkelige incentiver til å flytte forbruket (Statnett, 2011).
- › Direkte substitusjon av el.varmesystemer med fjernvarme eller bioenergi (vedovn, pelletsovn, pelletsjel osv.) reduserer både effekt- og energibehovet for elektrisitet.
- › Kjeler fyrt med fossile brensler (olje, gass) eller bioolje, og som benyttes som spisslastkilde i varmeanlegg istedenfor elektrokjeler, vil bidra til å avlaste el.nettet ettersom kjelene dekker hele eller deler av maksimalt varme-effektbehov på årets kaldeste dager.

- › Oljefyringanlegg i eksisterende bygninger som erstattes med varmepumper vil bidra til å øke både effekt- og energiuttaket fra el. nettet.
- › Overgang fra elektrisk oppvarming til varmepumper med uteluft som varmekilde reduserer årlig el.energibruk. For uteluftbaserte varmepumper avtar imidlertid avgitt varmeeffekt relativt raskt med synkende utelufttemperatur, og stopp-temperaturen er ca. -10 til -15 °C for uteluft/vann-anlegg og -20 til -25 °C for uteluft/luft-anlegg. Hvis spisslastkilden er elektrokjel (yrkesbygg) eller panelovner og/eller el.varmekolber (boliger) vil hele eller en betydelig andel av varmeeffektbehovet på årets kaldeste dager måtte dekkes med elektrisitet.
- › Varmepumper med fjell/berg eller vann som varmekilde har i motsetning til uteluftbaserte anlegg relativt konstant avgitt varmeeffekt ved synkende utelufttemperatur, ettersom varmekilden har relativt små temperatursvingninger. Anleggene dekker typisk 40 til 70 % av bygningens varmeeffektbehov ved dimensjonerende utetemperatur (DUT), mens resterende andel dekkes av spisslastkilden. Det betyr at denne typen varmepumpeanlegg reduserer el.-effektuttaket i nettet sammenlignet med direktevirkende el.varmesystemer.
- › Termiske solvarmesystemer (solfangere) kombineres vanligvis med et elektrisk tilleggsvarmesystem (el.kolber, el.kassett), som kanskje dekker 40 til 50 % av årlig *energibehov* til oppvarming (varmtvann, romvarme). På kalde dager midt på vinteren er imidlertid solinnstrålingen ofte minimal slik at maksimalt effektbehov må dekkes med el.varmesystemet.
- › Bruk av elektrokjeler, el.kassetter, elektriske panelovner osv. som spisslastkilde i bygninger bidrar til å øke effektuttaket fra el.nettet når det i utgangspunktet har høyest belastning. Stort omfang av el.varme som spisslastkilde vil dermed bidra til å øke behovet for ytterligere nettutbygging.
- › Overgang fra olje- og gassfyrte kjeler til varmepumper øker både el. effekt- og el. energibehovet. Omlegging av energibruken som gir permanent (ikke-fleksibelt) brenselsskifte, for eksempel fra en kombinert olje-/el.kjel til elektrisk oppvarming, gir klimagevinst men reduserer fleksibiliteten i kraftsystemet.

4.3 Vurdering av framtidige funksjonskrav for varme- og kjølesystemer i bygninger

I dette kapittelet er det diskutert og vurdert aktuelle funksjonskrav for varme- og kjøleanlegg i bygninger, både med hensyn på selve installasjonene og bruken i den enkelte bygning, samt overordnede krav som har innvirkning på el.kraftsystemet og det globale miljø. Det er først og fremst fokusert på varmebehov og varmeproduksjon, ikke kjøling, ettersom det er varmebehovet som er klart dominerende med hensyn til termisk energibruk i norske bygninger.

I forslagene til nye funksjonskrav er det delvis tatt utgangspunkt i dagens TEK10, NS3700/3701, energimerkeordningen, relevante EU-direktiver (ErP, RES, EPBD), politiske føringer (Klimakur 2020, Stortingsmelding 21 og 28 2012, OEDs Energiutredning 2012), Breeam-sertifisering av bygninger, og Statnetts nettutviklingsplan samt utarbeidet forslag som er fristilt dagens Tekniske forskrift.

4.3.1 Krav til energidekningsgrad

TEK10 setter krav til at i bygninger med oppvarmet BRA under og over 500 m² skal minimum 40 % og 60 % av *netto varmebehov* dekkes med annen energiforsyning enn fossile brensler og direktevirkende elektrisitet, dvs. fornybare varmekilder. I områder med fjernvarmekonsesjon skal nye bygninger utstyres med varmedistribusjonssystem som kan nyttiggjøre termisk energi slik at fjernvarme kan benyttes for oppvarming (tilknytningsplikt, fjernvarmekonsesjon).

I passivhus-standarden NS 3700:2010 (Boligbygninger) kreves det at 50 % av årlig varmtvannsbehov skal dekkes med en fornybar varmekilde, mens kravet til fornybar varmeleveranse i NS 3701:2012 (Yrkesbygninger) tilsvarer kravet i TEK10 for bygninger med BRA over 500 m², dvs. minimum 60 %.

Hensikten med dagens energikrav er å erstatte olje- og gassfyrte kjelanlegg og elektriske varmesystemer som grunnlast med fornybar varme (bioenergi, omgivelservarme/varmepumper, solvarme) og fjernvarme for å redusere CO₂-utslippene fra bygningssektoren og bedre energi- og effektflexibiliteten i el.kraftsystemet.

I områder uten fjernvarme vil følgende punktvarmeelementer og varmesentraler for vannbårne anlegg være aktuelle for å oppfylle kravene til fornybar varmeleveranse i TEK10 og NS 3700/3701 (*ref. Vedlegg B, Kapittel 7*):

- › *Bygninger med BRA < 500 m²* – Pelletskamin med/uten vannmantel, pellets-kjel, vedovn med/uten vannmantel, vedkjel, uteluft/luft-varmepumpe, uteluft/vann-varmepumpe, ventilasjonsluft-varmepumpe, væske/vann-varmepumpe og solfangere
- › *Bygninger med BRA > 500 m²* – Pelletskjel, vedkjel, fliskjel (gårdsbruk, gartnerier), VRV-varmepumpe (multi-split), uteluft/vann-varmepumpe, væske/vann-varmepumpe og solfangere

Erfaringstall for *kostnadsoptimal energidekningsgrad* for grunnlastanlegg med fornybar varmeleveranse er anslagsvis (*Vedlegg B, Kapittel 7*):

- › 50-60 % for solfangere for varmtvannsberedning
- › 20-30 % for solfangere for romoppvarming
- › 90 % for pelletskjeler
- › 70 % for uteluft/vann-varmepumper
- › 90 % for væske/vann-varmepumper

I boliger med punktvarmekilder (luft/luft-varmepumpe, pelletskamin, vedovn, solfangere m.m.) vil energidekningsgraden for fornybar varme i første rekke være avhengig av hvilke kombinasjoner av varmeelementer og -systemer som velges, og hvor effektivt systemene greier å distribuere varmen i huset. Med dagens teknologi er det relativt enkelt å oppnå 60 % fornybar varmeleveranse i boliger og 70 % i større bygninger (yrkesbygg), dvs. 10 prosentpoeng høyere energidekningsgrad enn kravene i NS 3700 (boliger) og TEK10/NS 3701 (større bygninger, yrkesbygg).

Det er påvist at en del utbyggere ut fra kostnadshensyn bevisst dimensjonerer varmeanleggene for kun å oppfylle minimumskravene til fornybar varmeleveranse i TEK10. En slik framgangsmåte bidrar til at fornybar varme utgjør en mindre andel av årlig varmeleveranse enn hvis anleggene dimensjoneres i henhold til "beste praksis", jfr. "Varmenormen" (Havellen et al., 2012).

Kravet til energidekningsgrad for fornybar varme i nye boligbygg og yrkesbygg bør være lavt nok til at det ikke utestenger aktuelle fornybare varmeløsninger og sentrale teknologier, men samtidig høyt nok til at det hindrer bevisst underdimensjonering av anleggene og valg av billige og lite hensiktsmessige varmeløsninger. Det bør derfor vurderes å innføre krav om at f.eks. minimum 60 % av netto årlig varmebehov skal dekkes av en fornybar varmekilde i bygninger med BRA mindre enn 500 m², og 70 % for bygninger med BRA over 500 m². Dette representerer henholdsvis 20 og 10 prosentpoengs økning i forhold til dagens krav i TEK10. Det bør også vurderes om kravene skal differensieres i forhold til bygningens klimasone. Kravene til fornybarandel bør kontinuerlig vurderes og eventuelt oppjusteres i henhold til tilgjengelige teknologiske løsninger i markedet.

4.3.2 Krav til teknisk utførelse av varme- og kjøleanlegg

I dagens tekniske forskrift stilles det kun svært overordnede krav til varmeinstallasjoner og -anlegg, bl.a. krav til temperaturregulering av vannet i vannbårne varmeanlegg, energieffektiv varmeproduksjon og god forbrenning i kjelanlegg.

Feil ved prosjektering, installasjon, drift og vedlikehold av varmesentraler/varmesystemer som leverer fornybar varme er dessverre ikke uvanlig. Konsekvensene er redusert fornybar varmeleveranse med tilhørende økt bruk av tilleggsvarme (spisslast), forhøyede utslipp til luft fra forbrenningsanlegg, unødvendig høy årlig energibruk for sirkulasjonspumper, redusert termisk komfort i bygningen samt uforholdsmessig høye utgifter til vedlikehold av anlegget og til utbedring av feil.

For i størst mulig grad sikre høy kvalitet i anlegg for vannbårne varme- og kjøleleveranse i bygninger bør det vurderes å stille konkrete krav til at dimensjonering, installasjon, overtakelse og drift skal være i hht. VVS- og varmepumpe-/kuldebransjens såkalte "beste praksis". Denne er omfattet av følgende dokumenter:

- › Varmenormen
- › Rørhåndboken
- › Norsk kulde- og varmepumpenorm

Varmenormen (Havellen et al., 2012) viser anbefalte tekniske løsninger, og stiller krav til personer og foretak som skal prosjektere, utføre og drifte vannbårne varme- og kjøleanlegg. Temaene omfatter bygningens effekt-/energibehov, varmesentraler, varmeavgivere og kjølelementer, rørnett og komponenter, isolering, styring/regulering/overvåking, distribusjonssystemer, anlegg for varmt tappevann samt innregulering, igangkjøring og overlevering.

Rørhåndboken (NRL, 2012) er en håndbok for bl.a. rørleggere, og driftspersonell, som gir detaljerte installasjonsveiledninger for ulike typer vannbårne varmeanlegg og inkluderer bl.a. ledningsnett, armatur, utstyr og isolasjon.

Norsk kulde- og varmepumpenorm (SU, 2007), som bygger på NS-EN 378, viser hvordan varmepumpe- og kuldeanlegg skal utformes, bygges, drives og vedlikeholdes for å hindre ulykker og utslipp av miljøskadelige/farlige kuldemedier samt oppnå god driftssikkerhet og høy energieffektivitet.

Økodesign-direktivet/-forskriften (EC,2009-2) vil i økende grad i årene framover sette spesifikke nasjonale minimumskrav til energieffektivitet for bl.a. sirkulasjonspumper, vifter, kjølemaskiner/-aggregater, ventilasjonsaggregater, oppvarmingsutstyr basert på elektrisitet, gass og olje (inkl. ulike typer varmepumper) samt kjøle- og fryseutstyr. Det ansees derfor som lite formålstjenlig å stille tilleggskrav til energieffektivitet for komponenter og aggregater utover dette.

For i størst mulig grad sikre høy kvalitet for vannbårne varme- og kjølesystemer bør det vurderes å stille krav til at anleggene skal dimensjoneres, installeres, overtas, driftes og vedlikeholdes i henhold til anvisningene og anbefalingene i "Varmenormen", "Rørhåndboken" og "Norsk kulde- og varmepumpenorm".

4.3.3 Dokumentasjon av bygningers reelle energiytelse

Med dagens Energimerkeordning utstedes en Energiattest, som består av en Energikarakter og en Oppvarmingskarakter (*Kapittel 4.2.3*).

a) Energikarakter

Dagens energikarakter går fra A til G, og baserer seg på en teoretisk beregning av årlig spesifikk levert energi (kWh/m²år) for bygningen under normalisert bruk, dvs. Oslo-klima og standardverdier for settpunkter, driftstider, interne varmelaster, belysning, teknisk utstyr, personer osv. Det benyttes også standardiserte verdier for systemvirkningsgrader og system-COP for varme- og kjølesystemer, og faktorene beregnes i dag på bakgrunn av produksjonsvirkningsgrad og produksjons-COP, distribusjonsvirkningsgrad og reguleringsvirkningsgrad (NS3031:2007, Tillegg B9-B11). Verdiene er for tiden under revisjon, men vil uansett representere en forenkling. Bygninger med energikarakter A eller B er forøvrig bygget med bedre energistandard enn gjeldende forskriftskrav og/eller har et oppvarmingsystem basert på solenergi eller varmepumpe, dvs. varmesystemer som gir en direkte reduksjon i levert energi ved at de utnytter henholdsvis solvarme og omgivelsesvarme. Beregningsverktøyet skal regne i henhold til NS 3031 (2007).

En betydelig svakhet med Energikarakteren er at den kun baserer seg på en *teoretisk beregning*, og dermed ikke viser virkelig levert energi for bygningen. Erfaringsvis vil det kunne være relativt store avvik mellom beregnet og målt energibruk slik at Energimerket ikke gjenspeiler bygningens reelle "energiytelse". Avviket skyldes i stor grad at bygningene driftes annerledes enn det som er forutsatt i de teoretiske beregningene samt at de standardiserte systemvirkningsgradene og system-COP avviker fra virkelige verdier. Systemvirkningsgrader og system-COP er forenklede tabellerte verdier. Det er erfaringsvis størst avvik mellom oppgitt og

målt (reell) verdi for varmepumper, solfangere, og gasskjeler, ettersom energieffektiviteten/COP for disse oppvarmingssystemene i stor grad er avhengig av bl.a. dimensjonering, systemutforming og driftsbetingelser.

Det finnes i dag ca. 1,5 mill. norske boligbygg med et samlet boareal på ca. 256 mill. m² samt ca. 750.000 yrkesbygg (næringsbygg, tjenesteytende bygg) med et samlet bygningsareal på ca. 129 mill. m² (LEP, 2012). De fleste boligbyggene har to eller flere separate oppvarmingssystemer, gjerne med to energibærere, dvs. elektrisitet (inkl. drivenergi til varmepumpe) pluss bioenergi eller petroleumsprodukter. For yrkesbygg skilles det mellom helelektrisk oppvarming, oppvarming med sentralvarmeanlegg (vannbåret varmedistribusjonssystem med varmesentral) og sentralvarmeanlegg med tilleggsvarmesystemer. *Vedlegg D, Kapittel 9* gir en beskrivelse av typiske varmesystemer i eksisterende norske bygninger.

Reell levert energi (kWh/år) for eksisterende og nye boligbygg og yrkesbygg er i stor grad tilgjengelig informasjon, og beregnes som årlig el.forbruk for el.varmesystemer, varmepumper, kjøleanlegg og el.spesifikke anvendelser (belysning, pumper, vifter, utstyr osv.) foruten dokumentert årlig forbruk av fjernvarme, fjernkjøling, bioenergi (ved, briketter, pellets, flis) og fossile brenslere (parafin, fyringsolje, propan/naturgass). For bioenergi og fossile brenslere må årlig konsumert mengde omregnes til kWh/år ut fra kjente og omforente verdier for brennverdi per kg eller liter. Det er derfor fullt ut realistisk å kunne innføre krav til måling av levert energi for alle eksisterende og nye boligbygg og yrkesbygg.

Energimerking av eksisterende boliger kan i dag gjennomføres av boligeieren, mens nye boliger skal energimerkes av en "ekspert". Ekspertene kan også utføre energimerking av eksisterende boliger. Ekspertene kan være takstmenn, rådgivende ingeniører og andre som dekker de kompetansekravene som er stilt. Ved energimerking av boliger kan det velges mellom "Enkel registrering" og "Detaljert registrering". I "Detaljert registrering" inngår bl.a. en beskrivelse av teknisk utstyr samt målt energibruk (energimengde) de siste 3 årene. Det bør i den sammenheng vurderes om det skal settes krav til at alle boliger skal energimerkes etter "Detaljert registrering", slik at energimerket i størst mulig grad gjenspeiler reell energiytelse.

Energimerking er obligatorisk ved salg eller utleie av yrkesbygg. I tillegg skal alle yrkesbygg over 1000 m² alltid ha gyldig energiattest. Yrkesbygg skal energimerkes av en "ekspert". Ved energimerking av yrkesbygg benyttes kun de teoretiske beregningsmetodene i NS3031, enten normal beregning eller dynamisk beregning. Etter som byggeier eller utleier i de aller fleste tilfeller har tilgang til bygningenes samlede årlige energibruk bør det vurderes om det skal settes krav til at målt energibruk skal benyttes ved energimerking av eksisterende yrkesbygg, slik at Energimerket i størst mulig grad gjenspeiler reell energiytelse.

Energimerket i Energimerkeordningen bør gjenspeile virkelig levert energi for bygningen (kWh/m²år), dvs. bygningens reelle energiytelse. Det bør derfor i tillegg til dagens teoretiske beregning vurderes om det også skal innføres krav til *måling* av levert energi for eksisterende og nye boligbygg («Detaljert registrering») og eksisterende og nye yrkesbygg. For nybygg kan det f.eks. kreves at målingene skal være gjennomført og registrert innen 2 år etter at bygningen er tatt i bruk. Det bør i denne sammenheng utarbeides standardkrav til måleutrustning og måleprosedyrer.

b) Oppvarmingskarakter – generelt

Oppvarmingskarakteren i Energimerkeordningen beregnes i dag med utgangspunkt i oppvarmingssystemets sammensetning, forhåndsdefinerte (standard) verdier for spesifikt CO₂-utslipp for energibærere (elektrisitet, fossile brensler, bioenergi) samt produksjonsvirkningsgrad/-COP og energidekningsgrad for grunnlastkilde(r) og spisslastkilde(r). Normalt benyttes produksjonsvirkningsgradene/-COP fra NS3031 samt typiske energidekningsgrader for varmesystemene og det kan være betydelige avvik mellom standardverdiene og reelle verdier.

Formålsdelt energibruk i bygninger er synonymt med hvor stor andel av bygningenes totale årlige energibruk som går til romoppvarming, oppvarming av ventilasjonsluft, varmtvannsberedning, kjøling av ventilasjonsluft, lokal kjøling, belysning samt drift av pumper vifter og diverse maskiner og utstyr. Ettersom tilgangen på detaljerte feltnåledata i Norge er svært mangelfull baseres energipostene ved energimerking osv. på teoretiske estimater. Krav til måling av formålsdelt energiforbruk i boliger og yrkesbygg vil bidra til å gi byggene «korrekt» Oppvarmingskarakter ut fra et omforent rammeverk. I tillegg vil denne typen målinger kunne brukes til driftsoptimalisering og feildiagnose i den enkelte bygning.

I nye boligbygg med vannbåren varmedistribusjon og alle nye yrkesbygg bør det vurderes om det skal stilles krav til installasjon av utstyr for måling av levert varmeeffekt-/energi⁹ og tilført elektrisk effekt/energi¹⁰ for grunnlastkilder og spisslastkilder (Vedlegg B, Kapittel 7). Årlig forbruk av bioenergi og eventuelle fossile brensler må i den sammenheng dokumenteres av boligeier/byggeier. Installasjon av måleutstyr i varmesentraler har følgende fordeler:

- › Dokumenterer årlig varmeleveranse og årlig energibruk for grunnlastkilde(r) og spisslastkilde(r), slik at Oppvarmingskarakteren blir en reell verdi
- › Bidrar til å høyne kvaliteten på varmesentraler i bygninger. Ved overlevering vil avvik mellom spesifisert og virkelig varmeytelse og energieffektivitet/COP dokumenteres, slik at leverandøren/entreprenøren kan iverksette nødvendige tiltak for at varmesystemet oppnår foreskrevet ytelse og effektivitet/COP.
- › I tvistesaker vil boligeier/byggeier ha tilgang til målinger som dokumenterer avvik mellom foreskrevet og oppnådd ytelse og effektivitet/COP
- › Bidrar i økt grad til å avdekke driftsproblemer og driftsavvik

Et sentralt spørsmål i denne sammenheng er kostnader for tilleggsinstrumentering og måleprosedyrer for å kunne registrere formålsdelt energibruk, hvilket er bestemt av bl.a. ønsket detaljeringsgrad (omfang) og krav til målenøyaktighet. Dette er forhold som må utredes nøye hvis det skal settes krav til måling av formålsdelt energibruk i nye boligbygg og yrkesbygg.

⁹ Termisk energimåler (varmemengdemåler) – består av volumstrømsmåler, to temperaturfølere og I/O-enhet for registrering og overføring av data for varmeeffekt- og varmeenergi.

¹⁰ El. effekt-/energimåler (kWh-måler), nettanalysator

For nye boligbygg og yrkesbygg med vannbåren varme bør det vurderes å innføre krav til formålsdelt energimåling, hvor et minimumsnivå omfatter ytelses- og effektivitetsmåling for varmesentralen. Det bør i denne sammenheng utarbeides minimumskrav til måleutrustning samt standardiserte måleprosedyrer for ulike typer boligbygg og yrkesbygg for å sikre at målingene har tilstrekkelig omfang og nøyaktighet samtidig som kostnadene holdes på et forsvarlig nivå.

c) Systemvirkningsgrad for fjernvarme og fjernkjøling

Ved varme- og kjøleleveranse til bygninger fra fjernvarme- og fjernkjølenett benyttes det i dag standardverdier for systemvirkningsgrad/-COP, henholdsvis 0,88 for fjernvarme og 2,4 for fjernkjøling (samme som vann/vann kjølemaskin). Dvs. det tas ikke hensyn til om varme- og kjølesentralen i stor grad utnytter varmepumper, solfangerløsninger og frikjøling fra f.eks. sjøvann, grunnvann eller berg/fjell. Dermed kommer de tilknyttede bygningene ut med høyere levert energi enn det som er reelt, og kan risikere å gå ned i energiklasse. Eksempelvis vil en høytemperatur tottrins varmepumpe, som leverer varme og kjøling til fjernvarme- og fjernkjølenett, kunne oppnå en system-COP (system-effektfaktor) ved varmeproduksjon i overkant av 3,0, og typisk 50 til 90 % av årlig kjøleleveranse til fjernkjølenettet vil kunne dekkes fra varmepumpens varmekilde (frikjøling, fornybar kjøling). Ved sertifisering av bygninger i hht. BREEAM NOR (Kapittel 4.2.5) kreves det beregning av *faktiske CO₂-utslipp* for varmesentraler i fjernvarmeanlegg. For Energi-merkeordningen kan en tenke seg tilsvarende ordning der det beregnes faktisk systemvirkningsgrad og system-COP for varme- og kjølesentralen.

Ved energimerking av bygninger bør det vurderes om det ved kjøle- og varmeleveranse fra fjernvarme- og fjernkjølenett skal beregnes faktisk systemvirkningsgrad og faktisk system-COP, som tar hensyn til varmeleveranse fra f.eks. høyeffektive varmepumper, solfangersystemer, varmegjenvinning fra kjølemaskiner i energisentralen samt kjøleleveranse fra frikjølingskilder som sjøvann, grunnvann og fjell.

4.3.4 Dimensjonering av varmesystemer

a) Romoppvarming og oppvarming av ventilasjonsluft

Overgang fra TEK10 til lavenergi- eller passivhus-standard (NS3700, NS3701) har betydelig innvirkning på både bygningenes årlige energibehov til romoppvarming, oppvarming av ventilasjonsluft og varmtvannsberedning samt dimensjonerende varmeeffektbehov for de ulike varmelastene (Kapittel 3.3).

Bygninger av passivhus-standard har høyere isolasjonsstandard og har tettere bygningskropp enn TEK10-bygninger, i tillegg til bl.a. høyere effektivitet for varmegjenvinner for ventilasjonsluft. Det gir seg utslag i lavere transmisjons-, infiltrasjons- og ventilasjonstap og følgelig lavere årlig oppvarmingsbehov.

Tabell 9 viser årlig spesifikt varmebehov (kWh/m²år) og dimensjonerende brutto spesifikt varmeeffektbehov (W/m²) for temperaturavhengige behov, dvs. romoppvarming og oppvarming av ventilasjonsluft, for ulike bygningstyper av TEK10- og passivhus-standard i Oslo-klima. Data er hentet fra Vedlegg E, Kapittel 10. I beregningene er det ikke tatt hensyn til nattsinking (Kapittel 3.3.4).

OSLO- KLIMA	TEK10-standard			Passivhus-standard		
	kWh/m ² år	W/m ²	h/år	kWh/m ² år	W/m ²	h/år
Enebolig	59	36	1640	21 (-64 %)	19 (-47 %)	1110
Boligblokk	45	30	1500	15 (-67 %)	15 (-50 %)	1000
Sykehjem	59	65	910	20 (-66 %)	30 (-53 %)	670
Kontorbygg	60	57	1050	25 (-58 %)	31 (-45 %)	810

Tabell 9 Årlig spesifikt varmebehov (kWh/m²år) og dimensjonerende brutto spesifikt varmeeffektbehov (W/m²) for romoppvarming og oppvarming av ventilasjonsluft for ulike bygningstyper i Oslo-klima. Data fra Vedlegg E, Kapittel 10.

- For passivhus i Oslo-klima reduseres temperaturavhengig årlig energibehov til romoppvarming og oppvarming av ventilasjonsluft med en faktor på ca. 2,4 til 3,0 i forhold til bygninger av TEK10-standard. Brutto varmeeffektbehov reduseres på sin side med en faktor på 1,8 til 2,2, slik at ekvivalent driftstid¹¹ (τ , timer/år) for varmeanlegget reduseres med i størrelsesorden 25 til 35 %.

Tabell 10 viser totalt årlig spesifikt varmebehov (kWh/m²år) og dimensjonerende brutto spesifikt varmeeffektbehov (W/m²) for et kontorbygg av TEK10- og passivhus-standard i ulike klimasoner. Effektbehovet til oppvarming av varmt tappevann er neglisjerbart. Data er hentet fra Vedlegg E, Kapittel 10.

KONTOR- BYGG	TEK10-standard			Passivhus-standard		
	kWh/m ² år	W/m ²	h/år	kWh/m ² år	W/m ²	h/år
Oslo	60	57	1052	25 (-58 %)	31 (-46 %)	805
Bergen	43	42	1025	21 (-51 %)	25 (-40 %)	840
Trondheim	60	55	1090	28 (-53 %)	33 (-40 %)	850
Tromsø	76	45	1690	38 (-48 %)	27 (-40 %)	1410
Røros	93	84	1110	44 (-53 %)	50 (-40 %)	880

Tabell 10 Årlig spesifikt varmebehov (kWh/m²år) og dimensjonerende brutto spesifikt varmeeffektbehov (W/m²) for et kontorbygg av TEK10- og passivhus-standard i ulike klimasoner. Data fra Vedlegg E, Kapittel 10.

- For kontorbygg i ulike klimasoner er prosentvis reduksjon i dimensjonerende brutto varmeeffekt ca. 8 til 13 prosentpoeng lavere enn prosentvis reduksjon i totalt årlig varmebehov ved oppgradering fra TEK10- til passivhus-standard.

I NS3031 (TEK10) og NS3700/3701 er det fokusert på bygningens årlige energiforbruk gjennom energirammer/energibudsjett. NS3032:1984, "Bygningers energi- og effektbudsjett", som er tilbaketrasket, ble benyttet til å fastlegge hvilke poster som skulle inngå i et energi- og effektbudsjett, og anga metoder for å kontrollere

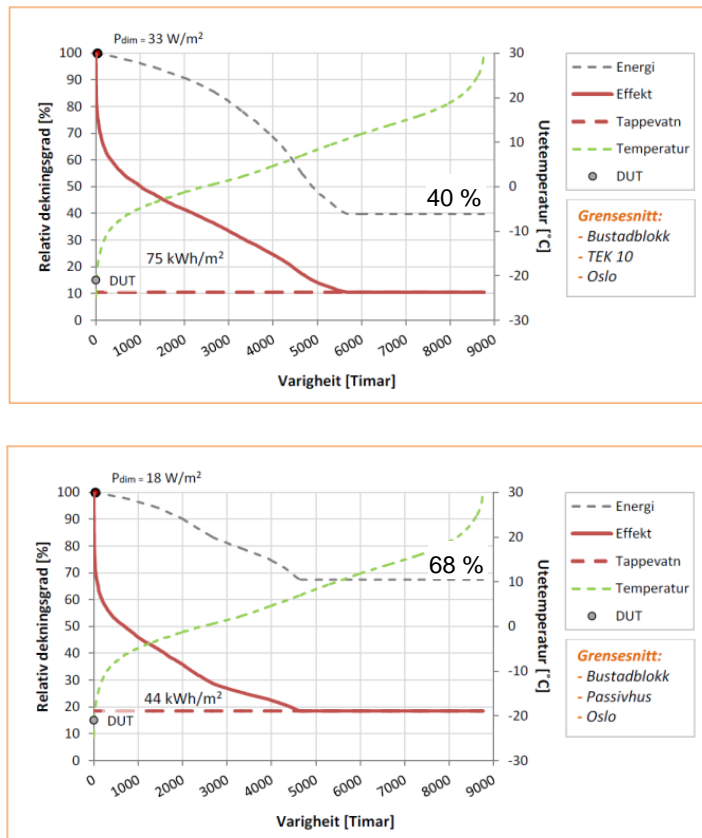
¹¹ Ekvivalent driftstid, τ – årlig varmeleveranse (kWh/år) for varmesentralen-/systemet dividert på dimensjonerende effektbehov ved DUT (kW). τ viser utnyttelsesgraden for varmesystemet.

både energi- og effektbehov i bygninger. For å sikre at varmeanleggene i framtidens passivhus- og nullenergibygninger dimensjoneres for tilstrekkelig høy effekt som sikrer ønsket termisk komfort, bør det ved revisjon av dagens standarder innføres beregninger av brutto og netto effektbehov ved dimensjonerende utetemperatur (DUT), og minstekrav til effektdimensjonering av varmesystemet.

Effektbehovet til romoppvarming og oppvarming av ventilasjonsluft avtar ikke i like stor grad som årlig energibehov ved overgang fra TEK10-standard til passivhus-standard. Varmesystemet for romoppvarming og oppvarming av ventilasjonsluft bør derfor fortsatt dimensjoneres for relativt høy varmeeffekt. Ved utarbeidelse av framtidige funksjonskrav for varmesystemer i ulike typer bygninger bør det vurderes å stille krav til beregning av dimensjonerende brutto og netto varmeeffektbehov slik at systemene ikke underdimensjoneres.

b) Oppvarming av varmt tappevann

I bygninger med relativt høyt årlig varmtvannsbehov, f.eks. eneboliger, boligblokker, leilighetskomplekser og sykehjem, utgjør årlig energibehov til varmtvannsberedning en betydelig større andel av totalt årlig varmebehov i passivhus enn i bygg av TEK10-standard. Dette skyldes at energibehovet til romoppvarming og oppvarming av ventilasjonsluft er betydelig redusert i passivhusbygg. Figur 27 viser, som et eksempel, relativ forskjell i varmtvannsbehov for et sykehjem av TEK10-standard og passivhus-standard i Oslo-klima.



Figur 27 Eksempel på relative effekt-varighetsdiagrammer for sykehjem av TEK10- og passivhusstandard i Oslo-klima. Diagram fra Vedlegg E, Kapittel 10.

Eksempelet i *Figur 27* viser at relativt årlig energibehov til varmtvannsberedning ved overgang fra TEK10- til passivhusstandard øker fra ca. 40 % til ca. 68 %, dvs. nærmere 30 prosentpoeng.

Tabell 11 viser hvor stor prosentvis andel varmebehovet for tappevannsvarming utgjør av totalt årlig varmebehov for enebolig, boligblokk og sykehjem av varierende byggestandard, dvs. Normalhus-standard (TEK87+enøk), TEK10-standard og passivhus-standard, i forskjellige klimasoner. Kontorbygg er utelatt fra oversikten pga. neglisjerbart varmtvannsbehov. Data er hentet fra *Vedlegg E, Kapittel 10*.

ULIKE KLIMASONER OG BYGG	Normalhus-standard	TEK10-standard	Passivhus-standard
Enebolig	10 – 20 %	25 – 40 %	45 – 60 %
Boligblokk	20 – 25 %	30 – 50 %	55 – 75 %
Sykehjem	15 – 20 %	25 – 45 %	40 – 65 %

Tabell 11 Eksempel på årlig energibehov til varmtvannsberedning i prosent av totalt årlig varmebehov for ulike typer bygninger av varierende byggestandard i ulike klimasoner. Data fra Vedlegg E, Kapittel 10.

- › Årlig energibehov til varmtvannsberedning i passivhus utgjør i størrelsesorden 45 til 60 % av totalt årlig varmebehov for eneboliger, 55 til 75 % for boligblokker og 40 til 65 % for sykehjem. Laveste og høyeste prosentverdi er for bygninger i hhv. Røros (innland, Midt-Norge) og Bergen (kyst, Vestlandet). I gjennomsnitt utgjør tappevannsvarming i passivhus mer enn 50 % av totalt årlig varmebehov i eneboliger og sykehjem, og over 60 % i boligblokker.

For eneboliger, boligblokker og sykehjem av passivhus-standard, hvor oppvarming av varmt tappevann typisk utgjør 40 til 75 % av totalt årlig varmebehov, er det viktig å utforme varmtvannssystemet for tilstrekkelig stor varmeeffekt og med høy virkningsgrad, da dette har relativt stort betydning for bygningens årlige energibruk. Det bør vurderes å innføre spesifikke krav med hensyn til hvilke systemer som bør/skal benyttes (*Vedlegg B, Kapittel 7*). Dette er spesielt viktig for varmepumper og solvarmesystemer, der uhensiktsmessig utforming og drift kan medvirke til at effektiviteten ved varmtvannsberedning blir lav, slik at en betydelig andel av årlig energibehov til varmtvannsberedning må dekkes av spisslast.

I boligbygg og yrkesbygg med vannbåren varme bør det vurderes om det skal stilles krav til at vaskemaskiner og oppvaskmaskiner skal være klargjort for ”hot fill”. Dvs. at det isteden for oppvarming av vannet med elektriske varmekolber i maskinen tilføres varmt vann direkte fra varmtvannssystemet. Det betyr at el.energi i stor grad erstattes med fornybar termisk energi.

4.3.5 El.varme i spisslastsystemer

I TEK10, Energimerkeordningen, NS 3700:2010, NS 3701:2012 og sertifiseringsordningen BREEAM NOR er det for oppvarmingssystemer kun satt spesifikke krav til energibærere og egenskaper for grunnlastkilden, ikke spisslastkilden:

- › TEK10 – krav til minimum 40 % og 60 % *energidekningsgrad* for fornybare varmeløsninger for bygninger med BRA under og over 500 m²
- › TEK10 – forbud mot bruk av oljekjeler som grunnlast (*energileverandør*)
- › NS3700 – minst 50 % av årlig *energi*behov til varmtvannsberedning skal dekkes med fornybar varmekilde
- › Energimerking – ”Energikarakteren” settes i hht. beregnet levert *energi*
- › Energimerking – ”Oppvarmingskarakteren” settes i hht. *energidekningsgraden* for de energibærerne som benyttes for å dekke årlig varmebehov
- › BREEAM NOR – vurderinger mht. bygningens energibruk gjøres på *energi*-basis, bl.a. dekningsgrad og årlig varmeleveranse fra fornybare kilder

Dagens Tekniske forskrift setter ingen restriksjoner på bruk av el.varmekobler, elektrokjel, elektriske panelovner og andre el.varmesystemer som spisslastkilde.

I dagens Energimerkeordning oppnås mørkegrønt Oppvarmingsmerke (høyeste nivå) med f.eks. pelletskjel og el.varme som spisslast, og det oppnås lysegrønt Oppvarmingsmerke (nest høyeste nivå) for varmesentraler med f.eks. bergvarmepumpe og solfangere som grunnlast og el.varme som spisslast. Væske/vannvarmepumper og uteluft/vann-varmepumpe for boligformål samt solfangersystemer leveres i dag standard med el.varmekolber som spisslast.

Med henvisning til *Kapittel 4.2.7, ”Energifleksibilitet og kraftnett”* vil bruk av el.varmesystemer som spisslastkilde i varmeanlegg føre til ekstra belastning av kraftnettet på kalde dager når nettet allerede er høyt belastet. Utstrakt bruk av el.varme som spisslast vil kunne føre til redusert overføringskapasitet på årets kaldeste dager og behov for ytterligere, kostbar nettutbygging. *El.varme som spisslast reduserer dermed både kraftnettets effekt- og energifleksibilitet.*

Utskifting av eksisterende olje- og gassfyrte kjeler med solfangere eller varmepumper med el.varme som spisslast, øker både energi- og effektuttaket fra el.nettet. Dette er spesielt merkbart for solfangere, som produserer ingen eller minimalt med varme midtvinters samt uteluft/vann-varmepumper, hvor både avgitt varmeeffekt og maksimalt utgående vanntemperatur på varmeanlegget normalt reduseres betydelig med synkende utelufttemperatur, og som stoppes ved utelufttemperaturer lavere enn ca. -10 til -15 °C (*Figur 29 C og F i Vedlegg A, Kapittel 6*). Væske/vannvarmepumper har pga. relativt konstant temperatur på varmekilden i oppvarmingsperioden kun moderate variasjoner i avgitt varmeeffekt ved synkende utelufttemperatur og dermed mindre behov for spisslast. Å kombinere denne typen varmepumper med el.varme som spisslast gir derfor mindre effektuttak i el.nettet enn ved bruk av uteluftbaserte varmepumper og solfangeranlegg.

Målsettingen i Klimameldingen (MD, 2012) er at bruken av fyringsolje skal fases helt ut i husholdningene innen 2020, mens fyringsolje skal fases ut som grunnlast i alle eksisterende yrkesbygg innen 2020. Dvs. at det foreløpig ikke er lagt noen begrensning på bruk av oljefyrte kjeler som spisslastkilde i vannbårne varmeanlegg. På sikt vil andre-generasjons bioolje fases inn slik at dette blir en bærekraftig og fornybar varmeløsning som er godt egnet som grunnlast i mindre varmesystemer og som spisslast i alle typer varmeanlegg (*Vedlegg B, Kapittel 7.6*).

Det bør vurderes om det skal innføres restriksjoner på eller forbud mot bruk av el.varmesystemer som spisslastkilde i varmeanlegg i yrkesbygg og eventuelt boligbygg. El.varme som spisslast kan f.eks. i en overgangsperiode fortsatt tillates i boliger hvor det foreløpig ikke finnes teknisk gode alternativer, mens det for yrkesbygg kan innføres et totalforbud. Restriksjoner/forbud er spesielt aktuelt for varmesystemer med solfangere eller uteluft-baserte varmepumper, hvor spisslastkilden må dekke hele eller store deler av effektbehovet ved dimensjonerende vinterforhold, og hvor el.varmesystemer vil gi unødig belastning på kraftnettet.

Inntil andre generasjons bioolje og biogass har blitt et fullgodt teknisk og kommersielt alternativ bør det i større varmeanlegg fortsatt være tillatt å benytte kjelanlegg med mineralsk olje (fyringsolje) og gass (propan, naturgass) som spisslastkilder. Ettersom spisslastkilden normalt kun dekker 10 til 20 % av bygningens årlig varmebehov er det marginale årlig CO₂-utslipp fra denne typen anlegg.

4.3.6 Virkningsgrad for spisslastsystemer

Ved prosjektering av varmesystemer med én grunnlastkilde og én spisslastkilde kan det beregnes en effektdekningsgrad for grunnlastkilden som gir lavest mulig årskostnad for anlegget (kr/år). Et vanlig dimensjoneringskriterium har tradisjonelt vært at grunnlastkilden skal dekke 70 til 90 % av totalt årlig varmebehov, mens spisslastkilden dekker de resterende 10 til 30 % (Vedlegg A, Kapittel 6).

Tabell 12 viser, som et eksempel, prosentvis effektdekning i hht. netto effektbehov for en grunnlastkilde som dekker 90 % av totalt årlig varmebehov (jfr. Figur 29 A, D og E, Vedlegg A, Kapittel 6) for fire bygningstyper av TEK10- og passivhusstandard og i fem ulike klimasoner.

	Enebolig		Boligblokk		Sykehjem		Kontorbygg	
	TEK10	PH	TEK10	PH	TEK10	PH	TEK10	PH
Oslo	49 %	48 %	42 %	38 %	42 %	40 %	29 %	34 %
Bergen	55 %	52 %	44 %	33 %	45 %	42 %	29 %	37 %
Trondheim	52 %	49 %	42 %	41 %	43 %	41 %	30 %	39 %
Tromsø	65 %	62 %	56 %	50 %	61 %	60 %	43 %	54 %
Røros	45 %	45 %	40 %	38 %	40 %	37 %	34 %	33 %

Tabell 12 Effektdekning (β) for grunnlastkilde med 90 % energidekningsgrad ved oppvarming av ulike byggtypen av TEK10- og passivhus-standard i ulike klimasoner. PH=passivhusstandard. Underlagsdata fra Vedlegg E, Kapittel 10.

- › Effektdekningsgraden ved gitt energidekningsgrad påvirkes av klimasonen, dvs. dimensjonerende utetemperatur (DUT) og årsmiddeltemperaturen (t_m), og er høyest for Tromsø med relativt høy DUT og lang fyringssesong. Effektdekningen er vanligvis lavest i Røros, som har svært lav DUT og lang fyringssesong. Ved kostnadsoptimal dimensjonering av oppvarmingssystemer i bygninger bør det alltid tas hensyn til byggtipe, byggestandard og klimasone.

- › Effektdekningsgraden ved 90 % energidekningsrad er høyest for enebolig, boligblokk og sykehjem, hvor årlig varmebehov til varmtvannsberedning utgjør en relativt stor andel av total årlig varmebehov. For disse tre bygningstypene avtar effektdekningsgraden noe ved overgang fra TEK10-standard til passivhus-standard. Forskjellen ligger i størrelsesorden 1 til 10 prosentpoeng.
- › Kontorbygg har lavere effektdekningsgrad ved 90 % energidekningsgrad enn de tre andre bygningstypene, ca. 30 til 45 % for TEK10-standard og ca. 35 til 55 % for passivhus-standard. Det betyr at spisslastkilden må dekke en relativt høy andel av varmeeffektbehovet ved dimensjonerende forhold.

Kostnadsoptimal effektdekningsgrad for grunnlastkilden i varmesystemet avtar gradvis ved forbedret byggestandard, dvs. ved overgang fra f.eks. TEK10- til passivhus-standard. For å oppnå lav årlig energibruk for bygningen er det i den sammenheng viktig å benytte en spisslastkilde med høy virkningsgrad over hele effektområdet (gode dellastegenskaper), og da spesielt i kontorbygg hvor grunnlastkilden dekker en relativt lav effektandel. Ved framtidig revisjon av teknisk forskrift bør det vurderes å sette spesifikke krav til spisslastsystemets reguleringstekniske egenskaper og virkningsgrad.

4.3.7 Dimensjonering av kjølesystemer

Anlegg for klimakjøling i yrkesbygg dimensjoneres for å dekke maksimalt kjøleeffektbehov. Tradisjonelt benyttes ulike typer av elektrisk drevne kjølemaskiner som enten leverer punktkjøling eller kjøling via vannbårent distribusjonsnett (isvannsnett). Kjølemaskiner dekker hele det årlige kjølebehovet bygningen, eller benyttes som spisslast i kombinerte varmepumpe-/kjøleanlegg, hvor varmepumpens varmekilde benyttes til frikjøling (*Vedlegg C, Kapittel 8*).

Tabell 13 viser, som et eksempel, totalt årlig spesifikt varmebehov (kWh/m²år) og dimensjonerende spesifikt kjøleeffektbehov (W/m²) for et kontorbygg av TEK10- og passivhus-standard i ulike klimasoner. Data er hentet fra *Vedlegg E, Kapittel 10*.

KONTOR- BYGG	TEK10-standard			Passivhus-standard		
	kWh/m ² år	W/m ²	h/år	kWh/m ² år	W/m ²	h/år
Oslo	9	30	300	9	30	300
Bergen	3	30	100	2	30	70
Trondheim	2	27	80	2	30	70
Tromsø	1	8	130	1	6	170
Røros	2	30	70	2	30	70

Tabell 13 Årlig spesifikt kjølebehov (kWh/m²år) og dimensjonerende spesifikt kjøleeffektbehov (W/m²) for et kontorbygg av TEK10- og passivhus-standard i ulike klimasoner. Data fra *Vedlegg E, Kapittel 10*.

For det simulerte kontorbygget på 3600 m² varierer årlig kjøleenergibehov for TEK10-bygget mellom ca. 3 200 kWh/år i Tromsø til ca. 29 000 kWh/år i Oslo. Maksimalt kjøleeffektbehov varierer på sin side mellom 22 kW i Tromsø til ca. 110

kW i Oslo, Bergen og Røros. Ekvivalent driftstid for klimakjøling, dvs. årlig kjøleenergi behov dividert på maksimalt kjøleeffektbehov, blir særdeles kort både for TEK10- og passivhusbyggene. I kontorbygg er det imidlertid vanlig å ha sentral kjøling av datateknisk utstyr og dette vil ligge som en konstant kjølelast hele året.

Ettersom kjøleanlegget skal dekke prosesskjøling hele året (relativt lav last) og samtidig dekke spisslastbehovet for klimakjøling er det viktig at anlegget utformes for å kunne oppnå høy effektfaktor (COP) i hele driftsområdet. Et alternativ til å la kjøleanlegget dekke maksimalt kjøleeffektbehov er å kombinere kjølemaskinene med et termisk kjølelager, f.eks. PCM-lager (*Vedlegg C, Kapittel 8.4*).

I nye kontorbygg hvor ekvivalent driftstid for klimakjøling er svært kort, bør det legges spesiell vekt på å utforme kjølesystemet slik at det kan dekke nødvendig kjølebehov med høy effektfaktor (COP) i hele driftsområdet. Dette kan blant annet løses ved å dimensjonere kjølemaskinene kun for grunnlastdekning og benytte et termisk kjølelager, f.eks. PCM-system for spisslastdekning. Ved framtidig revisjon av Teknisk forskrift bør det vurderes å sette konkrete krav til dimensjonering og utforming av kjølesystemer for klimakjøling, hvor driftstiden er svært kort.

5 Referanser

- Andresen, I., Buvik, K., Grini, C., Sjøstrand, M., Thyholt, M., Wigenstad, T., 2010: *Miljøvennlig varmforsyning til lavenergi- og passivhus*. Prosjektrapport 59, SINTEF Byggforsk.
- Breeam, 2012. *Teknisk manual BREEAM NOR ver. 1.0*. Norsk IPR – Norwegian Green Building Council. Internasjonal IPR – BRE Global.
- Dokka, T. H., Klinski, M., Haase, M., & Mysen, M., 2009: *Prosjektrapport 42. Kriterier for passivhus- og lavenergibygg - Yrkesbygg*. SINTEF Byggforsk.
- EC, 2002: *Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of December 2002 on the Energy Performance of Buildings (EPB Directive, EPBD)*. European Commission. Apply from January 2006. Recast May 2010.
- EC, 2006: *Regulation (EC) No 842/2006 of the European Parliament and of the Council of 17 May 2006 on Certain Fluorinated Greenhouse Gases (F-Gas Directive)*. European Commission. Apply from May 2006.
- EC, 2009-1: *Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the Promotion of the use of Energy from Renewable Sources RES Directive*. European Commission. Apply from December 2010.
- EC, 2009-2: *Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 – Establishing a Framework for the Setting of Eco-design Requirements for Energy-Related Products (ErP Directive)*. European Commission.
- Enova, 2011: *Enovas byggstatistikk 2010*.
- Havellen, V., Larmerud, O., Knudsen, K.O., 2012: *Varmenormen – utgave 2012.01*. Samarbeidsprosjekt mellom Norsk VVS Energi- og miljøteknisk forening og Norske Rørleggerbedrifters Landsforening (NRL).
- Klif, 2010: *Klimakur 2020 – tiltak og virkemidler for å nå norske klimamål mot 2020*. TA2590/2010. Arbeidet ble vært ledet av Klima- og forurensningsdirektoratet i samarbeid med Oljedirektoratet, Statens vegvesen, Norges vassdrags- og energidirektorat og Statistisk sentralbyrå. www.klimakur2020.no

- LEP, 2012: *Build Up Skills – Del 1, statusanalyse*. Oppfølging av Intelligent Energy Europe prosjektet "Build Up Skills". Lavenergiprogrammet, 2012. <http://lavenergiprogrammet.no/lavenergi-i-eu/>
- MD, Det Kongelige Miljøverndepartement, 2012: *Stortingsmelding nr. 21 (2011-2012), Norsk Klimapolitikk – melding til Stortinget*. Tilråding fra Miljøverndepartementet 15. april 2012, godkjent i Statsråd samme dag.
- MD, Det Kongelige Kommunal- og Regionaldepartement, 2012: *Stortingsmelding nr. 28 (2011-2012), Gode bygg for et bedre samfunn – ein framtidsretta bygningspolitikk – melding til Stortinget*. Tilråding frå Kommunal- og Regionaldepartementet 15. juni 2012, godkjent i Statsråd samme dag.
- NGI, 2011: *Energipotensial for overflatevann – kartlegging av energipotensialet for overflatevann ved utnyttelse av varmepumper*. NGI-rapport. 20101073-00-2-R. Prosjektleder H. Smebye. Utarbeidet av K. Midttømme (NGI), H. Smebye, J. Stene (COWI AS) og G. Eggen (COWI AS).
- NOU 2012:9 – *Energiutredningen – verdiskapning, forsyningsikkerhet og miljø*. Olje- og energidepartementet (OED), 2012.
- NS-EN 378, 2008/2012: *Kuldeanlegg og varmepumper – sikkerhets- og miljøkrav, del 1-4*. Utgave 2008 med endringsblad 2012. Standard Norge.
- NS-EN 15603:2008: *Bygningers energiytelse – bestemmelse av total energibruk og energiytelse*. Utgave 2008-05-01. Standard Norge.
- NS 3031:2007/2011: *Beregning av bygningers energiytelse – Metode og data*. Utgave 2007 med endringsblad 2011. SN/K 034. Standard Norge.
- NS 3700:2010: *Norsk standard – Kriterier for passivhus og lavenergihus – Boligbygninger*. Utgave 2010-04-01. SN/K 034, Standard Norge.
- NS 3701:2012: *Norsk standard – Kriterier for passivhus og lavenergibygninger – Yrkesbygninger*. Utgave 2012-09-01. SN/k 34, Standard Norge.
- NVE 2010. *Tiltak og virkemidler for redusert utslipp av klimagasser fra norske bygninger – et innspill til Klimakur 2020*. Rapport nr 4/2010. Redaktør K.B Lindberg. 209 sider.
- NVE, 2011: *Energibruk – Energibruk i Fastlands-Norge*. Norges Vassdrags- og Energidirektorat, 2011. Rapport 9/2011. ISBN 978-82-410-0748-4.
- NVE, 2011: FOR-2011-02-23-190: *Forskrift om miljøvennlig utforming av energi-relaterte produkter (økodesignforskriften)*. Norges Vassdrags- og Energidirektorat. Ikrafttreden fra 11.03.2011. Revidert 2012.12-20.
- Prognosesenteret, 2012: *Vannbåren varme i Norge. Et studium av markedsutviklingen i perioden 2008-2011*. Enova-rapport SID 11/335. Utarbeidet av T. Vasvik, H. Bjørneng, E. Hansen og K. J. Haarberg.
- Rørhåndboka, 2012: Norges Rørleggerbedrifters Landsforening (NRL).

- Simien, 2013: *SIMIEN versjon 5.013*. Simuleringsprogram for beregning av energibruk, effektbehov og inneklime i bygninger. Brukesområdet er evaluering av byggeforskrifter, energimerking, beregning av energibehov, validering av inneklime samt domensjonering av oppvarmingsanlegg, ventilasjonsanlegg og romkjøling. Utviklet av Programbyggerne ANS.
- Smedegård, O.Ø., Borgersen, R.A., Bakkejord, S., Stene, J., Bell, D., 2012: *Faktastudie – kostnader for elektrisk og vassboren oppvarming*. Rapport fra COWI AS utarbeidet på oppdrag fra Enova SF, desember 2012.
- SSB, 2013: *Energistatistikk*. Statistisk sentralbyrå.
- Statnett, 2011: *Nettutviklingsplan 2011 – nasjonal plan for neste generasjons kraftnett*. Statnett, november 2011.
- SU, 2007: *Norsk kulde- og varmepumpenorm*. Inngår i Kuldehåndboken 2007. Samarbeidsutvalget for kuldebransjen (SU). Skarland Press AS, 2007.
- TEK10, 2010: *FOR 2010-03-26 nr 489 – Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggeteknisk forskrift – TEK10)*. Kommunal- og regionaldepartementet. Veiledning, Direktoratet for Byggkvalitet (HO-2/2011). Forskriften med overgangsbestemmelser trådte i kraft 1. juli 2010.
- Xrgia, 2011: *Potensial for fornybar varme og kjøling 2020 og 2030*. Studie for Enova SF utført av Xrgia AS. Utarbeidet av M. Havskjold, O. Lislebø, B. Langseth og K. Ingeberg.

6 Vedlegg A – Dimensjonering av varmesystemer (grunn-/spisslast)

Varmebehovet i boliger og yrkesbygg består av romoppvarming og oppvarming av ventilasjonsluft, som er direkte avhengig av utetemperaturen, og varmtvannsberedning, som mer eller mindre konstant over året. Pga. de store variasjonene i varmeeffektbehovet over året vil det vanligvis være kostnadsoptimalt å benytte to eller flere energibærere/varmesystemer som samkjøres på ulike måter. De viktigste energibærere er elektrisitet, olje (fossil, biologisk), gass, bioenergi og termisk solenergi. Ved dimensjonering og sammensetning av systemer for oppvarming av bygninger spiller økonomi og energifleksibilitet en viktig rolle.

- › *Økonomi generelt* – bestemt av installasjonskostnader for varmesystemene og årlige driftskostnader, dvs. energipris for energibærerne samt virkningsgrad eller effektfaktor (varmepumpe) for varmesystemene over året.
- › *Energifleksibilitet, driftskostnader* – mulighet til å velge mellom to eller flere energibærere for å oppnå lavest mulig årlige oppvarmingskostnader samt avlaste el.nettet på kalde dager ved bruk av annen energibærer enn elektrisitet.

Ved bruk av to eller flere energibærere/varmesystemer for oppvarming av bygninger benyttes begrepene *grunnlast* og *spisslast*.

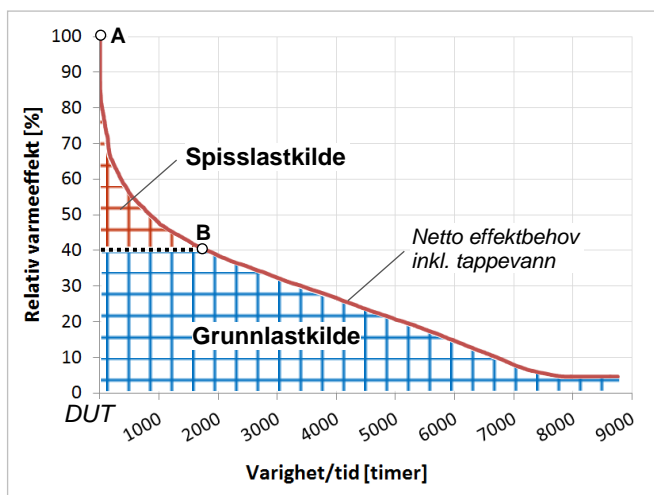
- › *Grunnlast* er den varmeeffekten opp til et visst nivå som skal til for å dekke det meste av årlig varmebehov på en mest mulig lønnsom måte. Fordelingen mellom grunnlast og spisslast er i praksis avhengig av stedlig klima, bygningens effektbehov over året og varmesystemets egenskaper. Grunnlastkilden(e) dekker typisk 70 til 90 % av bygningens årlige varmebehov.
- › *Spisslast* er nødvendig tilleggseffekt sammen med grunnlast for å kunne dekke hele bygningens varmeeffektbehov i den kaldeste delen av året. Spisslasten kan i visse systemkombinasjoner dekke hele bygningens effektbehov. Spisslastkilden(e) dekker typisk 10 til 30 % av bygningens årlige varmebehov.

Eksempler på grunnlastenheter (punktvarmekilder) er luft/luft-varmepumpe, pelletskamin, elektriske panelovner og varmekabler, mens spisslastenheter kan f.eks. være vedovn og/eller oljekamin/parafinovn (ref. *Vedlegg B, Kapittel 7*).

Eksempler på grunnlastenheter i vannbårne varmesystemer er fjernvarme, pellets-kjel, luft/vann-varmepumpe, væske/vann-varmepumpe eller solfangeranlegg, mens spisslastenheter f.eks. kan være oljekjel, gasskjel, elektrokjel, el.varmekolber og/eller varmeveksler tilkoblet fjernvarmenett (ref. *Vedlegg B, Kapittel 7*).

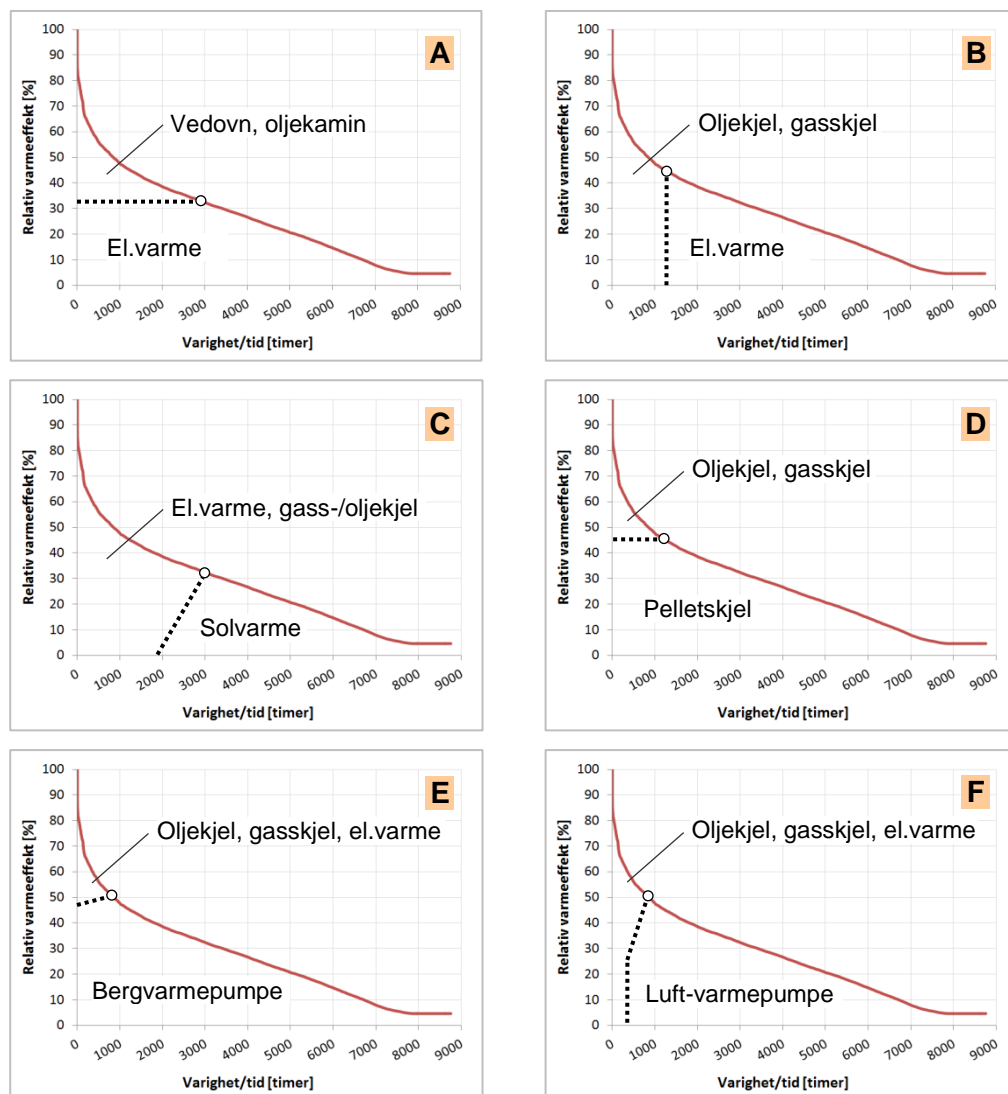
Med to eller flere systemer for varmeproduksjon er det mulig å beregne optimal dimensjonering (effektdekning, β) for systemene basert på bl.a. spesifikk investeringskostnad (kr per kW installert effekt), løpende energipriser over året (kr/kWh) samt gjennomsnittlig virkningsgrad/effektfaktor for varmesystemene i ulike driftspunkt. Optimal effektfordeling av varmesystemene er den fordeling som gir *lavest årskostnad* (kr/år) for varmeløsningen, såfremt det ikke stilles andre tilleggskrav med hensyn til effektfordelingen og valg av varmekilder/energibærere.

Figur 28 viser, som et eksempel, en prinsipiell netto effekt-varighetskurve for romoppvarming, oppvarming av ventilasjonsluft og varmtvannsberedning for en bygning. Effektbehovet til varmtvannsberedning ligger som en konstant varmelast i bunnen av diagrammet. **A** er maksimalt netto effektbehov ved dimensjonerende utetemperatur (DUT), mens **B** er dimensjoneringspunktet for grunnlastkilden. Grunnlastkildens og spisslastkildens årlige varmeleveranse (kWh) er vist som henholdsvis blå- og rød-skraverte flater i diagrammet (kW x timer = kWh). I dette eksempelet er grunnlastkilden dimensjonert for ca. 40 % effektdekningsgrad ved DUT, mens spisslastkilden dekker de resterende 60 %. Pga. effekt-varighetskurvens relativt ”bratte forløp” dekker likevel grunnlastkilden i dette eksempelet ca. 80 % av bygningens årlig varmebehov mens spisslastkilden dekker ca. 20 %.



Figur 28 Eksempel på prinsipiell netto effekt-varighetskurve for romoppvarming, oppvarming av ventilasjonsluft og varmtvannsberedning for en bygning. Inntegnet eksempel på effekt- og energidekningsgrad for grunnlastkilde og spisslastkilde.

Figur 29 viser eksempler på prinsipielle effekt-varighetskurver for en bygning med ulike kombinasjoner av én grunnlastkilde og én spisslastkilde. Energibærerne for grunnlastkildene er elektrisitet, bioenergi (pellets), solvarme og omgivelsesvarme (levert fra varmepumpe), mens energibærerne for spisslastkilden er bioenergi (ved, pellets), olje, gass og elektrisitet.



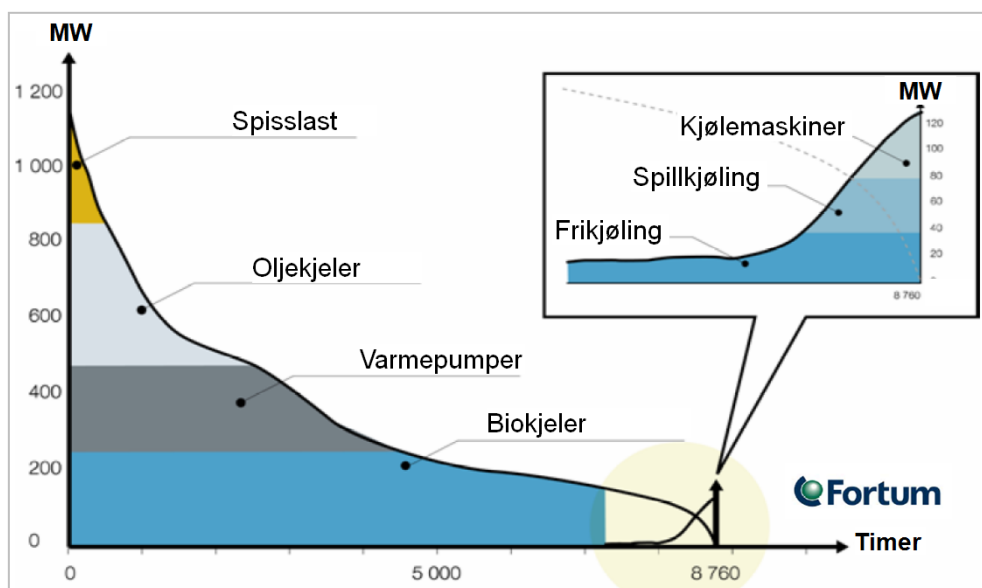
Figur 29 Eksempler – prinsipiell framstilling av effekt-varighetskurver for en bygning med ulike kombinasjoner av én grunnlastkilde og én spisslastkilde.

- A) Varmesystem med punktvarmekilder – elektriske panelovner og el.varmekabler (grunnlast) kombinert med vedovn og/eller oljekamin (spisslast) for romoppvarming. Elektriske varmekolber for varmtvannsberedning. Løsningen gir betydelig lavere effektuttak fra el.nettet om vinteren enn helelektrisk oppvarming. Varmeløsningen oppfyller ikke TEK10-kravene for nybygg.
- B) Vannbårent varmesystem – elektrokjel (grunnlast – vår, sommer, høst) kombinert med olje- eller gasskjel (spisslast, full effektdekning om vinteren) for romoppvarming og varmtvannsberedning. El.varme benyttes til oppvarming når el.prisen er lav. Olje- eller gasskjelen dekker en relativt stor andel av årlig varmebehov. Varmeløsningen oppfyller ikke TEK10-kravene for nybygg.
- C) Vannbårent varmesystem – solfangeranlegg (grunnlast vår, sommer, høst) kombinert med elektrokjel, el.varmekolber, oljekjel eller gasskjel (spisslast, full effektdekning om vinteren) for romoppvarming og varmtvannsberedning. Solvarme dekker typisk 40 til 60 % av årlig varmebehov. El.varme som spisslast gir høyt effektuttak om vinteren og belaster el.nettet. Varmeløsningen oppfyller TEK10-kravene samt passivhuskravene (NS 3700, NS 3701).

- D) Vannbårent varmesystem – *pelletskjel* (grunnlast) kombinert med *olje- eller gasskjel* (spisslast) for romoppvarming og varmtvannsberedning. Pelletskjelen dekker typisk 80 til 90 % av årlig varmebehov. Varmeløsningen oppfyller TEK10-kravene samt passivhuskravene (NS 3700, NS 3701).
- E) Vannbårent varmesystem – *bergvarmepumpe* (grunnlast) kombinert med *olje-, gass- og/eller elektrokjel* (spisslast) for romoppvarming og varmtvannsberedning. Varmepumpen har typisk 40 til 60 % effektdekning ved DUT, og dekker 85 til 95 % av totalt årlig varmebehov. Varmeløsningen oppfyller TEK10-kravene samt passivhuskravene (NS 3700, NS 3701).
- F) Vannbårent varmesystem – *uteluft/vann-varmepumpe* (grunnlast) kombinert med *olje-, gass- og/eller elektrokjel* (spisslast, full effektdekning på kalde dager) for romoppvarming og varmtvannsberedning. Varmepumpen har liten eller ingen varmeleveranse ved DUT, noe som gir høyt effektuttak fra el.nettet hvis det benyttes el.kjel som spisslast. Varmeløsningen oppfyller TEK10-kravene samt passivhuskravene (NS 3700, NS 3701).

I tillegg til varmeløsning C-F vil bl.a. varmeleveranse fra *varmeveksler i fjernvarmenett* (konsesjonsområde) samt 40 til 60 % varmeleveranse fra *biooljekjel* oppfylle TEK10-kravene samt passivhuskravene (NS 3700, NS 3701).

I store fjernvarme- og fjernkjølesystemer er det forøvrig vanlig med flere grunnlast- og spisslastkilder, bl.a. for å kunne benytte billigst mulig energikilde ved varierende energipriser over året samt utnytte lokale energiressurser som avfall, bioenergi (flis, skogsavfall osv.), omgivelsesvarme (frikjøling, varmepumper) og spillvarme. *Figur 30* viser et eksempel på effekt-varighetskurver for fjernvarmenett og fjernkjølenett i Stockholm med flere grunnlastenheter for oppvarming og kjøling (Värtaverket, Fortum).



Figur 30 Effekt-varighetskurver for fjernvarme- og fjernkjølenett med årlig leveranse fra ulike varmekilder (biokjeler, varmepumper, oljekjeler) og ulike kjølekilder (frikjøling fra brakkvann, spillkjøling, kjølemaskiner) (Värtaverket, Fortum).

7 Vedlegg B – Beskrivelse av utstyr og systemer for varmeleveranse

Dette vedlegget gir en beskrivelse av utstyr og systemer for varmeleveranse til enkeltbygninger samt til grupper av bygg via nærvarme- eller fjernvarmenett.

Energibærere og systemer for varmeproduksjon som er presentert er:

1. **Bioenergi** – ved, brikketter, pellets, flis og avfallsprodukter fra landbruket
2. **Varmepumper** – utnyttelse av omgivelsesvarme (jord, fjell, luft, vann) eller lavtemperatur spillvarme (ventilasjonsluft, vann)
3. **Solvarme** – termisk solenergi
4. **Direktevirkende elektrisk oppvarming**
5. **Gass** – naturgass (metan), LPG (f.eks. propan) og biogass
6. **Olje** – mineralsk/fossil fyringsolje og bioolje
7. **Fjernvarme og nærvarme** – ulike energibærere/varmesentraler

For hver type varmesystem er det gitt en beskrivelse med hensyn til:

- › Bruksområde og evt. varmeytelse
- › Utforming, egenskaper inkl. tekniske begrensninger og ulemper
- › Varmeleveranse – punktoppvarming, varmeleveranse til vannbårent varme-distribusjonssystem (VBV) eller varmeleveranse til nærvarme-/fjernvarmenett
- › Reguleringssegenskaper og evt. virkningsgrad/COP

I NS 3031 (2007/2011), Tillegg B, er det for eldre og nyere systemer gitt en oversikt over veiledende produksjonsvirkningsgrad/-effektfaktor, distribusjonsvirkningsgrad, reguleringsvirkningsgrad og samlet systemvirkningsgrad/-effektfaktor for solfangere, varmpumper samt peiser, ovner, kaminer, kjeler og varmeelementer med ulike energibærere. Tabellverdiene er for tiden under revisjon.

7.1 Bioenergi

Bioenergi (biobrensler) omfatter følgende produkter:



- › *Hel ved* – trevirke fra løvtrær og bartrær. Kvalitetskrav i hht. NS 4414. Hel ved benyttes i vedovner og vedkjeler.
- › *Briketter* – tørket sagflis, kutterspon og annet treavfall som under høyt trykk presses til stavformede kubber med diameter 50 til 75 mm. Briketter kan benyttes i vedovner og større fyringsanlegg med vedkjeler.
- › *Trepellets* – finmalt og tørket treavfall fra trebearbeidende industri, rent treavfall og tømmer som under høyt trykk er presset til små sylindriske enheter med diameter 6 til 8 mm. Trepellets har tilnærmet samme håndteringsegenskaper som fyringsolje, og kan fraktes med tankbiler tilpasset for eksempel dyrefor. Energiinnholdet per volumenhet er ca. 3 ganger lavere enn for olje. Pellets benyttes i pelletskaminer og pelletskjeler.
- › *Flis* – omfatter stammevedflis (flis fra rundvirke), heltreflis (flis fra hele trær) og flis fra trerester (grener, topp – grot). Flis kan også produseres fra rent treavfall (rivningsvirke, paller osv.). Energiinnholdet per volumenhet er ca. 10 ganger lavere enn for olje. Flis benyttes i flisfyringsanlegg.
- › *Avfallsprodukter fra landbruket* – husdyrgjødsel, halm

Følgende forbrenningsenheter for bioenergi er presentert:

1. Vedovner
2. Vedkjeler
3. Pelletskaminer
4. Pelletskjeler
5. Fliskjeler



7.1.1 Vedovner

- › *Bruksområde* – Boliger. Avgitt varmeeffekt fra ca. 3 kW
- › *Utforming, egenskaper* – Konvensjonelle vedovner med høy overflatetemperatur avgir det meste av varmen som strålevarme pga. høy overflatetemperatur mens konveksjonsovner med doble vegger for luftsirkulasjon og lavere over-

flatetemperatur gir stor grad av luftoppvarming (konvektiv varme). Noen ovner har vannmantel (indre vannvolum) for tilkobling til VBV. Det er behov for regelmessig fjerning av aske og eventuelt rengjøring.

- › *Varmeleveranse* – Alt. 1) Punktoppvarming (romoppvarming), Alt. 2) Punktoppvarming (romoppvarming) samt romoppvarming og varmtvannsberedning via VBV, hvor ca. 80 % av varmen avgis til det vannbårne systemet og ca. 20 % avgis til rommet der ovnen står plassert.
- › *Grunnlast, spisslast* – Vedovner vil vanligvis være enten grunnlastkilde eller spisslastkilde. Vedovner med vannmantel leverer kun varme til varmtvannsberedning så lenge det er et romvarmebehov. Boligen må derfor suppleres med andre varmesystemer.
- › *Virkningsgrad, regulering* – Forbrenningsvirkningsgraden varierer mellom 70 til 80 %, selv ved relativt lav last. Avgitt effekt reguleres manuelt med brenselinnlegging og variasjon i lufttilførselen. Vedovner har begrensede reguleringssegenskaper med minimum ytelse ned mot ca. 40 % av maks.

7.1.2 Vedkjeler

- › *Bruksområde* – Større bolig-/gårdsbygninger. Varmeeffekt fra ca. 15 kW
- › *Utforming, egenskaper* – Kjelen plasseres i eget fyrrom (teknisk rom) og tilkobles skorstein og VBV. Kjelen har manuell innmating av brensel (ved), noe som gir dårligere brukervennlighet enn kjelanlegg fyrt med pellets, gass eller olje. Det er behov for regelmessig fjerning av aske osv.
- › *Varmeleveranse* – Romoppvarming og varmtvannsberedning via VBV.
- › *Grunnlast, spisslast* – Vedkjeler kan dekke hele varmebehovet (100 % energidekningsgrad), men kan også dimensjoneres for grunnlast. For sistnevnte er det da behov for et varmesystem for spisslastvarme.
- › *Virkningsgrad, regulering* – Forbrenningsvirkningsgraden varierer typisk mellom 70 til 80 %. Kjelen har turtallsregulert vifte for styring av lufttilførsel til forbrenningskammeret. Vedkjeler oppnår tilfredsstillende reguleringssegenskaper i VBV med tilstrekkelig stort akkumuleringsvolum (varmebuffer).

7.1.3 Pelletskaminer

- › *Bruksområde* – Boliger. Avgitt varmeeffekt fra ca. 3 kW.
- › *Utforming, egenskaper* – Kaminene ligner vedovner av konveksjonstype, og har integrert lagertank for pellets. Noen kaminer har vannmantel (indre vannvolum) for varmeleveranse til VBV. Det er behov for regelmessig fjerning av aske og evt. rengjøring.
- › *Varmeleveranse* – Alt. 1) Punktoppvarming (romoppvarming), Alt. 2) Punktoppvarming (romoppvarming) samt romoppvarming og varmtvannsberedning via VBV, hvor ca. 80 % av varmen avgis til det vannbårne systemet og ca. 20 % avgis til rommet der ovnen står plassert.
- › *Grunnlast, spisslast* – Pelletskaminer, som benyttes til romoppvarming eller kombinert romoppvarming og varmtvannsberedning, vil være en grunnlast-

kilde og det er behov for supplerende varmekilder. Kaminer med vannmantel leverer kun varme til varmvannsberedning så lenge det er et romvarmebehov.

- › *Virkningsgrad, regulering* – Forbrenningsvirkningsgraden varierer fra ca. 80 til 90 %. Pelletskaminer har gode reguleringssegenskaper pga. termostatstyrt forbrenning med skruemating av pellets og turtallsregulert vifte for lufttilførsel. Kaminer med vannmantel har en ekstern temp.føler i akkumulatortanken.

7.1.4 Pelletskjeler

- › *Bruksområde* – Bygninger og nærvarmesystemer. Varmeeffekt fra ca. 10 kW
- › *Utforming, egenskaper* – Kjelen plasseres i eget teknisk rom og tilkobles brenseltilførsel (pellets), skorstein og VBV. Kjelen er utformet på prinsipielt samme måte som olje- og gasskjeler, men det benyttes spesialutformet pelletsbrenner. Pelletslageret kan plasseres innendørs (kun boliger) eller utendørs (pelletssilo i aluminium, glassfiber eller stål). Det er behov for regelmessig rengjøring av brenner, avsoting og fjerning av slagg/aske.
- › *Varmeleveranse* – Alt. 1) Romoppvarming og varmtvannsberedning via VBV, Alt. 2) Varmeleveranse til nærvarme- eller fjernvarmenett.
- › *Grunnlast, spisslast* – Pelletskjeler i boliger kan utformes for å dekke hele varmebehovet, dvs. 100 % effekt-/energidekning. Pelletskjeler for større bygninger og nærvarmenett dimensjoneres som grunnlastkilde med typisk 80 til 90 % energidekningsgrad. Det benyttes et separat kjelanlegg for spisslast.
- › *Virkningsgrad, regulering* – Forbrenningsvirkningsgraden varierer mellom 80 til 90 %. Pellets mates fra innendørs/utendørs lagertank med mateskrue eller luftmating. Pelletskjeler har gode reguleringssegenskaper pga. automatisk regulering av brenseltilgang og luftmengde via termostat.

7.1.5 Flisfyringsanlegg

- › *Bruksområde* – Gårdsbruk, gartnerier og nærvarme-/fjernvarmesystemer. Varmeytelse fra ca. 300 kW (fra ca. 50 kW for gårdsbygninger)
- › *Utforming, egenskaper* – Forbrenningsanlegget, med teknologi spesialtilpasset forbrenning av tørr/våt flis, plasseres i eget fyrrom og tilkobles skorstein samt VBV eller nærvarme/fjernvarmenett. Flissiloen utformes i betong, stål eller tre. Det er behov for regelmessig fjerning av slagg og aske.
- › *Varmeleveranse* – Alt. 1) Romoppvarming og varmtvannsberedning via VBV, Alt. 2) Varmeleveranse til nærvarme- eller fjernvarmeanlegg.
- › *Grunnlast, spisslast* – Flisfyringsanlegg dimensjoneres som grunnlastkilde med typisk 80 til 90 % energidekningsgrad, og det benyttes vanligvis et separat kjelanlegg som spisslastkilde.
- › *Virkningsgrad, regulering* – Forbrenningsvirkningsgraden varierer mellom 80 til 90 % avhengig av type anlegg og innfyrt varmeeffekt. Flis mates med en stangmater og skrue, eventuelt med en sirkelmater (mindre anlegg). Anleggene driftes med såkalt pausefyring eller start/stopp-fyring. Anleggene har gode reguleringssegenskaper når de leverer varme til VBV eller nærvarme-/fjernvarmenett med stort akkumuleringsvolum (varmebuffer).

7.2 Varmepumper

7.2.1 Innledning

Elektrisk drevne varmpumper for bygninger og nærvarme-/fjernvarmenett dekker varmebehov inntil ca. 90 °C. Anleggene kan utformes for å levere kjøling, enten ved at varmekilden benyttes til direkte kjøling (frikjøling) eller ved at anlegget driftes som en kjølemaskin. Aktuelle varmekilder for varmpumper er uteluft, avtrekksluft, fjell/berg, jord, grunnvann, sjøvann, ferskvann, gråvann og avløpsvann.

Varmepumpeanlegg klassifiseres i henhold til type medium som strømmer gjennom varmpumpens fordampere (*F* – luft, vann, væske) og kondensator (*K* – luft, vann), *F/K* – f.eks. væske/vann, luft/vann og luft/vann. *Væske* betyr at det benyttes et indirekte varmeopptakssystem mot varmekilden bestående av et lukket rørsystem med sirkulerende frostvæske tilkoblet en ekstern varmeveksler (plastslanger, plastvarmeveksler). *Vann* på kondensatorsiden betyr at anlegget er tilkoblet et vannbårent varmedistribusjonssystem (VBV). Ofte skrives *uteluft* eller *ventilasjonsluft* istedenfor luft for å gi en ytterligere presisering av varmekilden.

For uteluft/vann-anlegg og væske/vann-anlegg er det skilt mellom mindre bolig-anlegg og anlegg for større bygninger og nærvarme-/fjernvarmesystemer ettersom komponenter, oppbygging og regulering er vesentlig forskjellig.

- › Effektfaktor (COP)¹² – Gjennomsnittlig COP for varmpumpesystemer er avhengig av mange faktorer bl.a. varmebehov, varmekilde og klimasone, temperaturnivå ved varmeleveranse, dimensjonering, type komponenter, aggregatutforming, systemutforming, styring/regulering av komponenter, eventuell temperaturbegrensning ved varmeleveranse og samkjøring med spisslastsystem. COP for varmpumpeaggregater varierer typisk mellom 2 og 5.
- › Temperaturbegrensning – For de ulike varmpumpe typene er det oppgitt typisk maksimalt utgående vanntemperatur. Ved installasjon av varmpumpeaggregater med maks. 40 til 50 °C utgående vanntemperatur i høytemperatur vannbårne varmedistribusjonssystemer, vil varmpumpen få redusert effekt- og energidekning ettersom den leverer liten/ingen varmeeffekt når varmeeffektbehovet i bygget er høyest. Det er standard varmpumpeaggregater med uteluft som varmekilde samt standard væske/vann kjølemaskiner (isvannsanlegg) som har størst temperaturbegrensning.

Følgende varmpumpe typer er presentert:

1. Uteluft/luft-aggregater (monosplit)
2. Uteluft/luft-aggregater (VRV, multisplit)
3. Uteluft/vann-aggregater – ulike bruksområder

¹² COP beregnes som avgitt varmeeffekt (kW) dividert på tilført elektrisk effekt (kW) til kompressor(er) samt evt. vifter/pumper. Gjennomsnittlig COP over ett år (årsvarmefaktor, SPF) beregnes som avgitt varmemengde (kWh/år) dividert på årlig tilført el.energi (kWh/år) for drift av anlegget.

4. Ventilasjonsluft/vann-aggregater
5. Ventilasjonsluft/luft-aggregater
6. Væske/vann-aggregater – ulike bruksområder



7.2.2 Uteluft/luft-aggregater ("monosplit")

- *Bruksområde* – Boliger og større bygninger. Nominell varmeeffekt ved +7 °C utelufttemperatur fra ca. 4 kW.
- *Utforming, egenskaper* – Aggregatet består av én utedel (varmeveksler, vifter, kompressorer, strupeventil) som er tilknyttet én eller to innedeler (varmeveksler, vifte) med et lukket rørsystem hvor det sirkulerer et kuldemedium. Ved varmedrift avkjøles uteluft i utedelen, og innedelen resirkulerer og varmer inneluft. Ved behov for kjøling reverseres aggregatet. Avgitt varmeeffekt avtar med synkende utetemperatur, typisk 50 % reduksjon fra +7 °C til -15 °C, men noen aggregater har mindre reduksjon i avgitt varmeeffekt pga. mer avansert utforming og optimalisert drift. Utedelen må avrimes regelmessig ved lavere utetemperatur, hvilket krever energi. Laveste tillatte driftstemperatur (stopp-temperatur) for aggregatene er -20 til -25 °C.
- *Varme-/kjøleleveranse* – Punktoppvarming ved resirkulasjon og oppvarming av inneluft fra én eller flere innedeler. Ved kjølebehov reverseres aggregatet slik at inneluften resirkuleres og kjøles, mens overskuddsvarmen avgis til uteluften via utedelen.
- *Grunnlast, spisslast* – Uteluft/vann-varmepumper dekker kun romoppvarming og dimensjoneres for grunnlast. Energidekningsgraden er svært avhengig av boligens planløsning, og vil typisk kunne variere mellom 40 til 60 %. Aggregatene må derfor suppleres med separate varmesystemer for spisslast til romoppvarming samt beredning av varmt tappevann.
- *Regulering* – Uteluft/luft-varmepumper har gode reguleringsegenskaper pga. turtallsregulert scroll- eller rullestempelkompressor og trinnregulerte vifter. Avriming reguleres med urstyring eller etter behov (anbefalt). Anlegg som er utformet for kaldt klima oppnår høyest COP og har lavest stopptemperatur.

7.2.3 Uteluft/luft-aggregater (VRV, "multisplit")

- › *Bruksområde* – Større bygninger inkl. større boligbygg. Nominell varmeeffekt ved +7 °C utelufttemperatur fra ca. 10 til 150 kW.
- › *Utforming, egenskaper* – Et VRV-system er i utgangspunktet bygget for klimakjøling, men kan også levere varme (reversible anlegg). Anlegget består av én utedel (varmeveksler, vifter, kompressorer), som er tilknyttet et gitt antall innedeler (varmeveksler, vifte, strupeventil) gjennom et felles lukket rørsystem hvor det sirkulerer et kuldemedium. I varmedrift avkjøles uteluft i utedelen, og innedelene resirkulerer og varmer inneluft. Ved behov for kjøling reverseres anlegget. Noen VRV-systemer er utformet for å kunne levere samtidig varme og kjøling i separate rom. Avgitt varmeeffekt avtar med synkende utetemperatur som konvensjonelle uteluft/luft-varmepumper. Ute-enheten må avrimes regelmessig ved lavere utetemperatur, hvilket krever energi. Laveste tillatte driftstemperatur (stopp-temperatur) er typisk -20 °C.
- › *Varme/kjøleleveranse* – Alt. 1) Punktoppvarming ved resirkulasjon og oppvarming av inneluft i separate innedeler plassert i enkeltrom. I kjølemodus reverseres anlegget og resirkulerer og kjøler inneluften (punktkjøling). Alt. 2) Samtidig oppvarming og kjøling i enkeltrom (varmegjenvinningsystem).
- › *Grunnlast, spisslast* – VRV-systemer dekker kun romoppvarming og dimensjoneres som grunnlast. Aggregatene må derfor suppleres med varmesystemer for spisslast til romoppvarming og evt. beredning av varmt tappevann.
- › *Regulering* – VRV-systemer har gode reguleringssegenskaper pga. turtallsregulerte scroll-kompressorer og turtallsregulerte vifter. Avrimingen reguleres etter behov. Anlegg som er spesialutformet for kaldt klima oppnår høyest COP og har lavest stopptemperatur.

7.2.4 Uteluft/vann-aggregater (mindre anlegg)

- › *Bruksområde* – Småhus og større boligbygg. Nominell varmeeffekt ved +7 °C utelufttemperatur fra ca. 4 kW.
- › *Utforming, egenskaper* – Varmeopptak fra uteluft i en ute-enhet og varmeleveranse fra en inne-enhet til varmtvannsberedning og vannbårent varmesystem (VBV) for romoppvarming. Type 1) Direkte systemløsning hvor ute-enheten (fordamper, vifte, kompressor) og inne-enheten (kondensator) er koblet sammen med en lukket rørkrets med sirkulerende kuldemedium. Type 2) Indirekte systemløsning hvor inne-enheten (væske/vann-varmepumpe) er tilkoblet en ute-enhet (luftvarmeveksler, luftkjøler) via en lukket rørkrets med sirkulerende frostvæske (sekundærkrets). Det finnes ulike systemløsninger (konsepter) for varmtvannsberedning, med 50 til 100 % energidekningsgrad for varmepumpen. Varmtvannstanken er vanligvis en integrert del av anlegget.

Avgitt varmeeffekt avtar med synkende utelufttemperatur, typisk 50 % reduksjon fra +7 °C til -15 °C. Noen aggregater har noe mindre reduksjon i avgitt varmeeffekt pga. mer avansert utforming og drift. Pga. påriming må ute-enheten avrimes regelmessig ved lavere utetemperatur, hvilket krever energi. Laveste tillatte driftstemperatur (stopp-temperatur) er typisk -10 til -15 °C.

- › *Varmeleveranse* – Type 1) "Kombi-varmepumper" med varmeleveranse via VBV for romoppvarming og varmtvannsberedning i enkeltboliger (småhus), Type 2) Varmepumper for kun varmtvannsberedning i større boligbygg.
- › *Grunnlast, spisslast* – Kombi-varmepumper i vanlige boliger dimensjoneres for grunnlast med typisk 40 til 60 % effektdekning, hvilket gir i størrelsesorden 60 til 70 % energidekningsgrad. Kombi-varmepumper i bygninger av passivhusstandard bør dimensjoneres for høy/full effektdekning. Varmtvanns-varmepumper oppnår 80 til 100 % energidekningsgrad, og eventuell spisslast leveres fra integrerte el.varmekolber i varmtvannstankene eller i aggregatet.
- › *Maks. vanntemperatur* – Ca. 40 °C ved lav utelufttemperatur, ellers ca. 50 °C. Spesielt utformede anlegg greier å levere varme opp mot 70 til 80 °C.
- › *Regulering* – Uteluft/vann-varmepumper har gode reguleringsegenskaper. Ved direkte systemløsning (Type 1) benyttes turtallsregulert scroll-kompressor og turtallsregulerte vifter. Ved indirekte systemløsning (Type 2) benyttes på/avregulering (intermittent regulering) av kompressoren og akkumulatortank med tilstrekkelig volum i VBV, eventuelt turtallsregulert kompressor. Avriming reguleres med enkel urstyring eller etter behov (anbefalt). Anlegg som er utformet for kaldt klima oppnår høyest COP og har lavest stopptemperatur.

7.2.5 Uteluft/vann-aggregater (større anlegg)

- › *Bruksområde* – Større bygninger samt nærvarme- og fjernvarmesystemer. Nominell varmeeffekt ved +7 °C lufttemp. opp mot ca. 500 kW per aggregat.
- › *Utforming, egenskaper* – Varmeopptak fra uteluft og varmeleveranse til vannbårent romvarmesystem (VBV) og eventuelt varmtvannssystem.

Type 1) Reversibel uteluft/vann varmepumpe/kjøleaggregat plassert utendørs. Aggregatet har en 4-veisventil i kuldemediekretsen for sjalting mellom varme- og kjøledrift. En lukket sekundærkrets med sirkulerende frostvæske overfører varme mellom aggregatet og en varmeveksler mot VBV i teknisk rom.

Type 2) Væske/vann-aggregat plassert i teknisk rom. En lukket sekundærkrets med sirkulerende frostvæske overfører varme mellom en utendørs luftvarmeveksler (luftkjøler) og varmepumpens fordampere.

Avgitt varmeeffekt avtar gradvis ved synkende utelufttemperatur, og det er behov for avriming av utedelen ved lavere utelufttemperaturer. Avriming reguleres med enkel urstyring eller etter behov (anbefalt). Laveste tillatte driftstemperatur (stopp-temperatur) er typisk -10 til -15 °C.

- › *Grunnlast, spisslast* – Varmepumpene dimensjoneres for grunnlast med typisk 40 til 60 % effektdekning, hvilket gir i størrelsesorden 60 til 70 % energidekning. Spisslast leveres fra et separat kjelanlegg. Energidekningsgraden for varmtvanns-varmepumper er typisk 80 til 100 %, og eventuell spisslast leveres vanligvis fra integrerte el.varmekolber i varmtvannstanken eller i aggregatet.
- › *Maks. vanntemperatur* – Typisk 40 °C ved lav utelufttemperatur og ca. 50 °C ved høyere temperatur. Et fåtalls standard aggregater greier 50 °C ved lav utelufttemperatur, mens spesialbygde aggregater greier opp mot ca. 65 °C.

- › *Varmeleveranse* – Alt. 1) Varmeleveranse til VBV med evt. forvarming av varmt tappevann i større bygninger. Alt. 2) Anlegg for varmtvannsberedning i større bygninger (hoteller, idrettsanlegg, sykehjem, sykehus osv.).
- › *Reguleringssegenskaper* – Uteluft/vann-varmepumper har gode regulerings-egenskaper ved på/av-regulering (intermittent regulering) av flere scroll-kompressorer og bruk av tilstrekkelig stor akkumulatortank, eventuelt bruk av turtallsregulert skruekompressor. Skruekompressorer med konvensjonell sleideregulering gir dårligere reguleringssegenskaper og vesentlig lavere COP. Avriming reguleres med enkel urstyring eller etter behov (anbefalt). Anlegg som er spesialutformet for kaldt klima oppnår høyest COP og har lengst levetid.

7.2.6 Ventilasjonsluft/luft-aggregater

- › *Bruksområde* – større bygninger
- › *Utforming, egenskaper* – Varmepumpen er en integrert enhet i ventilasjonsaggregatet, og kan benyttes til både oppvarming og kjøling. Det plasseres en varmeveksler (fordamper/kondensator) i avtrekkskanalen *etter* varmegjenvinneren og en varmeveksler (kondensator/fordamper) i tilluftskanalen før ettervarmebatteriet. Ved varmebehov kjøler fordamperen avtrekksluften, og varmen avgis fra kondensatoren til tilluften. Ved kjølebehov reverseres anlegget ved hjelp av en 4-veis ventil (se også *Kapittel 8.1.3*).
- › *Varmeleveranse* – Punktoppvarming av tilluft i ventilasjonsaggregat.
- › *Regulering* – Avtrekksluft/luft-aggregater har tilfredsstillende regulerings-egenskaper. Det benyttes på/av-regulering eller turtallsregulering av en eller flere scroll-kompressorer, hvor turtallsregulering gir best temperaturstabilitet og høyest effektfaktor (COP) for anlegget.

7.2.7 Ventilasjonsluft/vann-aggregater

- › *Bruksområde* – Boliger. Nominell varmeeffekt fra ca. 2 kW.
- › *Utforming, egenskaper* – Anleggene er utformet som komplette ventilasjons- og varmeaggregater med vifter, varmegjenvinner, varmtvannstank, ventilasjonsluft-varmepumpe, elektriske varmeelementer for ettervarming samt eventuelle komponenter (pumper, ekspansjonssystem osv.) for VBV.

Type 1) Anlegg for eksisterende eller nyere boliger med avtrekksventilasjon.

Type 2) Anlegg *uten* varmegjenvinner for nyere boliger med balansert ventilasjonssystem (erstatte konvensjonell varmegjenvinner).

Type 3) Anlegg *med* varmegjenvinner for boliger av lavenergi- og passivhusstandard med balansert ventilasjonssystem. Anleggene benevnes CVHD, "Compact Heating and Ventilation Device". I anlegg med motstrøms varmegjenvinner med høy virkningsgrad må tilluften forvarmes ved utelufttemperaturer lavere enn ca. -8 °C for å unngå påfrysing.

For å øke avgitt varmeeffekt fra varmepumpeanlegget og årlig energidekningsgrad benyttes en tilleggsvarmekilde – jord eller fjell (indirekte systemløsning) eller uteluft (helst forvarmet fra jordvarmeveksler). I anlegg med kun

avtrekksluft som varmekilde vil varmepumpen kunne få meget lav energidekningsgrad i vanlige boliger pga. begrenset termisk kapasitet for varmekilden i forhold til varmebehovet. Det benyttes ulike systemløsninger for varmtvannsberedning med 50 til 100 % energidekningsgrad for varmepumpen.

- › *Varmeleveranse* – Type 1) Full varmtvannsberedning og noe romoppvarming via VBV eller som Type 2 og 3. Type 2 og 3) Romoppvarming via VBV, ettervarming av ventilasjonsluft og varmtvannsberedning, evt. også kjøling.
- › *Grunnlast, spisslast* – Varmepumpene dimensjoneres som grunnlast og integrerte el.varmekolber benyttes som spisslast. Energidekningsgraden for varmepumpen vil kunne variere fra ca. 20 til 90 %, og er avhengig av type anlegg, boligens varmebehov i forhold til tilgjengelig ventilasjonsluftmengde samt eventuell bruk av tilleggsvarmekilde (uteluft, jord, fjell).
- › *Maks. vanntemperatur* – Ca. 45-50 °C
- › *Regulering* – Anleggene har gode reguleringsegenskaper med på/av-regulering (intermittent regulering) av scroll-kompressor(er) og bruk av akkumulator-tank med tilstrekkelig stort volum i VBV, evt. bruk av turtallsregulert scroll-kompressor(er). Turtallsregulering gir høyest midlere COP for anlegget.

7.2.8 Væske/vann-aggregater (mindre anlegg)

- › *Bruksområde* – Boliger. Nominell varmeeffekt ved 0/35 °C fra ca. 4 kW.
- › *Utforming, egenskaper* – Væske/vann varmepumpeaggregat med varmeopptak fra jord, fjell/berg, ferskvann eller sjøvann via indirekte varmeopptakssystem. Systemløsninger for varmtvannsberedning er stort sett som for uteluft/vannvarmepumper for boliger, og varmtvannstanken er vanligvis en integrert del av anlegget. Tilgjengelig varmeeffekt fra varmepumpen er i forhold til uteluft-baserte anlegg relativt konstant over året ettersom temperaturen på varmekilden (vann, fjell/berg) har langt mindre variasjon enn uteluft.
- › *Varmeleveranse* – Type 1) "Kombi-varmepumper" med varmeleveranse via VBV for romoppvarming og varmtvannsberedning i enkeltboliger (småhus), Type 2) Varmepumper for kun varmtvannsberedning i større boligbygg.
- › *Grunnlast, spisslast* – Kombi-varmepumper i vanlige boliger dimensjoneres for grunnlast med typisk 40 til 60 % effektdekning, hvilket gir i størrelsesorden 85 til 95 % energidekningsgrad. Kombi-varmepumper i bygninger av passivhusstandard bør dimensjoneres for 100 % effektdekning. Varmtvannsvarmepumper oppnår typisk 90 til 100 % energidekningsgrad, og evt. spisslast leveres fra integrerte el.varmekolber i varmtvannstankene eller i aggregatet.
- › *Maks. vanntemperatur* – Ca. 55 til 65 °C.
- › *Regulering* – Væske/vann-varmepumper har gode reguleringsegenskaper ved på/av-regulering (intermittent regulering) av scroll- eller stempelkompressor og bruk av tilstrekkelig stor akkumulatortank i VBV, evt. bruk av turtallsregulert scroll-kompressor. Turtallsregulering gir høyest midlere COP for anlegget.

7.2.9 Væske/vann-varmepumper (større anlegg)

- › *Bruksområde* – Større bygninger samt nærvarme- og fjernvarmesystemer. Nominell varmeeffekt opp til mange tusen kW per aggregat.
- › *Utforming, egenskaper* – Væske/vann varmepumpeaggregat med varmeopptak fra jord, fjell/berg, ferskvann eller sjøvann via indirekte eller direkte varmeopptakssystem. Varmepumpen dimensjoneres som grunnlast, typisk 40 til 60 % av netto effektbehov for klimaavhengige varmebehov. Tilgjengelig varme-effekt fra varmepumpen er i motsetning til uteluftbaserte systemer relativt konstant over året såfremt anlegget ikke har temperaturbegrensning.
- › *Varmeleveranse* – Type 1) Anlegg med varmeleveranse til romoppvarming (VBV) og forvarming av varmtvann i større bygninger samt varmeleveranse til nærvarme- eller fjernvarmeanlegg. Type 2) Anlegg for varmtvannsberedning i større bygninger (hoteller, idrettsanlegg, sykehjem, sykehus). Typisk 90-100 % energidekningsgrad for varmepumpen.
- › *Grunnlast, spisslast* – Væske/vann-varmepumper dimensjoneres som grunnlast med typisk 40 til 60 % effektdekningsgrad og 85 til 95 % energidekningsgrad. Spisslast leveres fra et kjelanlegg.
- › *Maks. vanntemperatur* – Ca. 60-65 °C for aggregater som er spesialutformet for varmepumpedrift, og ca. 50 °C for standard kjølemaskiner (isvannsmaskiner) som brukes som varmepumper. Spesialutformede anlegg, dvs. to-trinns anlegg og kaskadeanlegg, kan levere varme opp mot 70-90 °C, men har vesentlig høyere investeringskostnad enn standard anlegg.
- › *Regulering* – Reguleringsegenskaper og COP ved dellastregulering er svært avhengig av bl.a. systemoppbygging og type kompressorer. På/av-regulering (intermittent regulering) av scroll-kompressorer mot akkumuleringstank, løfting av sugeventil for stempelkompressorer og turtallsregulering av stempel- og skruekompressorer gir god regulerbarhet. Konvensjonell sleideregulering av skruekompressor gir dårlig regulerbarhet og lav COP, og skruekompressorer er kun egnet som grunnlast sammen med f.eks. stempelkompressorer.

7.3 Solvarme

I et aktivt solvarmesystem blir solinnstråling absorbert i en eller flere solfangere, og varme leveres til bygningen via et væske- eller luftbasert distribusjonssystem. Det benyttes hovedsakelig to typer solfangere: 1) *Plan type* og 2) *Vakuumsør-type*. Om vinteren vil et solfangeranlegg dekke en svært liten andel av varmebehovet pga. moderat/ingen solinnstråling, mens anlegget sommerstid har overkapasitet. Vår/høst er det bedre balanse mellom tilgjengelig solenergi og bygningens varmebehov. Resterende andel av det årlige varmebehovet må dekkes med et annet oppvarmingssystem. En solfanger vil typisk levere 300 til 450 kWh per m² per år.



- › *Bruksområde* – Boliger, større bygninger og nærvarme-/fjernvarmesystemer.
- › *Utforming, egenskaper* – Solinnstrålingen absorberes og omgjøres til varme i en eller flere solfangere. Plane solfangere er den mest brukte solfangertypen i Europa, men vakuumsolfangere brukes i økende grad pga. høyere effektivitet ved høye væsketemperaturer. Sirkulerende frostvæske i et lukket rørsystem transporterer varme fra solfangerne til varmevekslere i en eller flere akkumulatortanker for varmt tappevann. Det finnes også direkte/drenerende systemer med vann som varmbærer. Varme til vannbårent varmesystem (VBV) for romoppvarming leveres via separate varmevekslere i hver tank. Solfangere kan integreres i bygningens tak eller fasade, eller være frittstående enheter på tak eller bakke. I Norge og andre land er det også installert solfangersystemer med et stort antall solfangere for varmeleveranse til fjernvarmenett.
- › *Varmeleveranse* – Alt. 1) Luftoppvarming i boliger, Alt. 2) Sentral varmtvannsberedning og romoppvarming via VBV i boliger og større bygninger, Alt. 3) Varmeleveranse til fjernvarme- eller nærvarmenett.
- › *Grunnlast, spisslast* – Pga. stor variasjon i solinnstråling over året må et solfangersystem dimensjoneres som grunnlastkilde både ved varmtvannsberedning og romoppvarming. Det må derfor kompletteres med et spisslastsystem (tilleggsvarme). Vinterstid må spisslastsystemet kunne dekke hele varmeeffektbehovet. Typisk energidekningsgrad er 50 til 60 % ved varmtvannsberedning og 20 til 30 % ved romoppvarming.
- › *Virkningsgrad, regulering* – Solfangere har typisk 40 til 70 % virkningsgrad ved 50 °C temperaturdifferanse mellom sirkulerende væske og uteluft og varierende innstrålt effekt fra solen. Virkningsgraden avtar med økende temperaturdifferanse, og vakuumsolfangere oppnår inntil 30 % høyere virkningsgrad enn plane solfangere ved høye væsketemperaturer. Plane solfangere og vakuumsolfangere egner seg derfor best i henholdsvis lavtemperatur og høytemperatur varmesystemer.

7.4 Direktevirkende elektrisk oppvarming

Direktevirkende elektriske oppvarmingssystemer kan benyttes til romoppvarming, oppvarming av ventilasjonsluft, varmtvannsberedning samt kombinert romoppvarming og varmtvannsberedning i et vannbårent varmedistribusjonssystem (VBV). Elektrokjeler kan også benyttes i nærvarme- og fjernvarmesystemer.

Følgende direktevirkende elektriske varmeenheter er presentert:

Romoppvarming

1. Elektriske panelovner (lukket type, gjennomstrømningsovner)
2. Elektriske, oljefylte radiatorer
3. Elektriske varmelister
4. Elektriske varmetaver
5. Elektriske gulv- og takvarmesystemer
6. El.kassett (elektriske varmekolber montert i kabinett)

Oppvarming av ventilasjonsluft

- 7. Elektrisk varmebatteri

Varmtvannsberedning

- 8. Elektriske varmekolber plassert i beredertank

Romoppvarming, oppvarming av ventilasjonsluft og varmtvannsberedning

- 9. Elektrokjel tilkoblet VBV eller nærvarme-/fjernvarmenett



7.4.1 Panelovner – varmelister/staver – oljefylte radiatorer

- > *Bruksområde* – Boliger og større bygninger. Avgitt varmeeffekt ca. 300 til 2000 W for panelovner og elektriske, oljefylte radiatorer. Elektriske varmelister avgir typisk 150 W per m list.
- > *Utforming, egenskaper* – a) Panelovner utføres som tette, kompakte ovner uten luftgjennomstrømning eller som gjennomstrømningsovner for veggmontering (mest vanlig). Ovnene leveres som varmepaneler og varmelister (smale, lange ovner). Gjennomstrømningsovner gir høyere lufthastighet i rommet enn tette ovner og elektriske varmelister, og en relativt stor andel av varmen avgis som konveksjonsvarme. b) Elektriske varmelister er et rekkekoblet modulsystem som monteres som en vanlig gulvlist. c) Elektriske, oljefylte radiatorer er utformet for frittstående gulvplassering eller veggmontasje. d) Elektriske varmestaver (grenstaver) plasseres i rommet i f.eks. kontorbygg med el.tilkobling mot tak, og har integrerte el.kontakter for tilkobling til elektrisk utstyr.
- > *Varmeleveranse* – Romoppvarming (punktvarmekilder). Oljefylte radiatorer benyttes vanligvis kun i boliger, panelovner og elektriske varmelister brukes både i boliger og større bygninger mens elektriske varmestaver installeres i større bygninger, f.eks. kontorbygg.
- > *Grunnlast/spisslast* – Panelovner og varmelister kan dekke hele bygningens romvarmebehov, mens oljefylte radiatorer og elektriske varmestaver er tilleggsvarmekilder som må kombineres med andre oppvarmingssystemer.
- > *Regulering* – Elektriske romoppvarmingssystemer har generelt sett gode reguleringssegenskaper. Systemene har trinnvis effektregulering med ulike typer

elektroniske termostater, alt fra enkle innebygde typer til avansert sentral regulering med egen romtermostat og regulerings signaler via strømmettet eller trådløs radioforbindelse. For noen systemer kan termostaten programmeres for dag- og nattsenkning av romtemperaturen.

7.4.2 Elektriske varmekabler – elektrisk varmemefolie

- › *Bruksområde* – Boliger, større bygninger. Avgitt varmeeffekt ca. 8-20 W per meter elektrisk varmekabel og ca. 40-150 W per m² for varmemefolie.
- › *Utforming, egenskaper* – 2-lederkabel legges i tregulv, støpte gulv med/uten fuktbelastning, i aluminiumsprofiler med utfreste spor i lavtbyggende gulv samt ute nedstøpt i betong e.l. Det finnes også spesielle varmekabelmatt. Elektrisk varmemefolie er en strømførende, forsterket folie som kan brukes i tregulv (krever brannsikring), støpte gulv i tørre rom og i tak.
- › *Varmeleveranse* – Gulv- og takoppvarming i enkeltrom (romoppvarming).
- › *Grunnlast, spisslast* – Elektriske varmekabler og varmemefolie kan dimensjoneres for å dekke hele eller deler av romvarmebehovet i boliger, samt hele varmebehovet i enkeltrom (inngangsparti, våtrom o.l.)
- › *Regulering* – Elektriske varmekabler og varmemefolie har generelt sett gode regulerings egenskaper, og reguleres på/av med en romtermostat, eventuelt gulvtermostat for kabler i våtrom.

7.4.3 El. varmemebatterier – elektriske strålevarmepaneller

- › *Bruksområde* – Større bygninger.
- › *Utforming, egenskaper* – Elektriske varmemebatterier uten vifte plasseres i ventilasjonssystemer for for-/ettervarming av ventilasjonsluft, mens varmemebatterier med vifte (fan-coils) og strålevarmepaneller plasseres over oppholdssone. Varmebatterier avgir det meste av varmen som konvektiv varme (luftoppvarming), mens strålevarmepaneller avgir det meste av varmen ved stråling.
- › *Varmeleveranse* – Alt. 1) Oppvarming av ventilasjonsluft i boliger og større bygninger, Alt. 2) Lokal luftoppvarming i boliger, yrkesbygg og industribygg.
- › *Grunnlast, spisslast* – Elektriske varmemebatterier kan dimensjoneres for å dekke hele oppvarmingsbehovet for ventilasjonsluft. Strålevarmepaneller dimensjoneres som grunnlast eller spisslast alt avhengig av bruksområde.
- › *Regulering* – Systemene har generelt sett gode regulerings egenskaper med termostatstyrt trinnregulering av avgitt varmeeffekt.

7.4.4 Elektriske varmekolber, el.kassetter

- › *Bruksområde* – Boliger, større bygninger. Avgitt varmeeffekt typisk 2 til 5 kW per enhet, maksimalt 15 kW totalt.
- › *Utforming, egenskaper* – Elektriske varmekolber (motstandselementer) installeres i ulike typer akkumuleringstanker tilknyttet vannbårent varmedistribusjonssystem (VBV) samt ulike typer varmtvannstanker. El.kassetter er elek-

triske varmekolber som er montert i et eget kabinett og installert i et VBV (gjennomstrømningsapparat).

- › *Varmeleveranse* – Alt. 1) Kombinert romoppvarming og varmtvannsberedning via VBV, Alt. 2) Kun varmtvannsberedning (integreerte el.varmekolber i tank).
- › *Regulering* – Varmekolbene har tilfredsstillende reguleringsegenskaper med termostatstyrt trinnregulering av avgitt varmeeffekt.

7.4.5 Elektrokjel – elementkjeler

- › *Bruksområde* – Boliger, større bygninger samt nærvarme- og fjernvarmesystemer. Avgitt varmeeffekt fra ca. 10 kW til 2 MW per enhet.
- › *Utforming, egenskaper* – Elementkjeler (motstandselementer) er gjennomstrømningsapparater som tilkobles strømtilførsel og leverer varme til et vannbårent varmedistribusjonssystem (VBV). Elementkjeler leveres for lav spenning (230, 400 og 690 V).
- › *Varmeleveranse* – Alt. 1) Romoppvarming, oppvarming av ventilasjonsluft og varmtvannsberedning via VBV i boliger og større bygninger, Alt. 2) Varmeleveranse til nærvarme- eller fjernvarmenett.
- › *Grunnlast/spisslast* – Elementkjeler kan dimensjoneres som grunnlastkilde eller spisslastkilde, alt avhengig av bruksområde og behov.
- › *Regulering* – Elementkjeler har gode reguleringsegenskaper pga. trinnvis termostatstyrt ytelsesregulering (mange trinn) og minimale dellasttap.

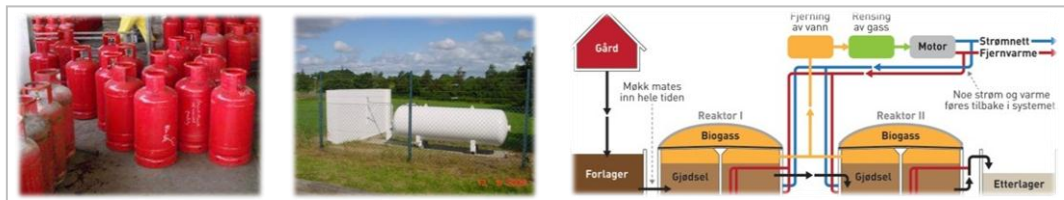
7.4.6 Elektrokjel – elektrodekjeler

- › *Bruksområde* – Større bygninger samt nærvarme- og fjernvarmesystemer. Avgitt varmeeffekt fra ca. 250 kW til 1000 kW per enhet for lavspenningsanlegg og fra ca. 1 MW til 45 MW for høyspenningsanlegg.
- › *Utforming, egenskaper* – I elektrodekjeler er elektroder neddykket i vann tilsett salter, og varme dannes ved elektrisk ledning i vannet. Elektrodekjeler utføres som helfylte eller delvis fylte systemer. Kjelsystemet bygges som en indirekte krets med varmeleveranse til VBV. Elektrodekjeler leveres for lav spenning (230, 400 V) og høy spenning (3-11 kV). Jo høyere spenning som benyttes jo større blir innsparingen i form av økt virkningsgrad og redusert tap ved nedtransformering.
- › *Varmeleveranse* – Alt. 1) Romoppvarming, oppvarming av ventilasjonsluft og varmtvannsberedning via VBV i større bygninger, Alt. 2) Varmeleveranse til nærvarme- eller fjernvarmenett.
- › *Grunnlast/spisslast* – Elektrodekjeler kan dimensjoneres som grunnlastkilde eller spisslastkilde, alt avhengig av bruksområde og behov.
- › *Regulering* – Elektrodekjeler har gode reguleringsegenskaper pga. trinnløs regulering ned til ca. 15 % av maksimal kapasitet.

7.5 Gass

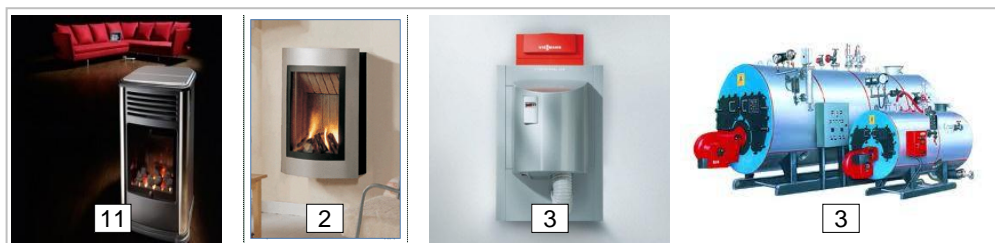
Gassformige brenslere for oppvarming av bygninger og varmeleveranse til nærvarme- og fjernvarmenett omfatter følgende produkter:

- **Naturgass** – Består av ca. 90 % metan og transporteres til brukerne via et nedgravd gassrørnett. Fra hovedledningen legges stikkledninger inn til de enkelte boligene med avstengningsventil, trykkreduksjonsventil og gassmåler. Det er i dag bygd ut gassrørnett i bl.a. Haugesund og Stavanger.
- **LPG** – Består av ren propan, ren butan eller en blanding av disse. I Norge benyttes hovedsaklig ren propan pga. gode kuldeegenskaper. Propan leveres på mindre mobile trykkbeholdere fra 2 til 35 kg som kan settes opp som såkalte flaskebatteri. Ved større behov benyttes transporttanker (190 eller 650 kg propan), som byttes på samme måte som flasker, eller stasjonære tanker som fylles med tankbiler (8-22 tonn). Trykketanker kan installeres over bakkenivå (krav til gjerde, sikkerhetssone) eller graves ned i bakken i henhold til gjeldende forskrifter. Gasstanker kan leies.
- **Biogass** – Gassen produseres gjennom anaerob nedbryting av organisk materiale, og består hovedsakelig av metan og karbondioksid (CO₂). Biogass som utvinnes fra gjødsel eller organisk materiale (avfall, søppeldynger) har en metanandel på henholdsvis 60 % og 50 %. Biogass kan også utvinnes fra slam, matavfall og fiskeavfall. Biogass fra de nevnte kildene regnes som *fornybar termisk energi*. Biogass fra energivekster (raps, mais, korn) er omdiskutert da det benyttes dyrket mark (mat) til produksjon av termisk energi.



Biogass er kun aktuelt å benytte i gassfyrte kjelanlegg samt kogenereringsanlegg (CHP-anlegg) for samtidig elektrisitets- og varmeproduksjon. Følgende forbrenningsenheter for naturgass, propan og biogass er nærmere presentert:

1. Gassovner
2. Gasspeiser
3. Gasskjeler (kondenserende type)



7.5.1 Gassovner

- › *Bruksområde* – Boliger. Avgitt varmeeffekt fra ca. 2 kW til 6 kW
- › *Utforming, egenskaper* – Ovnene tilkobles propantank eller gassrørnett. Direkte ventilerte ovner med åpen flamme i et brennkammer monteres på yttervegg, og et dobbeltvegget rør for lufttilførsel og fjerning av avgasser føres rett gjennom veggen. Ovner med katalytisk brenner trenger ikke avgassrør. Disse ovnene kan plasseres på innervegg, og forbrenningsproduktene slippes direkte ut i rommet. Noen ovner er utstyrt med vifte for bedre varmedistribusjon.
- › *Varmeleveranse* – Romoppvarming (punktvarmekilde).
- › *Grunnlast/spisslast* – Gassovner kan kun dekke en del av boligens årlige varmebehov, og må derfor suppleres med andre varmesystemer for romoppvarming og varmtvannsberedning.
- › *Virkningsgrad, regulering* – Forbrenningsvirkningsgraden er typisk 95 % av øvre brennverdi. Ovnene har gode reguleringsegenskaper pga. trinnvis termostatregulering av ytelsen og reguleringssystem med programmeringsmulighet.

7.5.2 Gasspeiser

- › *Bruksområde* – Boliger. Avgitt varmeeffekt fra ca. 5 kW til 10 kW.
- › *Utforming, egenskaper* – Peisene tilkobles propantank eller gassrørnett. For direkteventilerte peiser fjernes røkgassene med avgassrør gjennom vegg eller tak, mens peiser med katalytisk brenner ikke trenger avgassrør og kan plasseres fritt i rommet. Gasspeiser leveres med glassdør.
- › *Varmeleveranse* – Romoppvarming (punktvarmekilde).
- › *Grunnlast/spisslast* – Gasspeiser kan kun dekke en del av boligens årlige varmebehov, og må derfor suppleres med andre varmesystemer for romoppvarming og varmtvannsberedning.
- › *Virkningsgrad, regulering* – Gasspeiser er noe lavere forbrenningsvirkningsgrad enn gassovner, typisk 80 %. Peisene har relativt gode reguleringsegenskaper pga. termostatstyrt flamme- og viftestyring med tidsur for programmering.

7.5.3 Gasskjeler

- › *Bruksområde* – Bygninger samt nærvarme- og fjernvarmesystemer. Avgitt varmeeffekt fra ca. 10 kW
- › *Utforming, egenskaper* – Gasskjeler er oppbygd på prinsipielt samme måte som oljekjeler, men har gassbrenner istedenfor oljebrenner. Kjelene plasseres vanligvis i eget teknisk rom og tilkobles propantank eller gassrørnett for brenseltilførsel, enkel skorstein samt vannbårent varmedistribusjonssystem (VBV) eller nærvarme-/fjernvarmenett. Kjelene er utformet for å utnytte kondenseringsvarmen fra røkgassen (kondenserende kjel). For anlegg med propan som brensel trengs det i tillegg til kjelen en lagertank med fordampner, rør-opplegg og reguleringsutstyr. Den enkleste kjelløsningen for boliger består av

en gassbrenner som er integrert i en dobbeltmantlet varmtvannstank, og hvor den ytre tanken er tilkoblet varmedistribusjonssystemet. Den vanligste løsningen er å koble inn kjelen som en separat enhet til bygningens VBV.

- › *Varmeleveranse* – Alt. 1) Romoppvarming, oppvarming av ventilasjonsluft og varmtvannsberedning via VBV i boliger og større bygninger, Alt. 2) Varmeleveranse til nærvarme- eller fjernvarmesystem.
- › *Grunnlast, spisslast* – Gasskjeler kan dimensjoneres som grunnlastkilde, men det er mest vanlig at de benyttes som spisslastkilde i varmesystemer med for eksempel biobrenselanlegg, varmpumper eller solfangere som grunnlast.
- › *Maks. vanntemperatur* – For å utnytte varmen fra kondensering av røykgassen må returtemperaturen i VBV være relativt lav. Ved 50 og 30 °C returtemperatur gjenvinnes anslagsvis 35 og 75 % av kondensasjonsvarmen.
- › *Virkningsgrad, regulering* – Forbrenningsvirkningsgraden er typisk 90-95 % for nyere kjeler. Virkningsgraden reduseres med 5 til 10 %-poeng hvis ikke røygassvarmen utnyttes (ingen kondensering). Modulerende brenner gir gode reguleringssegenskaper, dvs. høy virkningsgrad og god lasttilpasning.

7.6 Olje

Olje for oppvarming av bygninger og varmeleveranse til nærvarme- eller fjernvarmenett omfatter følgende produkter:

- › *Mineralsk (fossil) fyringsolje* – Lett fyringsolje benyttes i kjelsystemer i boliger og større bygninger, mens tung fyringsolje er et tungt destillat for bruk i større forbrenningsanlegg, f.eks. fjernvarmeanlegg. For at tungolje skal bli lettflytende må tankanlegget må være oppvarmet og brenneranlegget må ha forvarmeutstyr. *I hht. TEK10 er det forbudt å installere oljekjeler som dekker grunnlast i nye bygninger, men oljekjeler kan fortsatt benyttes til spisslast.*
- › *Biofyringsolje* – Bioolje og biodiesel er i utgangspunktet fornybare produkter som kan erstatte fossil fyringsolje både til grunnlast og spisslast. Det skilles mellom første- og andregenerasjons biofyringsolje: 1) Første-generasjon – framstilling fra planteoljer (f.eks. rapsolje, mais), dyrefett og brukt frityrolje. Bruk av jordbruksarealer til dyrking av vekster for biodrivstoff er meget omstridt da dette kan komme i konflikt med matproduksjon. 2) Andre-generasjon – framstilling fra resttrevirke, skogsavfall og halm (anbefalt). Klimagevinsten ved bruk av biodrivstoff er avhengig av type drivstoff, råstoffet det er laget av, hvor råstoffet er dyrket og hvordan det er produsert. EUs krav til bærekraft for biodrivstoff (juni 2010) omfatter: 1) Innføre og bruke biodrivstoff-sertifikater, 2) Beskytte urørt/sårbar/verneverdig natur og 3) Kun fremme biodrivstoff som gir reelle reduksjoner i klimagassutslipp.

De fleste oljefyringsanlegg kan konverteres til biofyringsolje etter en teknisk oppgradering, bl.a. skifte av brenner. Forvarming eller plassering av lagertank innendørs (15 °C) er også nødvendig. Biodiesel og biofyringsolje bør ikke lagres utover 6 til 12 måneder (ferskvare). Dersom biodrivstoff skal lagres lenge må det tilsettes antioksidanter, og det må utføres periodiske tester for å sikre at drivstoffet oppfyller standardkravene.

Kjeletyper for forbrenning av mineralsk/fossil olje og biofyringsolje omfatter:

1. Støpejernskjeler
2. Platekjeler



Oljekaminer og parafinovner er ikke tatt med i denne oversikten.

7.6.1 Støpejernskjeler (seksjonskjeler) og platekjeler

- › *Bruksområder* – Større bygninger samt nærvarme-/fjernvarmesystemer. Avgitt varmeeffekt fra ca. 10 kW til 1 MW for støpejernskjeler, og fra ca. 10 kW til flere titalls MW for platekjeler.
- › *Utforming, egenskaper* – Kjelenes, som består av oljebrenner og kjelkropp med brennkammer og konveksjonsrom, plasseres i eget teknisk rom og tilkobles brenselstilførsel (oljetank) og skorstein samt vannbårent varmedistribusjonssystem (VBV) via egen kjelkrets. Oljekjeler klassifiseres som *støpejernskjeler* og *platekjeler* bestemt av kjelmateriale og -utforming. Noen moderne oljekjeler har integrert varmeveksler for utnyttelse av kondenseringsvarmen fra røykgassen (kondenserende oljekjel).
- › *Varmeleveranse* – Alt. 1) Romoppvarming, oppvarming av ventilasjonsluft og varmtvannsberedning i større bygninger via VBV, Alt. 2) Varmeleveranse til nærvarme- eller fjernvarmenett.
- › *Grunnlast, spisslast* – Kjeler basert på bioolje kan dimensjoneres som både grunnlastkilde og spisslastkilde, mens kjeler med mineralsk/fossil olje kan i henhold til TEK10 kun benyttes som spisslastkilde i nye bygninger.
- › *Virkningsgrad, regulering* – For oppvarming i større bygninger brukes ett- eller to-trinns trykkforstøver brennere, mens modulerende brennere brukes i store anlegg (f.eks. fjernvarmeanlegg). Ett-trinns og to-trinns brennere har dårligere reguleringsegenskaper enn modulerende brennere. Forbrenningsvirkningsgraden er bl.a. avhengig av alder (konstruksjon), kjeleffekt, regulering og driftsbetingelser (last), og er maks. 85 til 90 % for nyere kjeler. Stillstandstap og ugunstige driftsbetingelser kan redusere virkningsgraden betydelig.

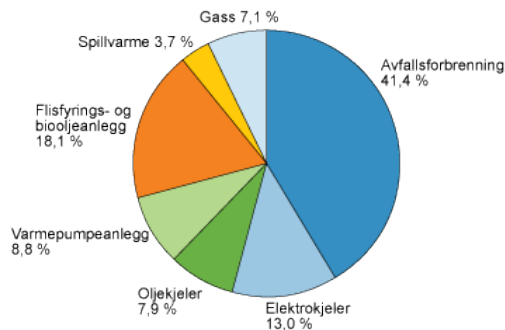
7.7 Fjernvarme og nærvarme

Et fjernvarmesystem består av en eller flere varmesentraler som varmer opp vann som distribueres via et varmedistribusjonsnett (fjernvarmenett) til boliger og større bygninger i f.eks. en bydel. Et nærvarmesystem er et mindre fjernvarmesystem som f.eks. leverer varme til enkeltboliger i et boligfelt. Bruk av fjernvarme og nærvarme fordrer at boligene/bygningene har installert vannbårne varmedistribusjonssystemer (VBV).

Varmesentralen består av to eller flere varmeproduserende enheter som fungerer som grunnlastkilder (*GL*) og spisslastkilder (*SL*):

1. Forbrenningsanlegg – kjelanlegg
 - 1.1 Avfall fra husholdninger og næringsvirksomhet – *GL*
 - 1.2 Biomasse (flis, bark, osv.) – *GL*
 - 1.3 Gass (LPG eller naturgass) – *SL*
 - 1.4 Olje (fyringsolje, bioolje) – *SL*
 - 1.5 Elektrokjel (elementkjel, elektrodekjel) – *SL*
2. Varmepumpeanlegg – sjøvann, berg/fjell, grunnvann eller rensset/urenset kloakk (avløpsvann) som lavtemperatur varmekilde – *GL*
3. Solfangeranlegg – *GL*
4. Høytemperatur spillvarme fra industri – *GL/SL*

Statistisk sentralbyrå (SSB) utarbeider statistikk for fjernvarmeproduksjon. *Figur 31* viser nettoproduksjon av fjernvarme i 2011 med prosentvis fordeling med hensyn til type energibærer/varmesentral (SSB, 2013). Den største andelen av fjernvarmeproduksjonen kommer fra avfallsforbrenning (ca. 41 %). Dette er en økning på 10 % fra 2010. Flisfyrings- og biooljeanlegg sto for ca. 18 %, varmepumper for ca. 9 % og spillvarme for ca. 3,5 %. Andelen fjernvarme fra oljekjeler gikk ned med 6 % sammenlignet med 2010, og var på 8 %. Elektrisitet utgjorde ca. 13 %.



Figur 31 Nettoproduksjon av fjernvarme i 2011 i prosent for ulike energibærere og varmesentraler (SSB, 2013).



Forbrenningsanlegg for biomasse eller avfall, varmepumpeanlegg, solfangere og spillvarmeanlegg dimensjoneres for grunnlastdekning, mens kjelanlegg basert på mineralsk/fossil olje, bioolje, gass og elektrisitet benyttes til spisslastdekning.

Varmedistribusjonsnett (hovednett, primærnett) er et lukket rørsystem hvor det sirkuleres vann av 45–120 °C fra varmesentralen ut til de enkelte varmebrukerne (abonnentene). Vannet avgir varme og returneres til varmesentralen for ny oppvarming. I Norge er laveste vanntemperatur normalt høyere enn ca. 70 °C for å kunne dekke hele behovet for oppvarming av varmt forbruksvann.

Rørnettet består av preisolerte stålrør (16 eller 25 bar) eller preisolerte plastrør (6 bar) som legges i grøfter med sandbedd (kulvert) eller kulverter. Varmetapet fra nettet til omgivelsene utgjør typisk 5–15 % av varmesentralens årlige varmeproduksjon. På tross av varmetapet kan fjernvarme-/nærvarmesystemer oppnå høyere samlet termisk virkningsgrad enn oppvarmingssystemer i enkeltbygninger. Dette skyldes at større varmesentraler oppnår høyere virkningsgrad over året enn mindre anlegg samt at anleggene følges opp av profesjonelt driftspersonale.

Varmedistribusjonsnett bygges som et *stjerneledningsnett*, *ringledningsnett* eller en kombinasjon av disse. Forskjellen ligger i hvor mange tilførselsveier det er fra varmesentralen ut til hver enkelt abonnent. Stjerneledningsnett benyttes gjerne for mindre fjernvarmesystemer og nærvarmeanlegg, mens større systemer benytter ringledningsnett eller en kombinasjonsløsning (høy forsyningsikkerhet).

Distribusjonssystemet utgjør en relativt stor andel av de totale kostnadene for et fjernvarmesystem, og lønnsomheten er i meget stor grad knyttet til varmebehovet i kWh/år per meter rørledning (linjetettheten).

8 Vedlegg C – Beskrivelse av utstyr og systemer for kjøleleveranse

Dette vedlegget gir en beskrivelse av ulike systemer og kilder for kjøleleveranse til enkeltbygninger og fjernkjølenett. Kjøling omfatter i denne sammenheng:

- › *Klimakjøling* – Punktkjøling (lokal kjøling) av romluft samt bruk av vannbårent kjølenett eller fjernkjølenett for kjøling av ventilasjonsluft og romkjøling (lokal kjøling) med kjølebafler og kjøletak
- › *Prosesskjøling* – Kjøling av servere og annet datateknisk utstyr osv.

Systemer og kilder for kjøleproduksjon som er presentert er:

1. **Kjølemaskiner, elektrisk drevne** – Diverse anleggstyper med elektrisk drevne kompressorer og bruk av kuldemedium/arbeidsmedium (HFK, ammoniakk, hydrokarboner) for transport av termisk energi
 - 1.1 Uteluft/luft-aggregater (monosplit)
 - 1.2 Uteluft/luft-aggregater (VRV, multisplit)
 - 1.3 Ventilasjonsluft/luft-aggregater
 - 1.4 Uteluft/vann-aggregater (isvannsmaskiner)
 - 1.5 Væske/vann-aggregater (isvannsmaskiner)
2. **Kjølemaskiner, termisk drevne** – Diverse anlegg med termisk drevet absorpsjonsprosess og bruk av arbeidsmedium/løsningsmiddel (ammoniakk/vann, vann/litiumbromid) for transport av termisk energi.
3. **Frikjøling** – Utnyttelse av ellevann, innsjøvann, grunnvann, sjøvann, fjell/berg eller uteluft som direkte kjølekilde (fornybar kjøling), vanligvis med elektriske og/eller termiske drevne kjølemaskiner som spiss-/reservelast.
4. **Termisk kjølelager** – PCM-system (spisslast)



For hver type kjølesystem er det gitt en beskrivelse med hensyn til:

- › Bruksområde
- › Utforming, egenskaper inkl. tekniske begrensninger og ulemper
- › Kjøleleveranse – punktkjøling, kjøleleveranse til vannbårent kjølesystem (VBK) eller kjøleleveranse til fjernkjølenett
- › Reguleringsegenskaper og evt. virkningsgrad/COP

8.1 Elektrisk drevne kjøleanlegg

8.1.1 Uteluft/luft-aggregater ("monosplit")

- › *Bruksområde* – Boliger og større bygninger. Kjøleytelse fra ca. 3 kW
- › *Utforming, egenskaper* – Beskrevet i *Kapittel 7.2.2*. Overskuddsvarmen fra anlegget avgis til uteluften via utedelen.
- › *Kjøleleveranse* – Punktkjøling ved resirkulasjon og kjøling av luft med én eller to innedeler per aggregat. Aggregatene kan benyttes til klimakjøling i enkeltrom eller sammenhengende rom i boliger og større bygninger. Ved varmebehov reverseres aggregatet slik at inneluften resirkuleres og varmes, og utedelen benyttes til å hente varme fra uteluften.
- › *Regulering* – Beskrevet i *Kapittel 7.2.2*.

8.1.2 Uteluft/luft-aggregater (VRV, "multisplit")

- › *Bruksområde* – Større bygninger. Kjøleytelse fra ca. 10 kW til 150 kW
- › *Utforming, egenskaper* – Beskrevet i *Kapittel 7.2.3*. Overskuddsvarmen fra anlegget avgis til uteluften via utedelen.
- › *Kjøleleveranse* – Punktkjøling ved resirkulasjon og kjøling av inneluft med flere innedeler plassert i separate rom i større bygninger.
- › *Regulering* – Beskrevet i *Kapittel 7.2.3*.

8.1.3 Ventilasjonsluft/luft-aggregater

- › *Bruksområde* – Større bygninger.
- › *Utforming, egenskaper* – Beskrevet i *Kapittel 7.2.6*. Ved kjølebehov kjøler varmeveksleren (fordamperen) luften i tilluftskanalen til ønsket temperatur. Overskuddsvarmen fra anlegget avgis fra kondensatoren til avkastluften.
- › *Kjøleleveranse* – Punktkjøling av tilluft i ventilasjonsaggregat.
- › *Regulering* – Ventilasjonsluft/luft-aggregater har gode reguleringsegenskaper. Det benyttes turtallsregulering av en eller flere scroll-kompressorer, og dette gir god temperaturstabilitet og høy effektfaktor (COP) for anlegget.

8.1.4 Uteluft/vann-aggregater (isvannsmaskiner)

- › *Bruksområde* – Større bygninger.
- › *Utforming, egenskaper* – Reversibelt uteluft/vann-aggregat som plasseres utendørs, og som kan levere varme eller kjøling. Aggregatet har en 4-veis-ventil i kuldemediekretsen for sjalting mellom kjøle- og varmedrift. En lukket sekundærkrets med sirkulerende frostvæske overfører kjøling mellom aggregatet og det vannbårne kjølesystemet (VBK).
- › *Kjøleleveranse* – Kjøleleveranse til vannbårent kjølenett (VBK).
- › *Regulering* – Reversible uteluft/vann kjøleaggregater har gode regulerings-egenskaper ved på/av-regulering (intermittent regulering) av flere scroll-kompressorer og bruk av tilstrekkelig stor akkumulatortank, eventuelt bruk av turtallsregulert skruekompressor. Skruekompressorer med konvensjonell sleideregulering gir dårligere regulerings-egenskaper og vesentlig lavere COP. Avriming reguleres med enkel urstyring eller etter behov (anbefalt).

8.1.5 Væske/vann-aggregater (isvannsmaskiner)

- › *Bruksområde* – Større bygninger.
- › *Utforming, egenskaper* – Utformingen av aggregatene er prinsipielt den samme som for væske-/vann-varmepumper, *Kapittel 7.2.9*. Overskuddsvarmen (kondensatorvarmen) avgis til uteluft via "tørrkjølere" (væske/luft-varmevekslere) eller til den eksterne varmekilden – fjell/berg, sjøvann eller grunnvann – hvis anlegget benyttes som et kombinert kjøle- og varmepumpeanlegg. Overskuddsvarmen kan også gjenvinnes internt i bygningen eller til et fjernvarmenett. Standard kjølemaskiner har en maks. utgående vanntemperatur på ca. 50 °C (temperaturbegrensning), mens spesialbygde aggregater kan oppnå høyere temperaturer. Se *Kapittel 8.3* for informasjon om frikjølingsfunksjon.
- › *Kjøleleveranse* – Alt. 1) Vannbårent kjølenett (VBK), Alt. 2) Fjernkjølenett.
- › *Regulering* – Isvannsmaskiner reguleres på samme måte som væske-/vann-varmepumper, *Kapittel 7.2.9*. Normalt vil det benyttes akkumuleringstanker (buffertanker) i isvannsnettet for å oppnå gode regulerings-egenskaper.

8.2 Termisk drevne kjøleanlegg (absorpsjon)

- › Bruksområde – For større bygninger samt fjernkjølenett.
- › *Utforming, egenskaper* – Absorpsjons kjøleanlegg er termisk drevne anlegg hvor driveenergien i motsetning til elektriske drevne anlegg er høytemperatur varme, f.eks. varme fra fjernvarmenett, oljekjel, gasskjel eller biokjel. I Norge er det kun installert absorpsjons kjøleanlegg drevet med fjernvarme, og minimum temperaturkrav er i størrelsesorden 80 °C.
- › *Kjøleleveranse* – Alt. 1) Vannbårent kjølenett (VBK), Alt. 2) Fjernkjølenett
- › *Regulering, COP* – Absorpsjons kjøleanlegg har en maksimal effektfaktor (COP) på ca. 0,7. Dette er betydelig lavere enn elektrisk drevne kjølemaskiner som oppnår en COP fra 3 til 5, avhengig av kjøleanleggets driftsbetingelser.

8.3 Frikjøling (fornybar kjøling)

- › *Effektområde* – Boliger, større bygninger og fjernkjølenett.
- › *Utforming, egenskaper* – Ved frikjøling kjøles vannet/væsken i et kjølesystem i en bygning (isvannsnett) eller et fjernkjølenett med en fornybar kjølekilde f.eks. innsjøvann, ellevann, grunnvann, sjøvann, fjell/berg eller uteluft. For å kunne benyttes til frikjøling må temperaturen på kjølekilden være lavere enn returtemperaturen i kjølenettet fratrukket temperaturtapet i varmevekslere.
- › *Grunnlast/spisslast* – Frikjøling dekker vanligvis grunnlastbehovet til kjøling i bygningen eller fjernkjølenettet, mens elektriske og/eller termisk drevne kjølemaskiner, eventuelt i kombinasjon med termisk kjølelagring (effektutjevning, f.eks. PCM), benyttes til å dekke spisslastbehovet.
- › *Kjøleleveranse* – Alt. 1) Vannbårent kjølenett (VBK), Alt. 2) Fjernkjølenett.
- › *Regulering, COP* – Direkte varmeveksling mellom kjølekilden og kjølesystemet (frikjøling) gir erfaringsvis en COP mellom 20 og 30. Ved overgang til høyeffektive pumper med permanentmagnet-motor vil COP bli høyere.

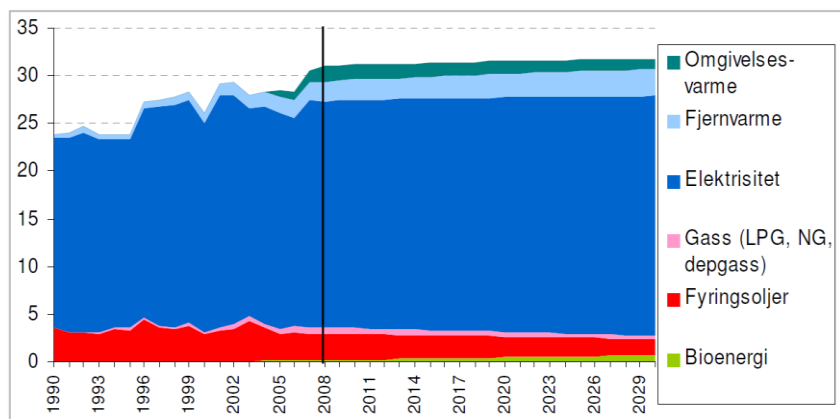
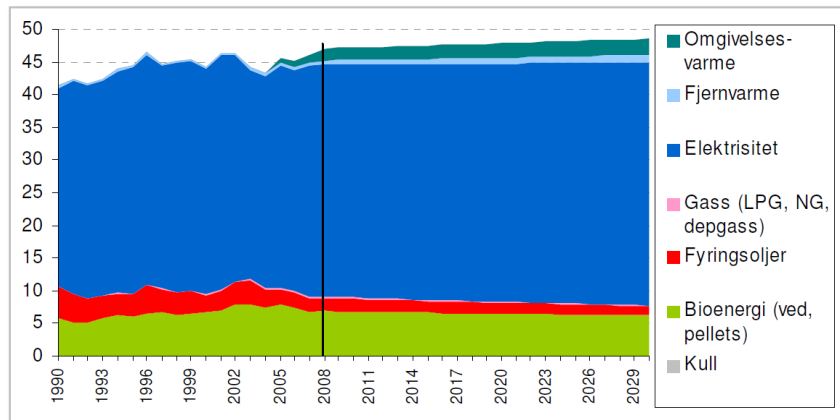
8.4 Spisslastkjøling – PCM kjølelager

Klimakjølebehovet i nye bygninger har relativt kort ekvivalent driftstid hvilket betyr at gjennomsnittlig kjølebehov i kjøleperioden er lavt mens maksimalt kjøleeffektbehov som opptrer noen få dager per år er høyt. For å redusere installert kjøleeffekt for kjølemaskinene og oppnå mer energiøkonomisk drift er det aktuelt å benytte et termisk kjølelager som lades fra kjølemaskinene om natten når det er lavt klimakjølebehov. Det finnes mange typer termiske kjølelager hvor bruk av *PCM* (faseendrings-materiale, salthydrat) er mest aktuelt pga. høy lagringskapasitet per volumeenhet og energieffektiv drift av kjøleanlegget, da dette kan driftes med konstant fordampningstemperatur i ladeperioden. PCM-elementene kjøles ned og fryses ut ved f.eks. 10 °C om natten, og absorberer varme og smeltes når det er behov for spisslastkjøling på dagtid. Ved Høyskolen i Bergen har SWECO AS prosjektert en bergvarmepumpe med 80 borehull og et 250 m³ PCM termisk kjølelager. Kjølemaskinene har 1400 kW kjølekapasitet, mens maks. 1600 kW kan leveres fra PCM-systemet.

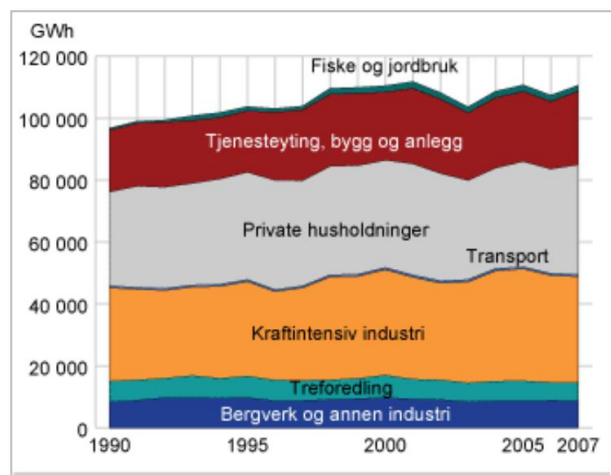
9 Vedlegg D – termisk energibehov, energibruk og varmesystemer

9.1 Elektrisitet som energibærer i Norge

Elektrisitet er den dominerende energibæreren i stasjonær energibruk i Norge. Det kommer av at Norge har en omfattende kraftintensiv industri, og at Norge i betydelig større utstrekning enn andre land, også i Norden, benytter elektrisitet til oppvarming. *Figur 32* viser historisk og fremskrevet energibruk i hhv. boligbygg og næringsbygg i TWh/år (NVE, 2010), mens *Figur 33* viser elektrisitetsforbruket i ulike forbruksgrupper for perioden 1990 til 2007 (SSB, 2013).



Figur 32 Historisk og fremskrevet energibruk i bygninger, TWh/år (NVE, 2010).



Figur 33 Elektrisitetsforbruk i ulike forbruksgrupper i perioden 1990-2007 (SSB, 2013).

9.2 Termisk energibehov – oppvarming, kjøling

Det har nylig blitt gjennomført flere studier som har kartlagt totalt årlig energibehov for oppvarming og kjøling av bygninger for 2008 og framskrivning i 2030 (NVE, 2010; NGI, 2011). I *Tabell 15* på neste side er totalt årlig energibehov inndelt fylkesvis i tre hovedkategorier; ”Boligbygg og landbruksbygg”, ”Næringsbygg” og ”Industribygg”. Det er generelt sett bra samsvar mellom NVEs og NGIs analyser, men det er noe avvik med hensyn til ”Næringsbygg” i Finnmark og ”Industribygg” i Oslo.

Estimert totalt årlig energibehov (TWh/år) for oppvarming og kjøling av bygninger i 2008 og 2030 fra *Tabell 15* er oppsummert i *Tabell 14* (NVE, 2010; NGI, 2011). I 2008 var ca. 55 % av totalt årlig energibehov i boligbygg og landbruksbygg, ca. 35 % i yrkesbygg, og ca. 10 % industribygg.

Tabell 14 Estimert totalt årlig energibehov (TWh/år) i 2008 og 2030 for oppvarming- og kjøling i bygninger, ref. *Tabell 15* (NVE, 2010; NGI, 2011).

Sektor	2008, NVE (TWh/år)	2030, NVE (TWh/år)	2030, NGI (TWh/år)
Boligbygg og landbruksbygg	30,8 (56 %)	31,5	30,4
Yrkesbygg	19,3 (35 %)	16,9	16,2
Industribygg	4,4 (9 %)	4,2	6,9
Totalt	54,6	52,7	53,4

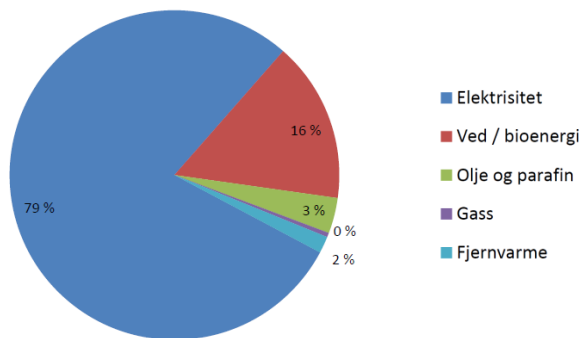
Tabell 15 Fylkesvis inndeling av estimert årlig energibehov (GWh/år) for oppvarming og kjøling av bygninger for de tre hovedkategoriene "Boligbygg og landbruksbygg", "Næringsbygg" og "Industribygg" for 2008 samt framskrevet til 2030 (NVE, 2010; NGI, 2011).

	Boligbygg og landbruksbygg			Næringsbygg			Industribygg			TOTALT ALLE SEKTORER		
	NVE 2008	NVE 2030	NGI 08+30	NVE 2008	NVE 2030	NGI 08+30	NVE 2008	NVE 2030	NGI 08+30	NVE2008	NVE 2030	NGI 08+30
Østfold	1 679	1 717	1689	1 019	894	747	287	271	493	2 985	2 882	2 929
Akershus	3 018	3 086	3081	1 354	1 189	1 787	42	40	698	4 415	4 314	5 566
Oslo	3 108	3 177	3644	2 182	1 915	2 828	62	59	1096	5 351	5 150	7 568
Hedmark	1 404	1 435	1757	593	521	784	49	46	354	2 046	2 002	2 895
Oppland	1 484	1 517	1766	595	522	816	46	43	341	2 124	2 082	2 923
Buskerud	1 807	1 848	1675	1064	934	793	225	213	340	3 096	2 994	2 808
Vestfold	1 497	1 531	1381	1 142	1 002	580	104	98	330	2 743	2 631	2 291
Telemark	1 224	1 251	1062	880	773	518	449	425	235	2 554	2 449	1 815
Aust-Agder	682	697	597	273	240	286	30	28	110	985	965	993
Vest-Agder	1 033	1 056	885	343	301	446	234	222	204	1 610	1 579	1 535
Rogaland	2 479	2 535	2271	1 789	1 570	1 260	724	684	475	4 992	4 789	4 006
Hordaland	2 853	2 917	2602	1 629	1 429	1 215	676	639	409	5 158	4 985	4 226
Sogn og Fjordane	736	753	631	264	231	326	301	285	159	1 301	1 269	1 116
Møre og Romsdal	1 578	1 613	1397	664	583	652	454	429	426	2 696	2 625	2 475
Sør-Trøndelag	1 829	1 870	1662	812	713	892	116	109	362	2 757	2 692	2 916
Nord-Trøndelag	952	973	870	377	331	409	141	133	155	1 470	1 437	1 434
Nordland	1 730	1 768	1595	698	612	775	382	361	360	2 809	2 742	2 730
Troms (Romsa)	1 140	1 166	1115	501	440	656	48	46	208	1 689	1 651	1 979
Finmark (Finnmárku)	613	626	683	3 153	2 767	377	64	60	125	3 829	3 454	1 185
Norge	30 847	31 536	30 363	19 330	16 963	16 147	4 434	4 192	6 880	54 611	52 691	53 390

9.3 Energibehov og energibærere i bygninger

9.3.1 Boligbygg (husholdninger)

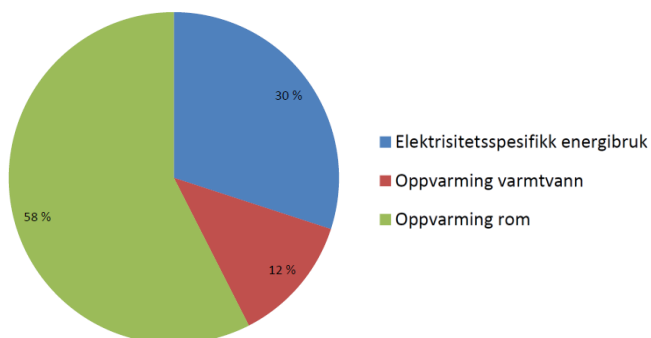
Figur 34 viser prosentvis energibruk i boligbygg (husholdninger) i 2009 etter energibærere (SSB, 2013; NVE, 2011).



Figur 34 Energibruk i boligbygg i 2009 etter energibærere (SSB, 2013; NVE, 2011).

Elektrisitet er den dominerende energibæreren i norske boligbygg (79 %), og inkluderer romoppvarming, varmtvannsberedning, belysning, elektriske maskiner/apparater og drift av varmepumper. Bioenergi, olje/parafin og fjernvarme utgjør henholdsvis ca. 15 %, 3 % og 2 % (SSB, 2013).

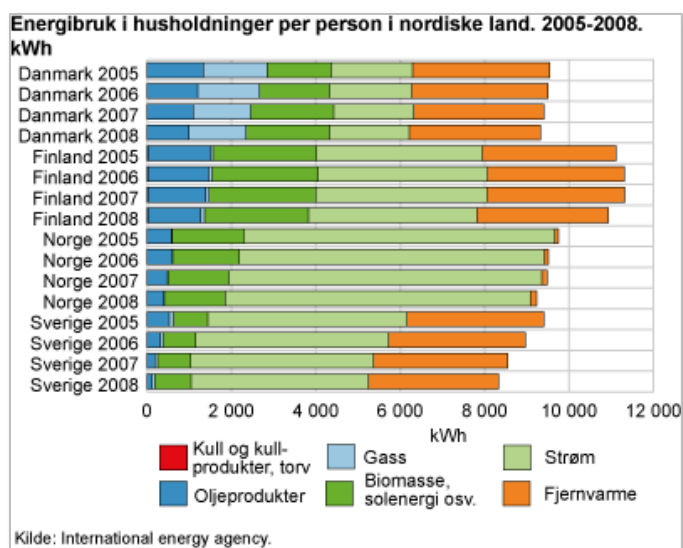
Et estimat med hensyn til formålsdeling av energibruk i boligbygg, Figur 35, viser at elektrisitetsspesifikk energibruk (belysning, el.maskiner/apparater) utgjør anslagsvis 30 %. Romoppvarming og varmtvannsberedning utgjør henholdsvis 58 % og 12 %, dvs. totalt ca. 70 % for oppvarmingsformål (NVE, 2011).



Figur 35 Estimert formålsfordeling for energibruk i boligbygg (NVE, 2011).

Figur 36 gir en oversikt over årlig energibruk i boligbygg per person i Nordiske land i perioden 2005 til 2008 inndelt etter type energibærere – gass, elektrisitet, oljeprodukter, biomasse/solenergi osv. samt fjernvarme (SSB, 2013).

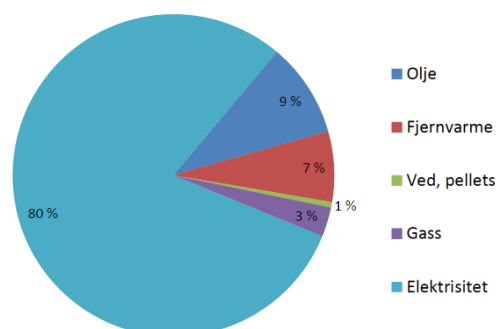
I Norge er andelen elektrisitet av total energibruk vesentlig høyere enn for de andre Nordiske land ettersom det i stor grad benyttes direktevirkende elektrisk oppvarming. I Danmark går det meste av elektrisiteten til el.spesifikke formål og ikke til oppvarming pga. utstrakt bruk av fjernvarme fra kraft-varmeverk til oppvarming.



Figur 36 Årlig energibruk i boligbygg i kWh/år per person i Nordiske land i perioden 2005 til 2008 inndelt etter type energibærer (SSB, 2013).

9.3.2 Yrkesbygg (næringsbygg og tjenesteytende bygg)

Figur 37 viser prosentvis energibruk i yrkesbygg (næringsbygg og tjenesteytende bygg) i 2009 etter energibærer (SSB, 2013; NVE, 2011).

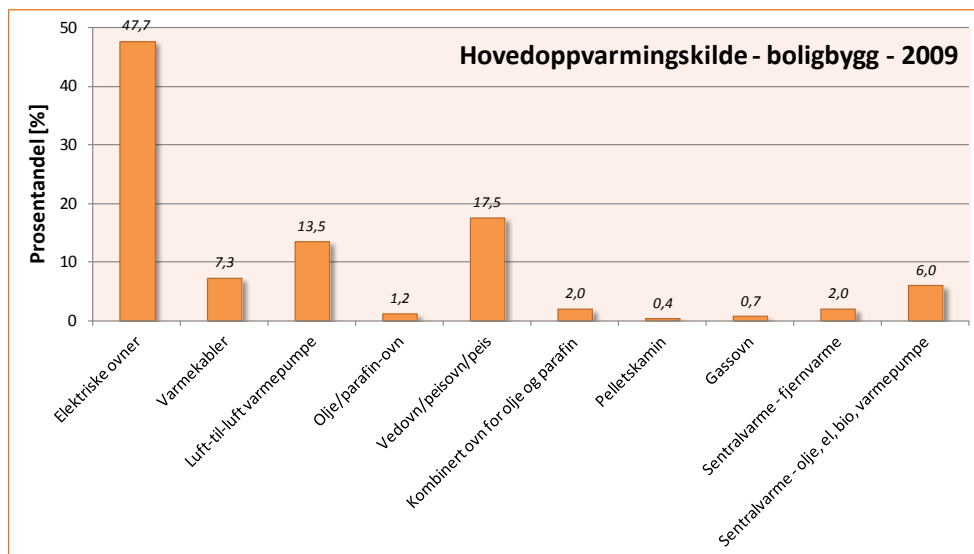


Figur 37 Energibruk i yrkesbygg i 2009 etter energibærer (SSB, 2013; NVE, 2011).

Elektrisitet er den dominerende energibæreren i norske yrkesbygg (80 %), og inkluderer romoppvarming, ettervarming av ventilasjonsluft, varmtvannsberedning, belysning, elektriske maskiner/apparater og drift av varmepumper. Olje, fjernvarme og gass utgjør henholdsvis 9 %, 7 % og 3 %. Bruken av ved og pellets i yrkesbygg er svært beskjeden og utgjør kun ca. 1 % (SSB, 2013).

9.4 Varmesystemer i boliger

Det finnes ca. 1,5 millioner boligbygg i Norge med et samlet boareal på ca. 256 mill. m² (LEP, 2012). I henhold til Tabell 14 sto boliger i 2008 for ca. 55 % av samlet årlig energibehov til oppvarming i bygningsmassen (NVE, 2010; NGI, 2011). Figur 38 gir en oversikt av prosentvis fordeling av hovedoppvarmingskilde i boligbygg i 2009 (SSB, 2013).



Figur 38 Prosentvis fordeling av hovedoppvarmingskilde i boligbygg, 2009 (SSB, 2013).

55 % av boligbyggene hadde i 2009 elektrisk oppvarming (ovner, varmekabler) som hovedoppvarmingskilde, mens vedovn/peisovn/peis og luft/luft-varmepumper sto for henholdsvis 17,5 % og 13,5 %. Sentralvarmeanlegg (vannbårent varmedistribusjonssystem) med varmeleveranse fra fjernvarme, kjelanlegg eller varmepumpe utgjorde totalt 8 %. Det var kun marginal bruk av gassovn, pelletskamin og olje-/parafinovn som hovedoppvarmingskilde.

I følge Statistisk sentralbyrå hadde 95 % av alle boliger i 2009 elektriske ovner eller varmekabler, mens andelen var 72 % for vedovn/peis og/eller vedovn/oljeovn, 67 % for vedovn/peis, 65 % for lukket vedovn/peisovn, 19 % for varmepumpe (ca. 90 % luft/luft-varmepumper), 8 % for oljefyr og 2 % for fjernvarme. Bruken av varmepumpe har økt kraftig siden 2004 da andelen kun var 4 % (SSB, 2013).

Andelen eksisterende boligbygg med vannbårent varmedistribusjonssystem, dvs. gulvvarmesystem, radiatorsystem eller kombinasjonssystem, ble i 2012 estimert til ca. 25 % (Prognosesenteret, 2012). Dette er betydelig høyere enn det som framkommer i Statistisk Sentralbyrå sitt tallmateriale mht. hovedoppvarmingskilde (Figur 38). Avviket viser usikkerheten for denne typen statistikk/estimat.

Et typisk trekk for norske boligbygg er at det i stor grad benyttes to eller flere oppvarmingssystemer i ulike kombinasjoner. Tabell 16 viser prosentvis fordeling av et utvalg kombinasjoner av oppvarmingssystemer for bl.a. 2009 med inndeling etter byggtipe (eneboliger/våningshus, rekkehus og tomannsbolig samt boligblokker). Statistikken inkluderer ikke el.varmekolber for varmtvannsberedning (SSB, 2013).

Tabell 16 viser at de fleste norske boligbygg har to eller flere separate oppvarmingssystemer, gjerne med to energibærere, dvs. elektrisitet (inkl. drivenergi til varmepumpeanlegg) pluss bioenergi eller petroleumsprodukter. Det er forskjeller i fordelingen av type oppvarmingssystemer for de ulike boligtypene.

Tabell 16 *Kombinasjoner av oppvarmingssystemer i prosent i boliger i 2001, 2004, 2006 og 2009 med inndeling etter hustype i 2009 (SSB, 2013).*

	2001			2004			2006			2009		
	I alt	I alt	I alt	I alt	I alt	I alt	Enebolig og våningshus	Rekkehus, tomannsbolig mv.	Blokk mv.	I alt	I alt	I alt
I alt	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Elektriske ovner alene	10	10	7	6			1			4		20
Elektriske ovner og varmekabler eller bare varmekabler ¹	11	12	13	12			3			10		33
Elektrisk ovn og/eller varmekabler + olje/parafinovn og evt. varmpumpe	2	2	2	1			0			2		0
Elektrisk ovn og/eller varmekabler og vedovn	50	46	43	39			45			45		20
Elektrisk ovn og/eller varmekabler og enten både oljeovn og vedovn, eller kombiovn for olje/ved og evt. varmpumpe eller varmegjenvinning ⁴	17	14	13	11			13			16		3
Elektriske ovner og/eller varmekabler + vedovn + varmpumpe, og evt. varmegjenvinning	0	3	4	13			23			3		0
Fjernvarme + diverse ²	1	1	1	2			0			2		6
Egen eller felles sentralfyr totalt og diverse, utenom fjernvarme ²	7	10	9	8			6			4		15
Felles sentralfyr og diverse ² , utenom fjernvarme	..	..	4	4			0			2		15
Egen sentralfyr og diverse ²	..	..	5	4			6			2		0
Varmpumpe + diverse ²	..	1	2	2			2			3		1
Gassovn + diverse	..	..	2	2			2			3		1
Elektrisk ovn og/eller varmekabler+vedovn+varmegjenvinning ³	..	..	..	3			3			5		1
Varmegjenvinning og/eller diverse ³	1	2	2	2			1			3		1

¹ Inkluderer også husholdninger med ESWA, varmelister osv.
² Diverse omfatter andre typer oppvarmingsutstyr som kommer i tillegg.
³ Dette omfatter kombinasjoner av utstyr der uspesifisert utstyr inngår, eller kombinasjoner av utstyr som bare noen få husholdninger har, f.eks. kun vedovn.
⁴ Ca. 17 prosent i denne gruppen hadde også varmpumpe i 2009, mens ingen hadde det i tidligere år.
⁵ For årene for 2009 kom dette inn under gruppen "varmegjenvinning og/eller diverse".

Eneboliger og våningshus

I 2009 hadde 45 % av boligene elektrisk ovner og/eller varmekabler samt vedovn, 23 % hadde elektriske ovner og/eller varmekabler samt vedovn og varmpumpe, mens 13 % hadde elektriske ovner og/eller varmekabler og enten både oljeovn og vedovn eller kombiovn for olje/ved og evt. varmpumpe. 12 % av boligene hadde sentralvarmeanlegg (vannbårent varmedistribusjonssystem) med varmeleveranse fra kjel eller varmpumpe. I statistikken er det oppgitt at ingen av eneboligene hadde fjernvarmetilknytning, dvs. at andelen er mindre enn 1 %.

Rekkehus, tomannsboliger osv.

I 2009 hadde 45 % av boligene elektrisk ovner og/eller varmekabler og vedovn, 16 % hadde elektriske ovner og/eller varmekabler og enten både oljeovn og vedovn eller kombiovn for olje/ved og evt. varmpumpe, og 10 % hadde elektriske ovner og varmekabler eller bare varmekabler. 10 % av boligene hadde sentralvarmeanlegg med kjel, varmpumpe eller fjernvarme. 2 % var tilknyttet fjernvarmenettet.

Boligblokker osv.

I 2009 hadde 33 % av leilighetene elektriske ovner og varmekabler eller bare varmekabler, 20 % hadde kun elektriske ovner, 20 % hadde elektriske ovner og/eller varmekabler og vedovn, og 36 % av blokkene hadde eget sentralvarmeanlegg med varmeleveranse fra kjel, varmpumpe eller fjernvarme. 6 % av blokkene var tilknyttet fjernvarmenett.

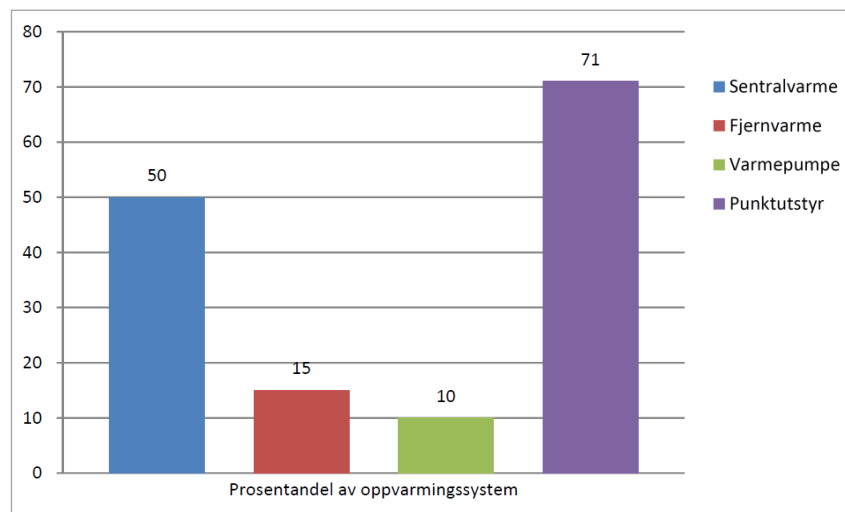
9.5 Varmesystemer i yrkesbygg

Det finnes ca. 750.000 yrkesbygg i Norge med et samlet bygningsareal på ca. 129 mill. m² (LEP, 2012). I hht. Tabell 14 sto ca. yrkesbyggene i 2008 for ca. 35 % av årlig energibehov i norske bygninger (NVE, 2010; NGI, 2011). For yrkesbygg (næringsbygg og tjenesteytende bygninger) kan det skilles mellom helelektrisk oppvarming, oppvarming med sentralvarmeanlegg (vannbårent varmedistribusjonssystem med varmesentral) og sentralvarmeanlegg med tilleggsvarmesystemer.

- › Bygninger uten vannbårent varmedistribusjonssystem – elektriske ovner, elektriske varmekabler, elektriske varmebatterier i ventilasjonsanlegg samt elektriske varmekolber i varmtvannsberedere.
- › Bygninger med vannbårent varmedistribusjonssystem – varmesentralen kan utstyres med varmevekslere mot fjernvarmenett, kjeler basert på olje, gass, elektrisitet eller bioenergi samt biofyrte kjeler og varmepumper i kombinasjon med kjeler for spisslast.

I en del bygninger benyttes elektriske varmekolber til varmtvannsberedning, enten for full energidekning eller til ettervarming. Det brukes også en del elektriske varmebatterier i ventilasjonsanlegg og elektriske varmekabler i bl.a. våtrom og inngangspartier.

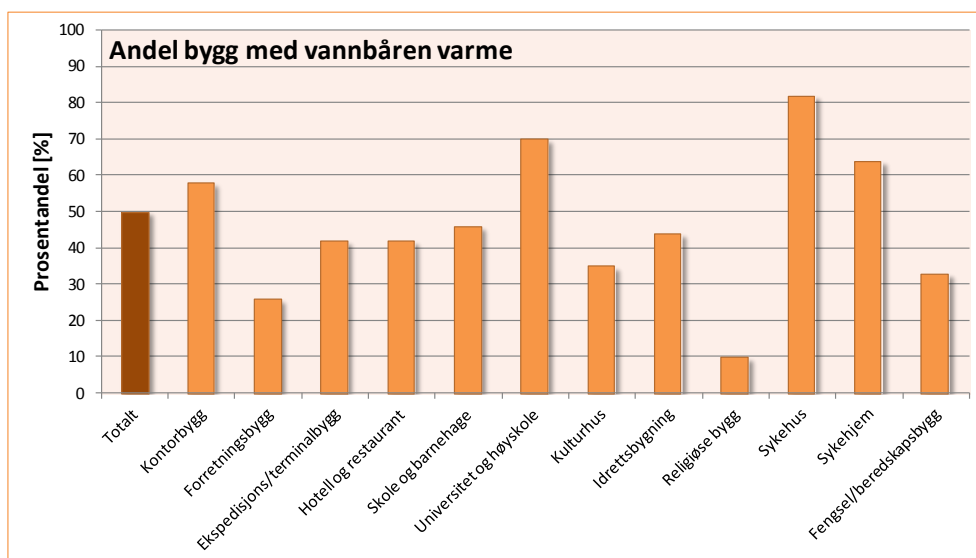
Figur 39 viser prosentvis andel av ulike typer oppvarmingssystemer i 2009 for et utvalg yrkesbygg innenfor tjenesteytende næringer. Ca. 50 % av bygningene hadde vannbårent varmedistribusjonssystem (*sentralvarme*), ca. 15 % var tilkoblet fjernvarmenett og ca. 10 % hadde varmepumpe, i hovedsak anlegg med fjell/berg, grunnvann eller sjøvann som varmekilde. I overkant av 70 % av bygningene hadde såkalt punktoppvarming (*punktutstyr*), f.eks. elektriske panelovner, enten som hovedoppvarmingskilde eller som tilleggsvarmekilde (SSB, 2013; NVE, 2011).



Figur 39 Prosentvis andel av ulike typer oppvarmingssystemer i yrkesbygg innen tjenesteytende næringer, 2009 (SSB, 2013; NVE, 2011).

Figur 40 viser med utgangspunkt i Figur 39 prosentvis andel vannbårent varmedistribusjon i ulike yrkesbygg innen tjenesteytende næringer (SSB, 2013).

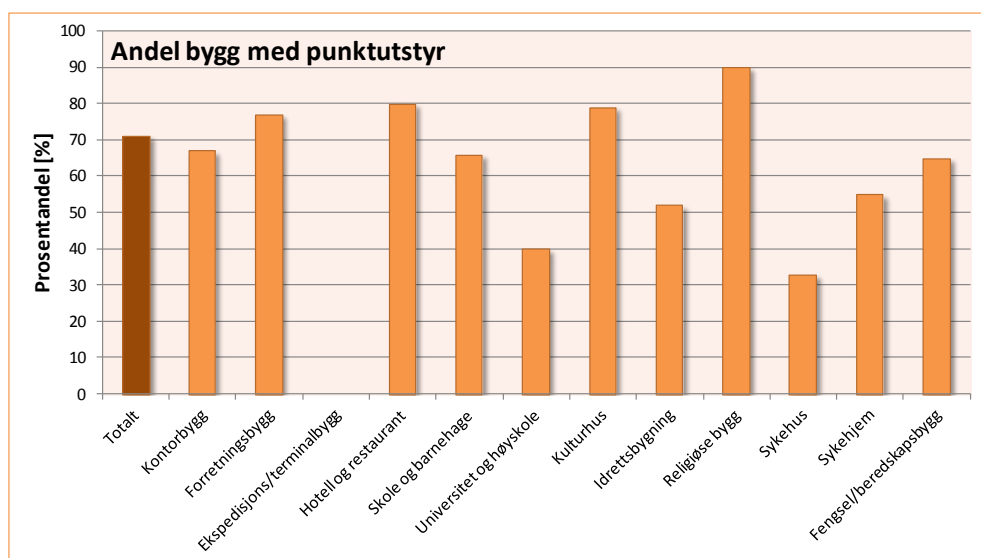
Andelen eksisterende yrkesbygg med vannbårent varmedistribusjonssystem, dvs. gulvvarmesystem, radiatorsystem eller kombinasjonssystem, ble i 2012 forøvrig estimert til ca. 30 % (Prognosesenteret, 2012). Dette er betydelig lavere enn det som framkommer i Statistisk sentralbyrå (SSB) sitt tallmateriale (50 %). Avviket viser usikkerheten i denne typen statistikk/estimat.



Figur 40 Prosentvis andel av yrkesbygg innen tjenesteytende næringer med vannbårent varmedistribusjonssystem (sentralvarme), 2009 (SSB, 2013).

De bygningstypene som har høyest andel vannbåren varmedistribusjon er sykehus (82 %), universitet/høyskole (70 %), sykehjem (64 %) og kontorbygg (58 %).

Figur 41 viser prosentvis andel yrkesbygg innen tjenesteytende sektor i 2009 med såkalt punktoppvarming eller punktutstyr (SSB, 2013).



Figur 41 Prosentvis andel av yrkesbygg med såkalt punktutstyr (SSB, 2013).

De bygningstypene som har høyest andel punktoppvarmingssystemer er religiøse bygg (90 %), hotell/restaurant (80 %), kulturhus (79 %), forretningsbygg (77 %), skole/barnehager (66 %) og fengsel/beredskapsbygg (63 %).

10 Vedlegg E – Effekt-varighetsdiagrammer

Det er utarbeidet effekt-varighetsdiagrammer for *bygningsoppvarming* (romoppvarming, oppvarming av ventilasjonsluft og varmtvannsberedning) for 4 byggtypen med 4 byggestandarder og i 5 klimasoner, totalt 80 diagrammer. For kontorbygg er det også beregnet effekt-varighetsdiagrammer for *klimakjøling*. Detaljer med hensyn til simuleringene er beskrevet i *Kapittel 3*.

Bygningstyper	Byggestandarder	Klimasoner
Enebolig	Normalbygg	Oslo
Boligblokk	TEK10-bygg	Bergen
Kontorbygg	Lavenergibygg	Trondheim
Sykehjem	Passivhusbygg	Røros
		Tromsø

Figurene (diagrammene) inneholder følgende informasjon:

- › "Temperatur" – uteluftens døgnmiddeltemperatur (*grønn stiplet kurve*) [°C]
- › "DUT" – dimensjonerende utelufttemperatur (*grått punkt ved time 0*) [°C]
- › **OPPVARMING**
 - › "Effekt" – relativt effekt-varighetsdiagram for totalt netto varmeeffektbehov inkl. tappevannsberedning, i % av $P_{dim, varm}$ (*rød heltrukken kurve*) [%]
 - › "Energi" – relativt energidekningsgrad for totalt netto varmebehov inkl. tappevannsberedning (*grå stiplet kurve*) [%]
 - › "Tappevann" – rel. effektbehov til varmtvannsberedning (*rød stiplet kurve*) [%]
 - › " $P_{dim, P_{dim, varm}}$ " – dim. spesifikt brutto varmeeffektbehov ved DUT [W/m²]
 - › Totalt årlig spesifikt varmebehov [kWh/m²år]
- › **KJØLING** – kun kontorbygg
 - › "Kjøling" – relativt effekt-varighetsdiagram for klimakjøling, i % av $P_{dim, kjøl}$ (*blå heltrukken kurve*) [%]
 - › " $P_{dim, kjøl}$ " – dimensjonerende spesifikt kjøleeffektbehov [W/m²]
 - › Årlig spesifikt kjølebehov [kWh/m²år]

Dimensjonerende brutto varmeeffektbehov ved dimensjonerende utetemperatur (DUT) er bygningens maksimale varmeeffektbehov nattetid når den ikke er i bruk, dvs. når det ikke tas hensyn til interne varmelaster (personer, utstyr, belysning) og solinnstråling. Grunnlastkilder for bygningsoppvarming, f.eks. varmepumper, pelletkjeler osv., dimensjoneres imidlertid i hht. netto varmeeffektbehov ved DUT, dvs. brutto varmeeffektbehov fratrukket interne varmelaster og soltilskudd.

Tabell 17 viser omregningsfaktorer α mellom brutto effektbehov (P_{dim} , $P_{dim, varm}$) og netto effektbehov ved DUT, hvor $\alpha = (P_{netto}/P_{dim})$. Dvs. at en beregner netto varmeeffektbehov fra effekt-varighetsdiagrammene ved å multiplisere brutto varmeeffektbehov med omregningsfaktoren α , dvs. $P_{netto} = (P_{dim} \cdot \alpha)$. Omregningsfaktoren påvirkes av byggkategori, bygningsstandard og klimasone.

Tabell 17 Korreksjonsfaktor α for beregning av netto dimensjonerende varmeeffektbehov (P_{netto}) ut fra brutto varmeeffektbehov (P_{dim}) for 4 byggkategorier, 4 ulike byggestandarder og 5 klimasoner. $\alpha = (P_{netto}/P_{dim})$ og $P_{netto} = (P_{dim} \cdot \alpha)$.

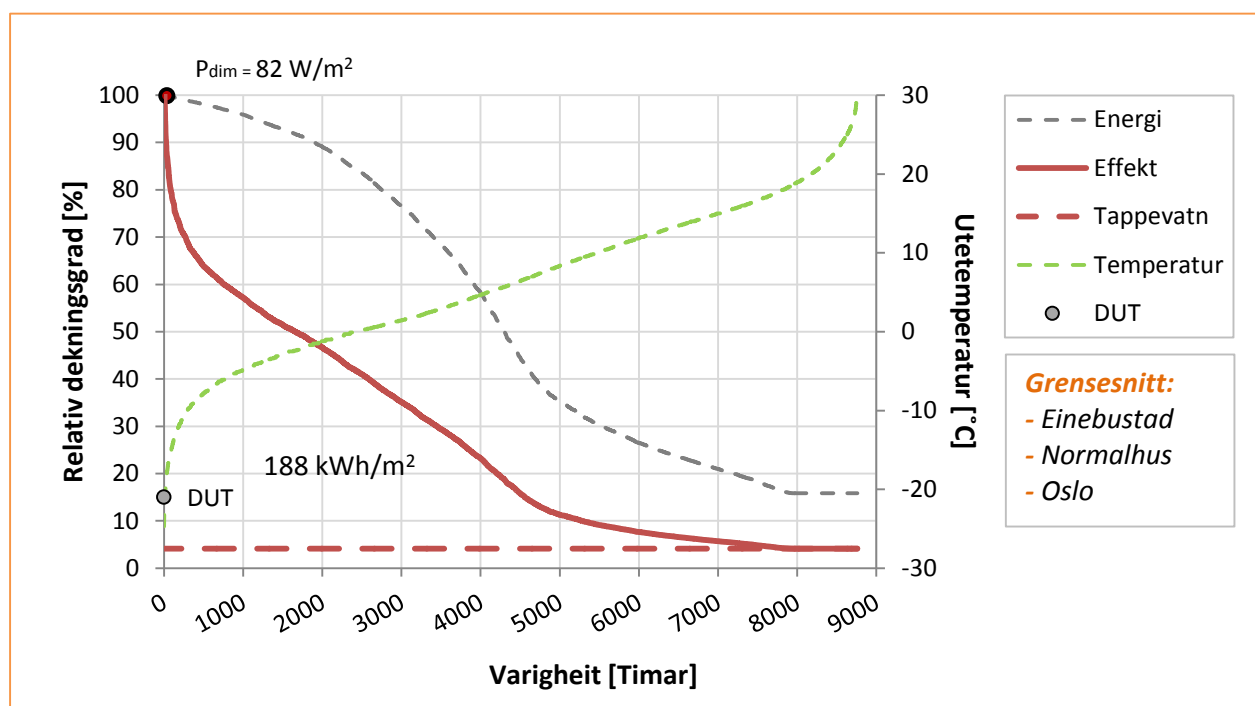
		Normalhus	TEK 10	Lavenergihus	Passivhus
Enebolig	Oslo	0,98	0,96	0,95	0,93
	Bergen	0,98	0,95	0,94	0,92
	Trondheim	0,98	0,96	0,95	0,93
	Tromsø	0,98	0,95	0,93	0,92
	Røros	0,99	0,97	0,96	0,95
Boligblokk	Oslo	0,97	0,95	0,94	0,92
	Bergen	0,96	0,94	0,92	0,90
	Trondheim	0,97	0,95	0,94	0,92
	Tromsø	0,96	0,94	0,93	0,90
	Røros	0,98	0,97	0,96	0,94
Kontorbygg	Oslo	0,74	0,86	0,71	0,67
	Bergen	0,65	0,87	0,58	0,65
	Trondheim	0,73	0,86	0,62	0,64
	Tromsø	0,67	0,87	0,69	0,65
	Røros	0,82	0,72	0,73	0,72
Sykehjem	Oslo	0,86	0,78	0,73	0,68
	Bergen	0,80	0,70	0,70	0,64
	Trondheim	0,85	0,77	0,74	0,69
	Tromsø	0,82	0,72	0,69	0,63
	Røros	0,90	0,85	0,82	0,79
Fargekode		1,0 – 0,9	0,9 – 0,8	0,8 – 0,7	> 0,7

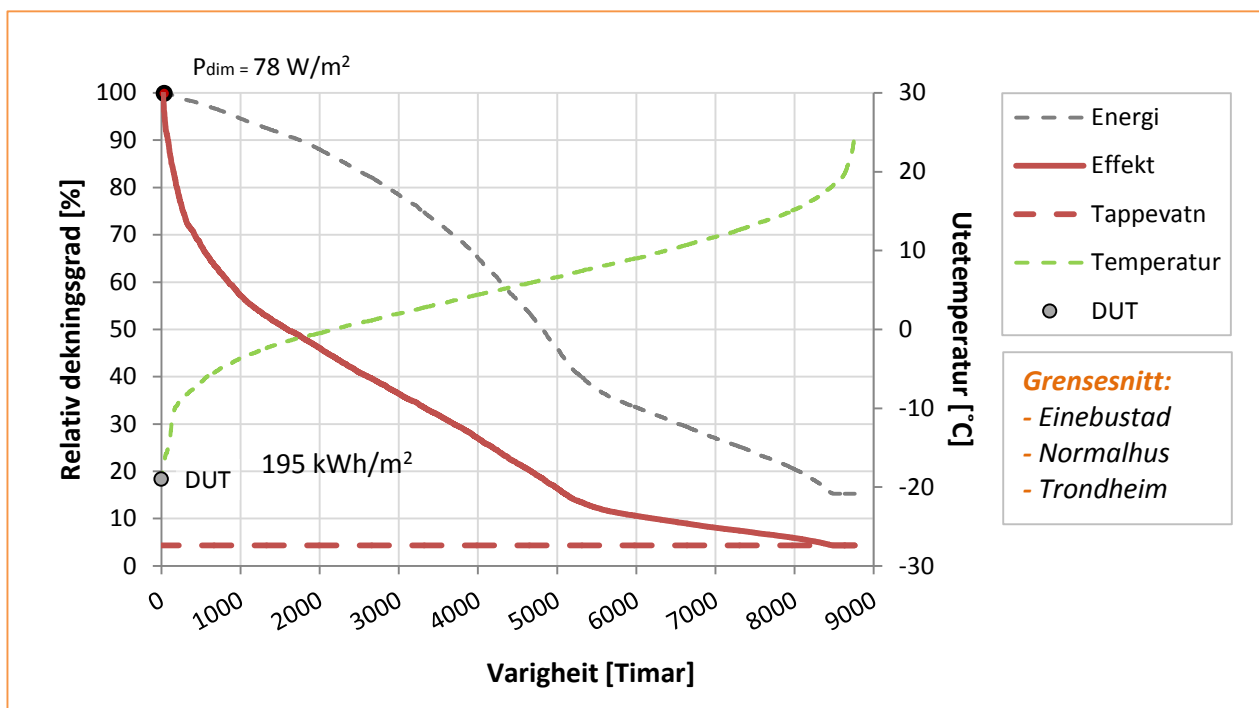
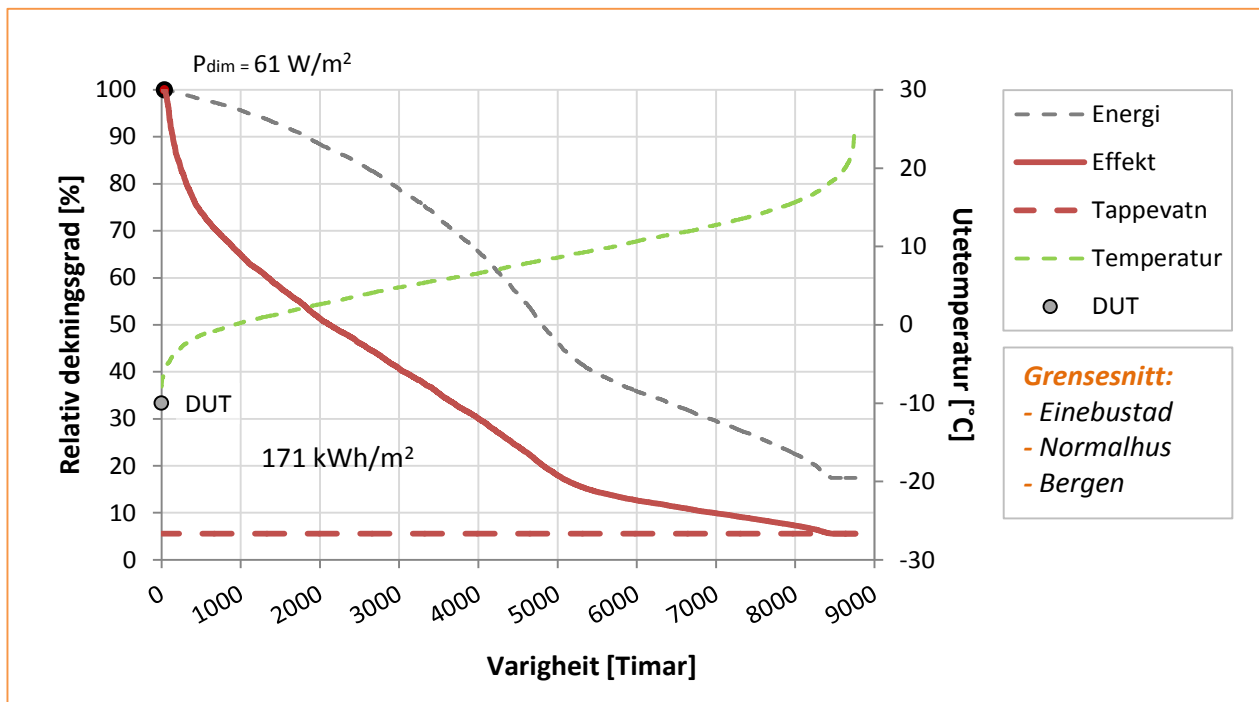
EFFEKT-VARIGHEITSDIAGRAM (1)

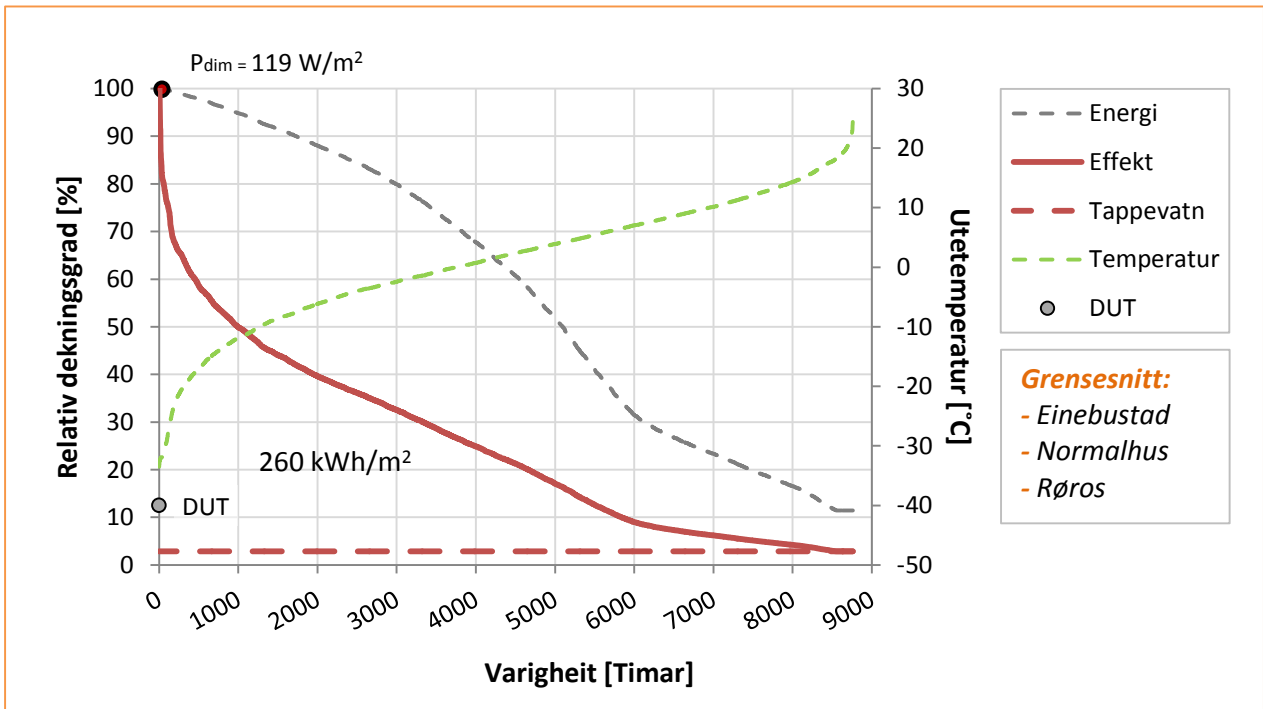
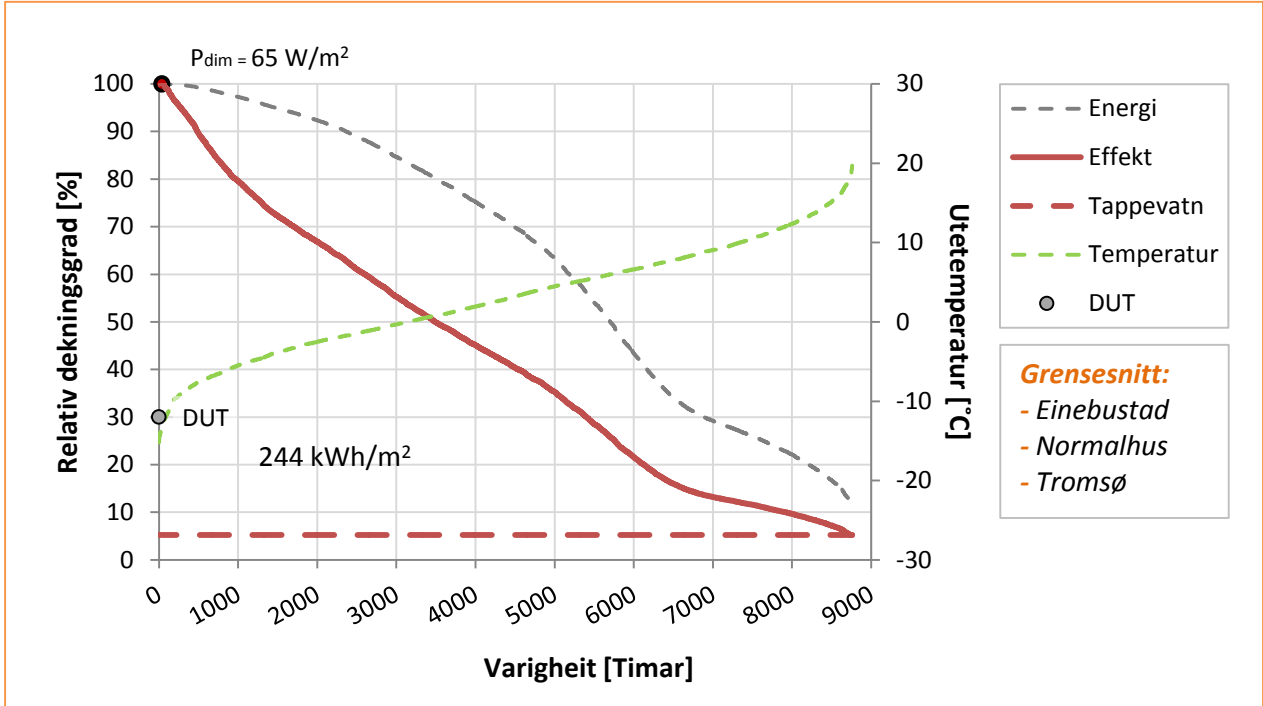
Einebustad

Effekt-varigheitsdiagram (oppvarming) for:

- > Einebustad
- > Normalhus-standard
- > Oslo, Bergen, Trondheim, Tromsø og Røros



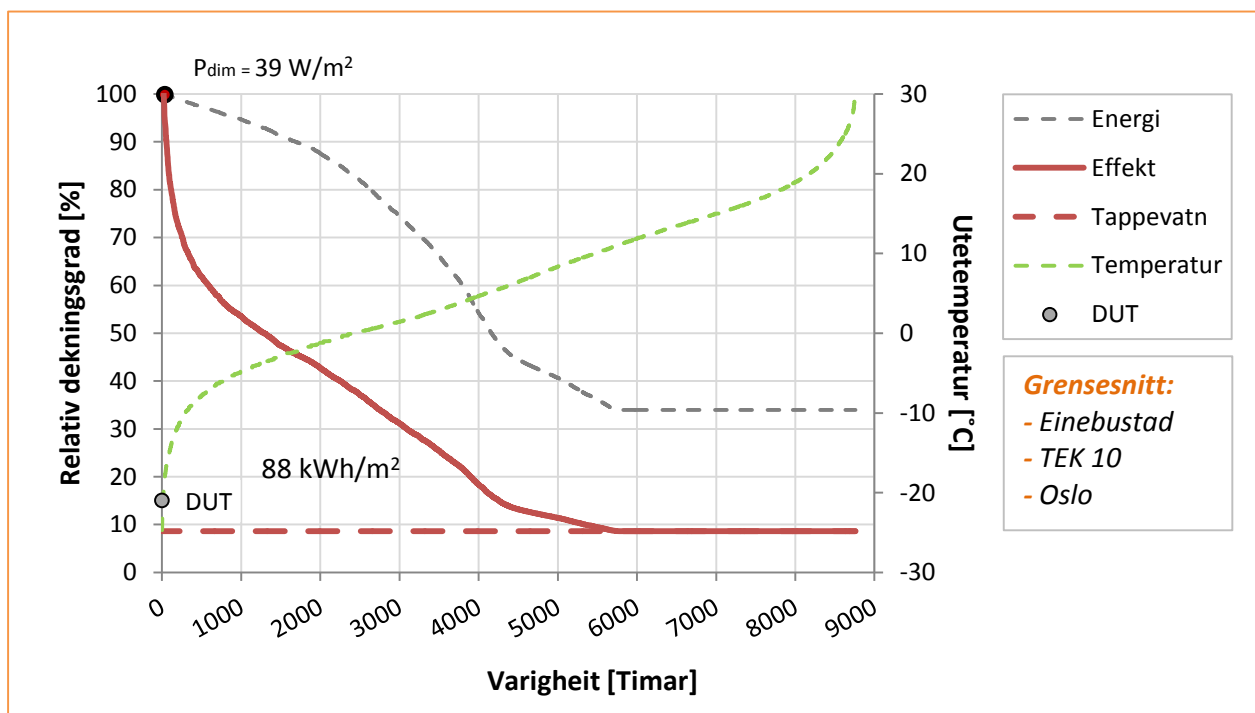


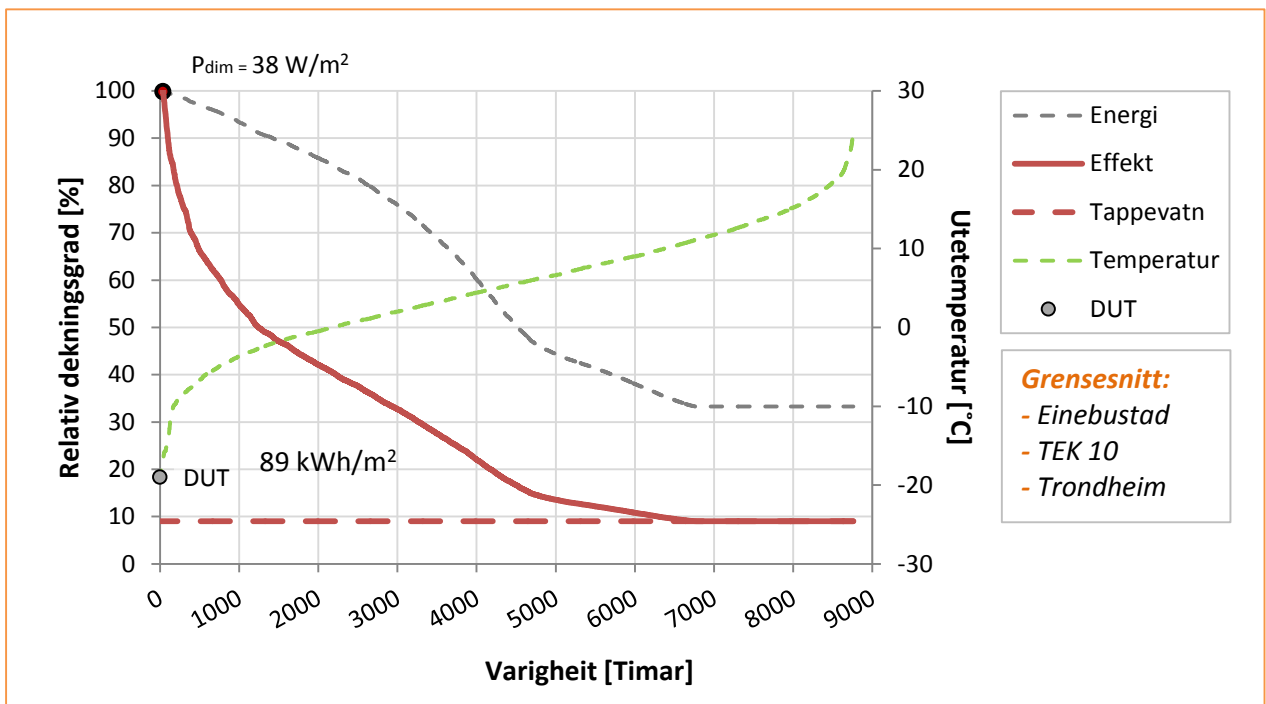
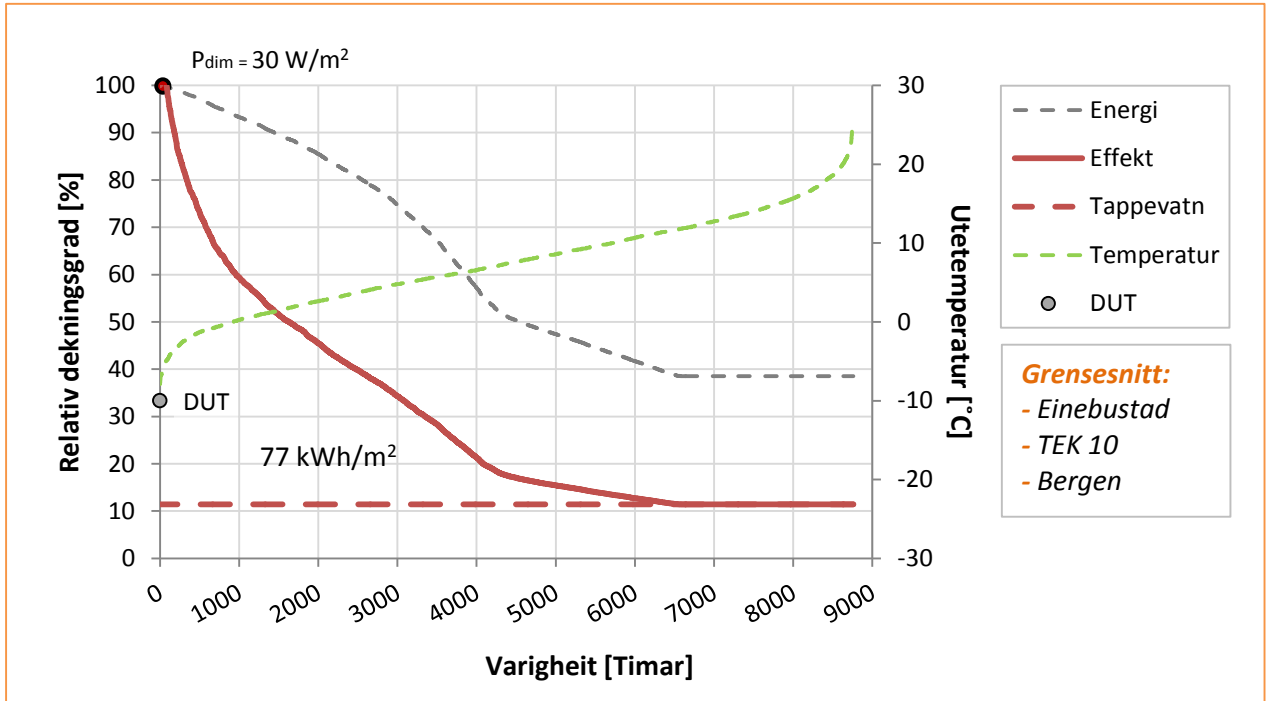


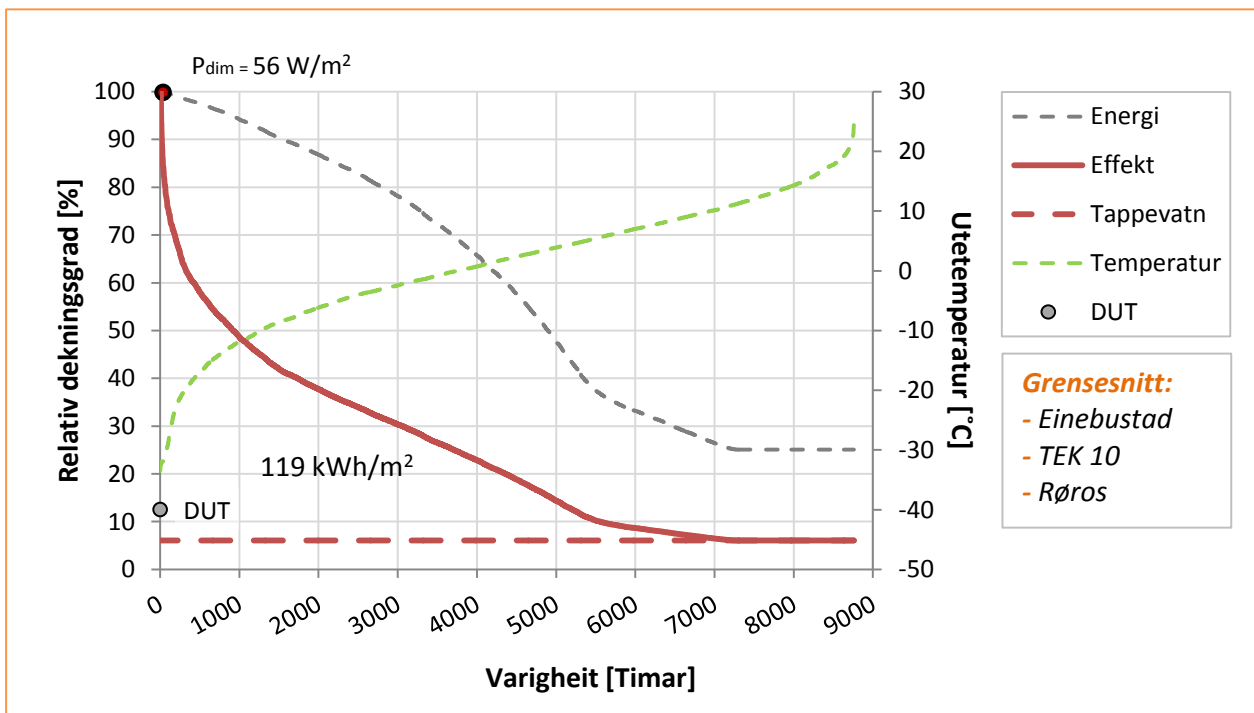
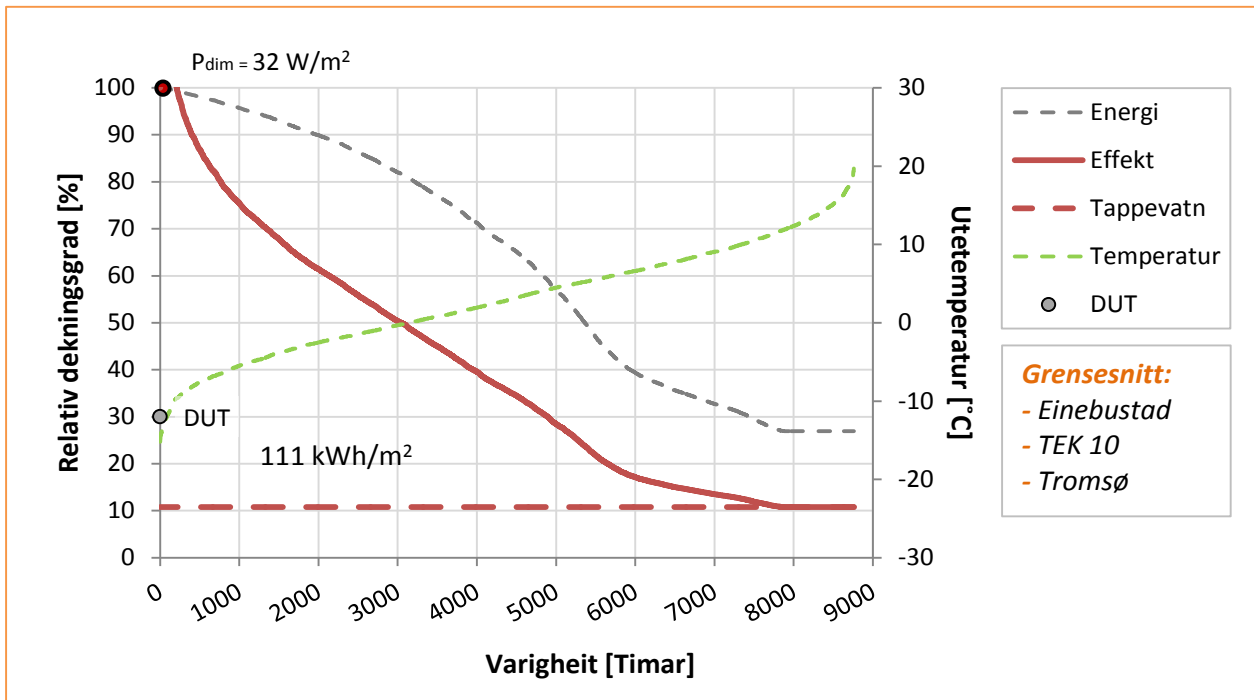
Einebustad

Effekt-varigheidsdiagram (oppvarming) for:

- › Einebustad
- › TEK10-standard
- › Oslo, Bergen, Trondheim, Tromsø og Røros



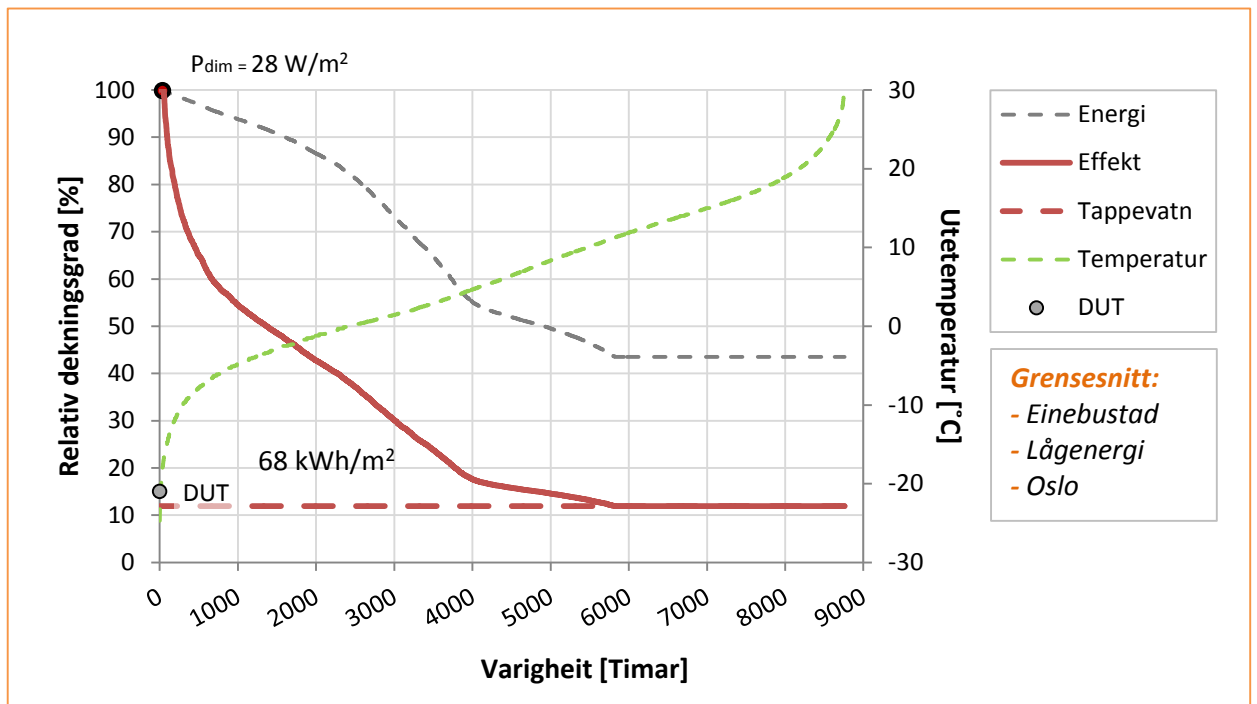


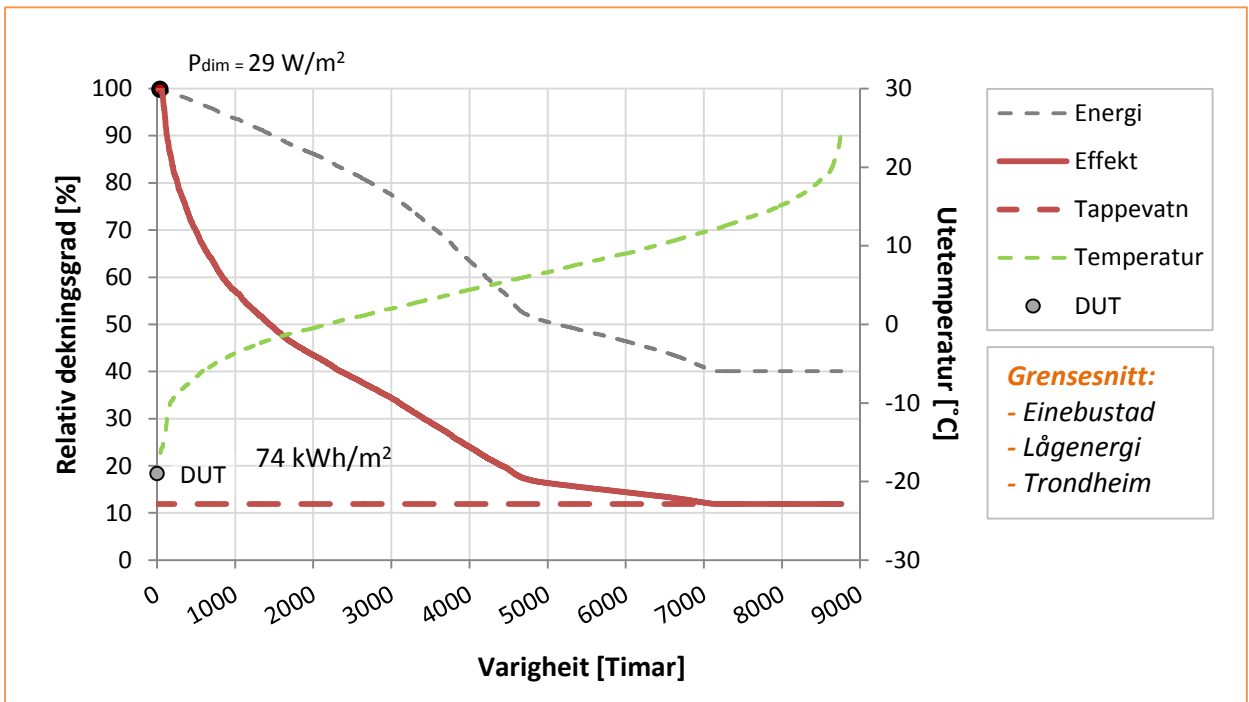
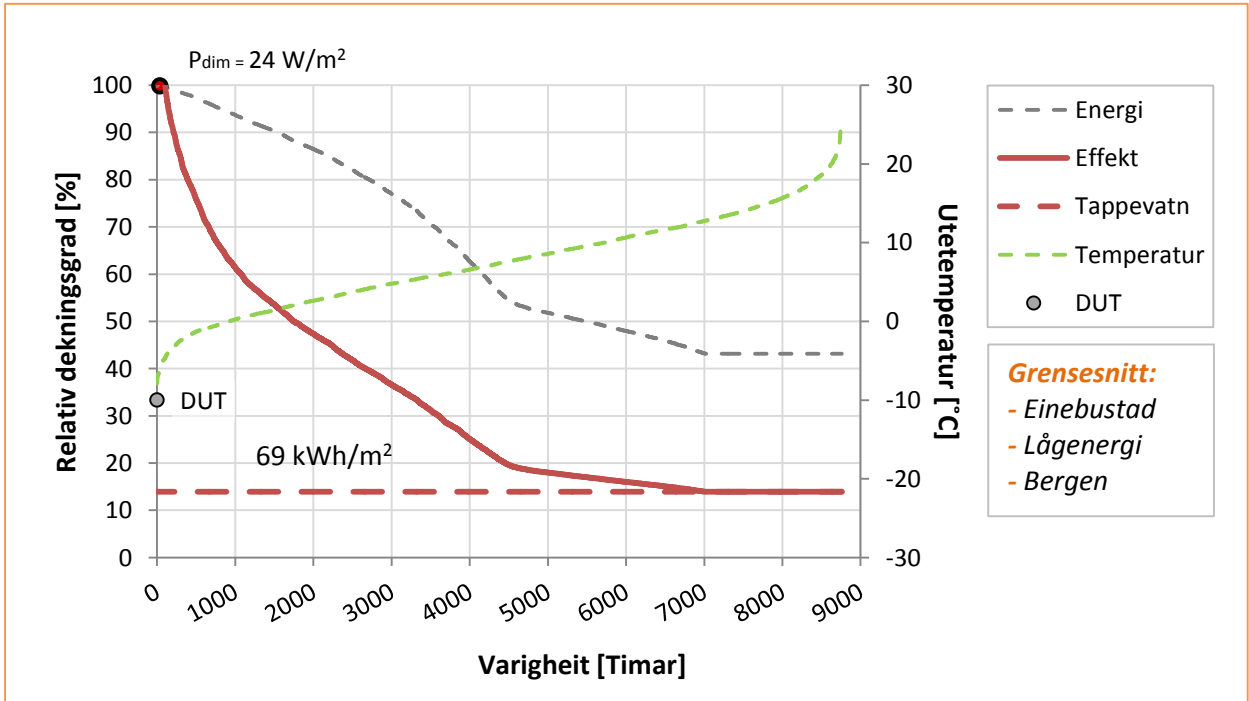


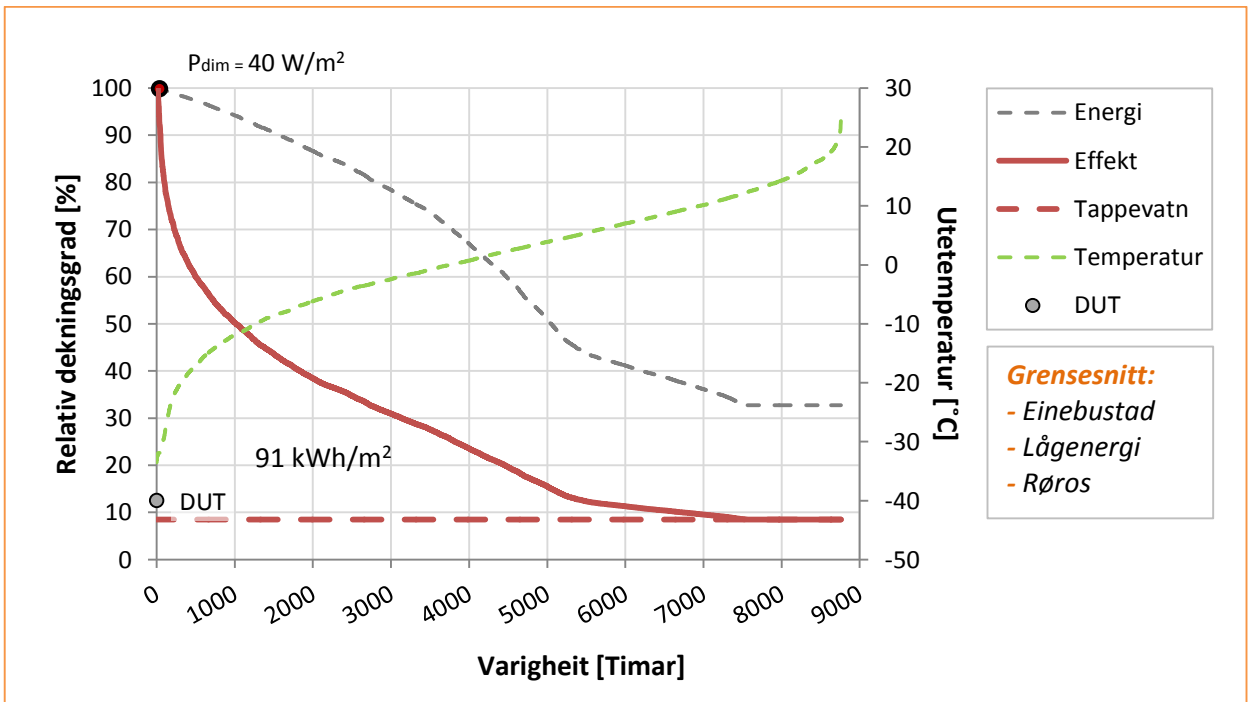
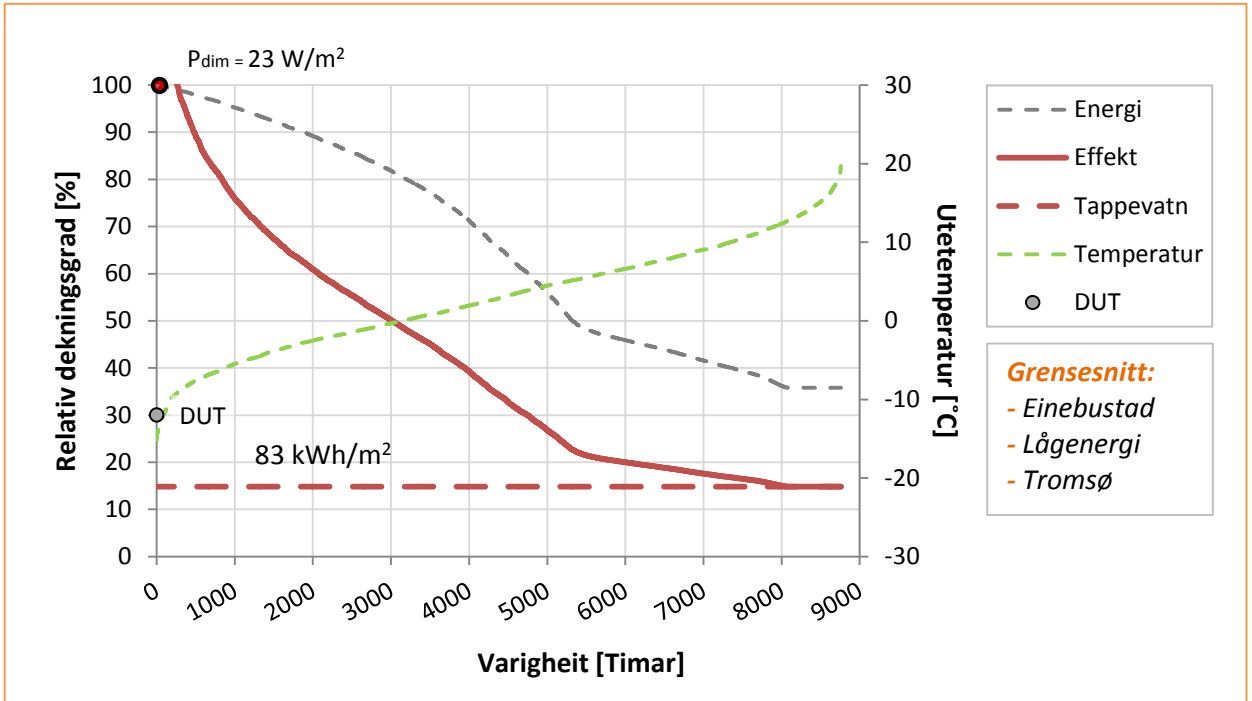
Einebustad

Effekt-varigheitsdiagram (oppvarming) for:

- › Einebustad
- › *Lågenergi-standard*
- › Oslo, Bergen, Trondheim, Tromsø og Røros



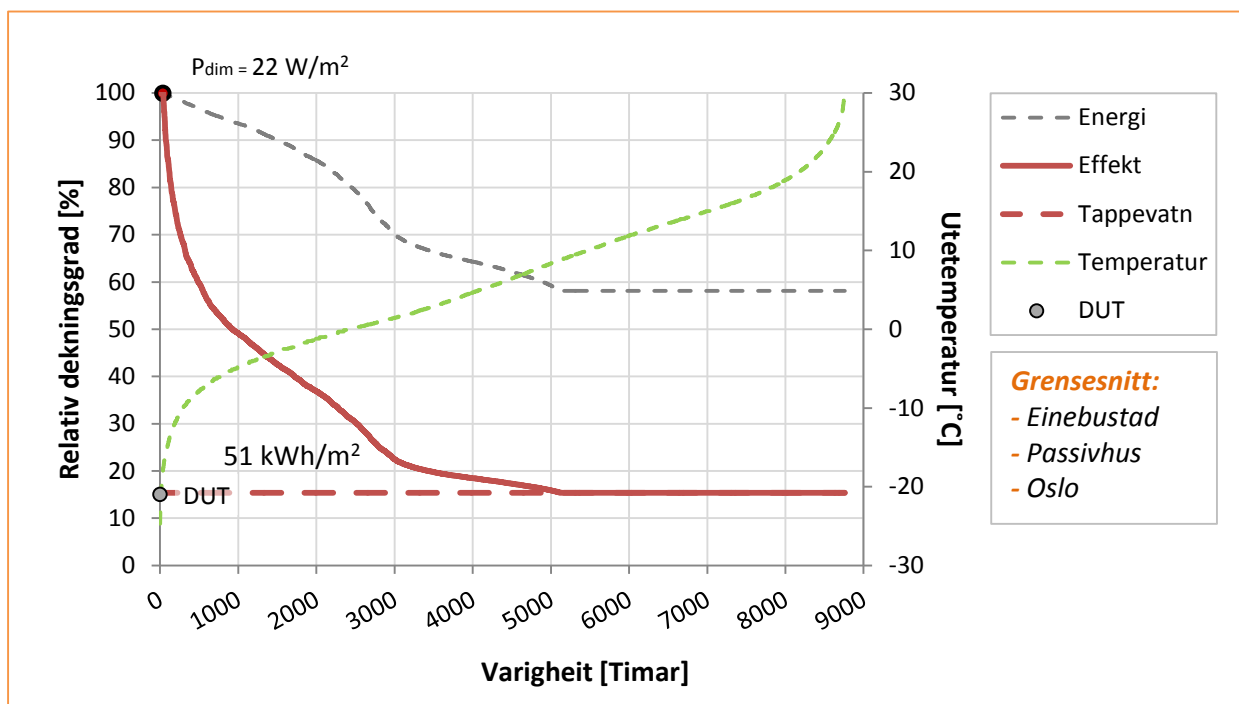


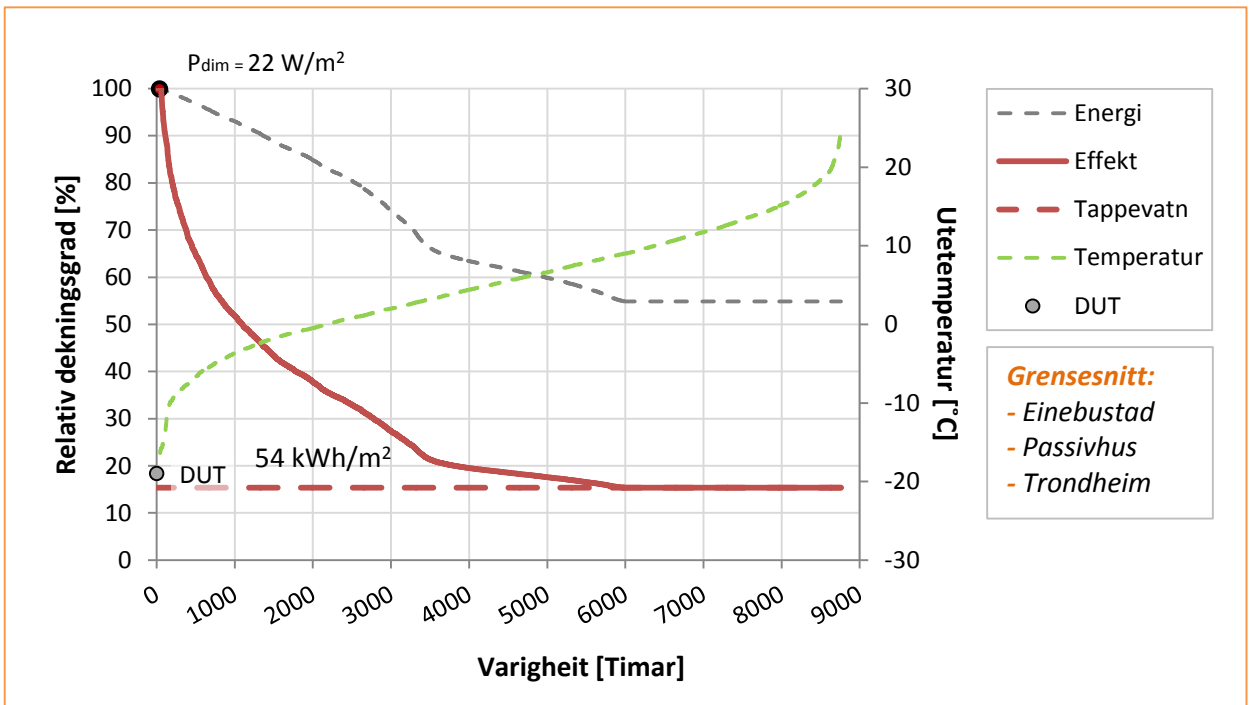
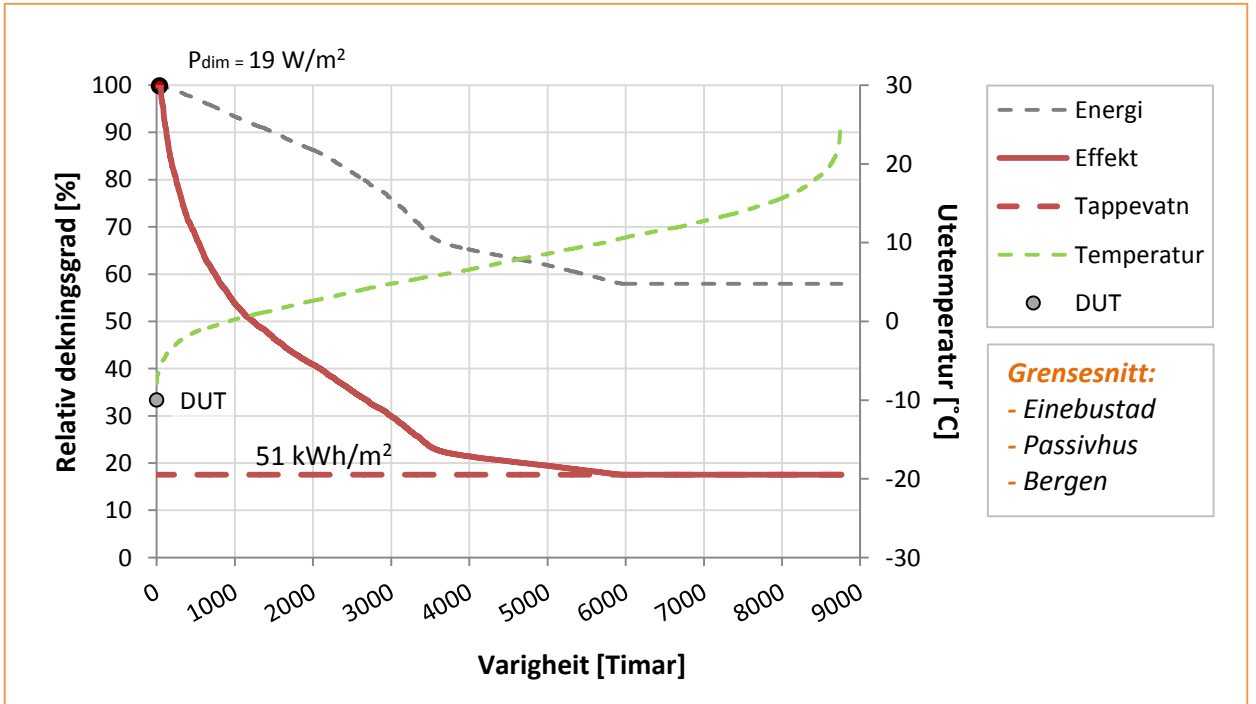


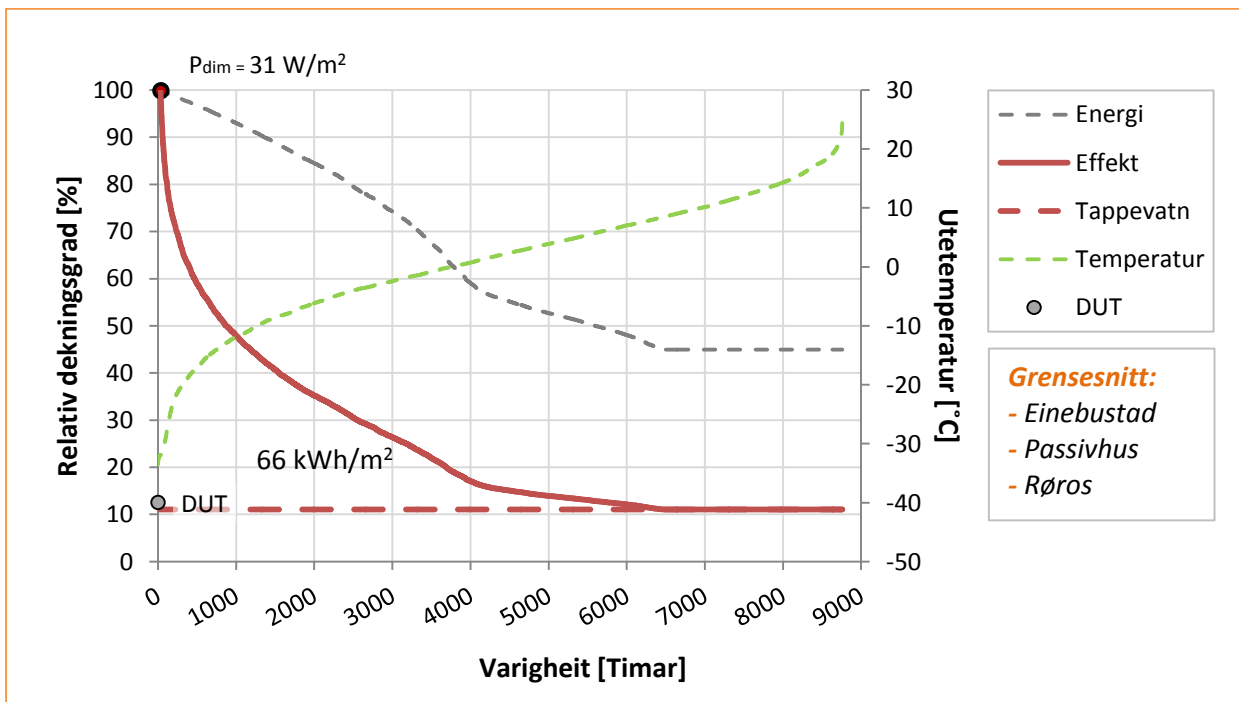
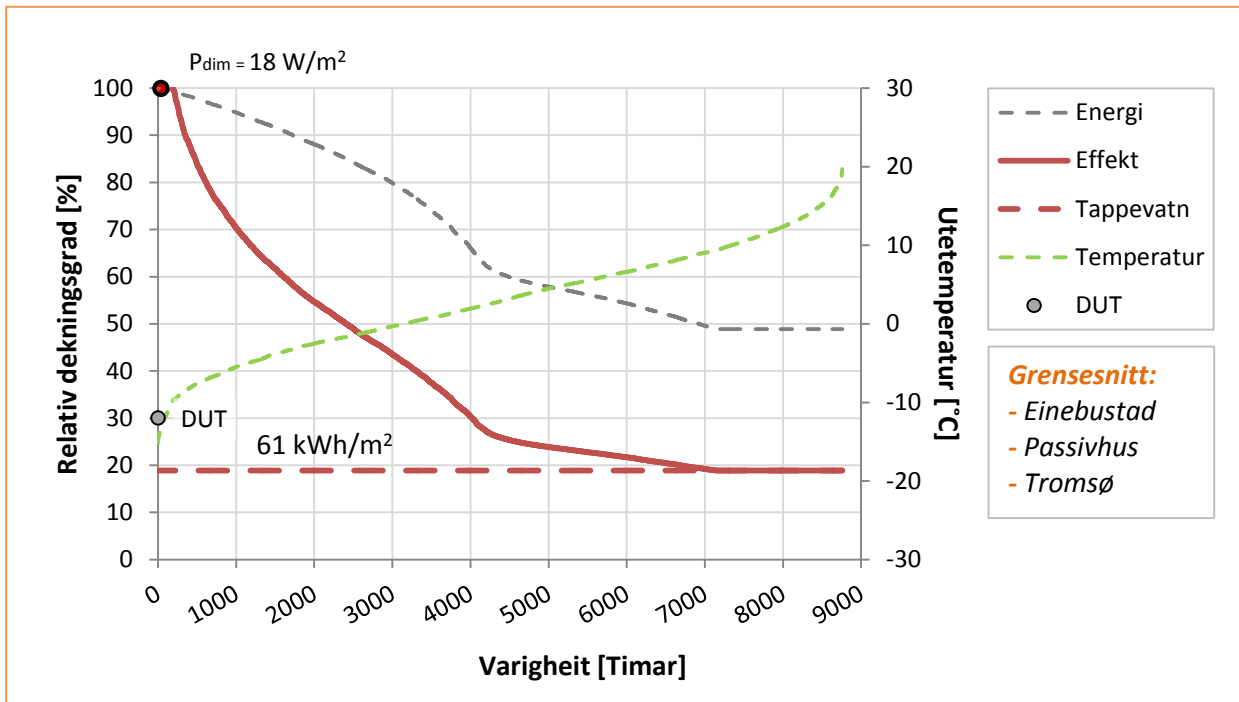
Einebustad

Effekt-varigheidsdiagram (oppvarming) for:

- › Einebustad
- › *Passivhus-standard*
- › Oslo, Bergen, Trondheim, Tromsø og Røros





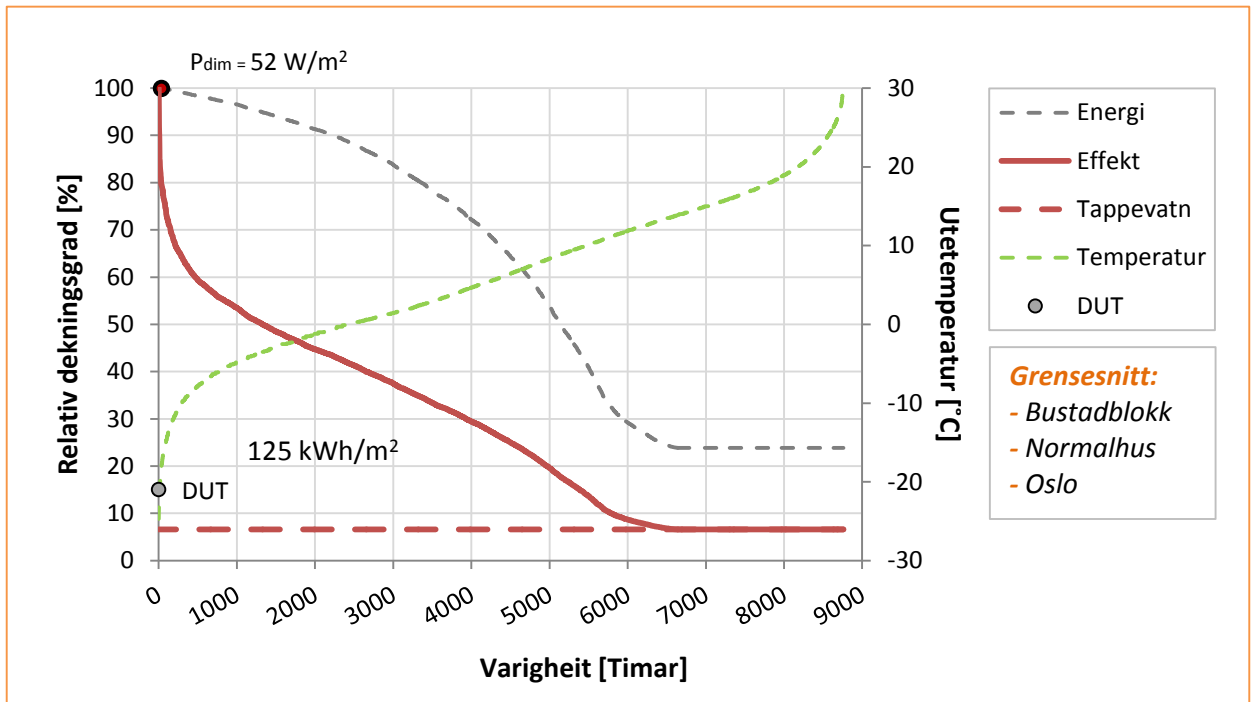


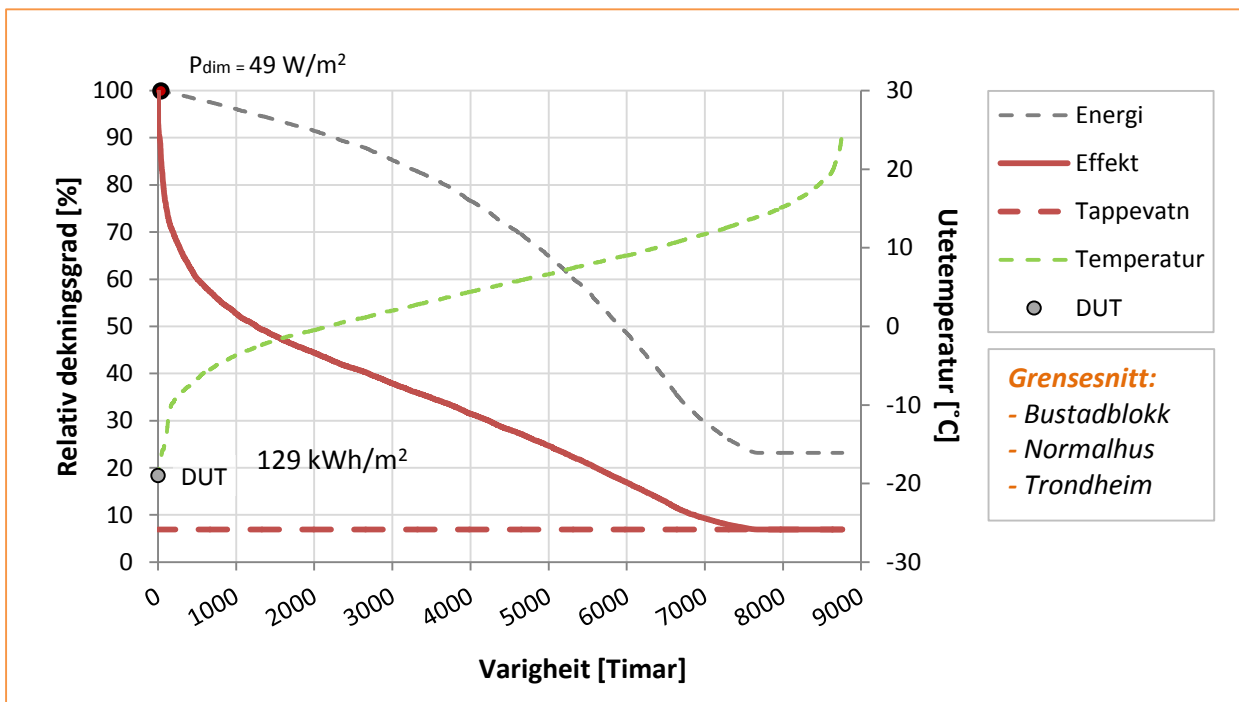
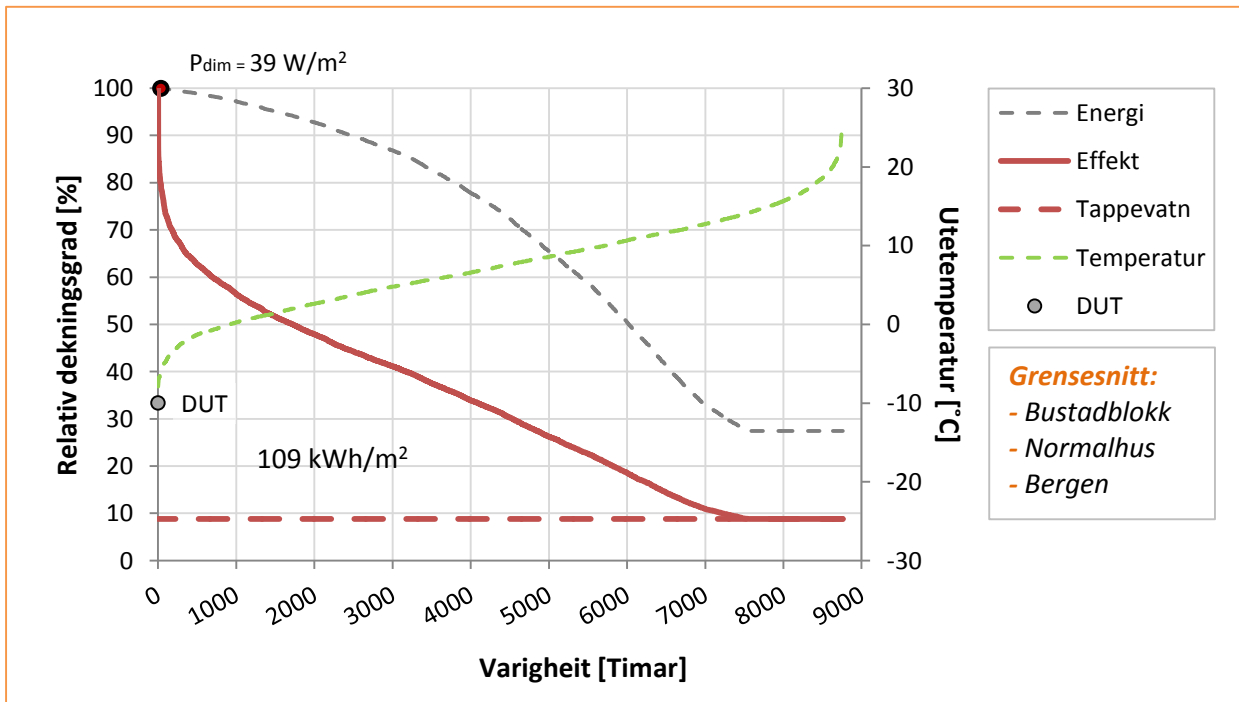
EFFEKT-VARIGHEITSDIAGRAM (2)

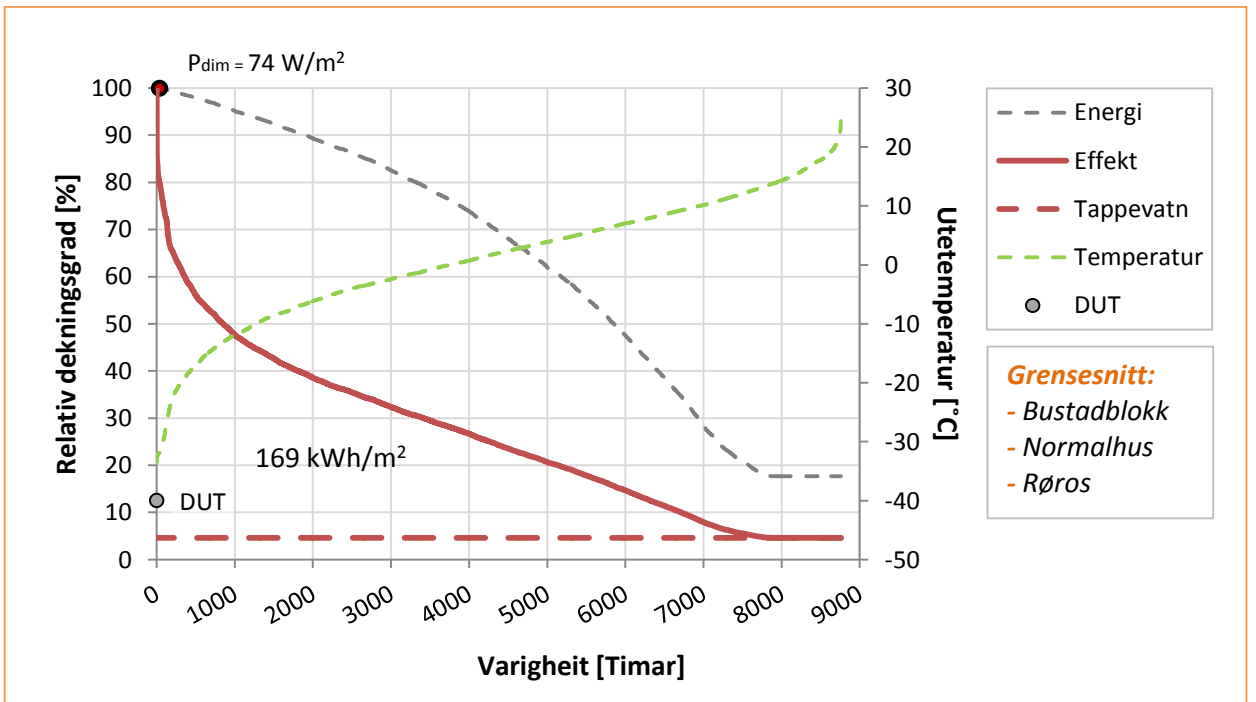
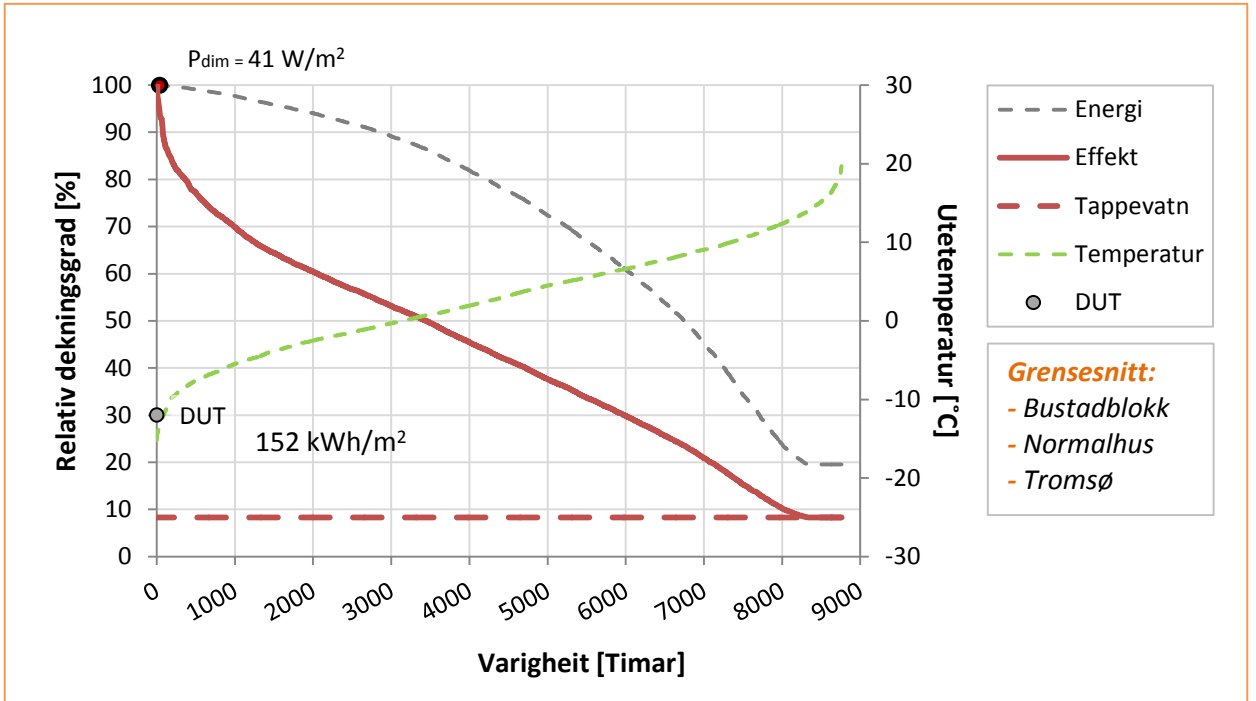
Bustadblokk

Effekt-varigheitsdiagram (oppvarming) for:

- > Bustadblokk
- > Normalhus-standard
- > Oslo, Bergen, Trondheim, Tromsø og Røros



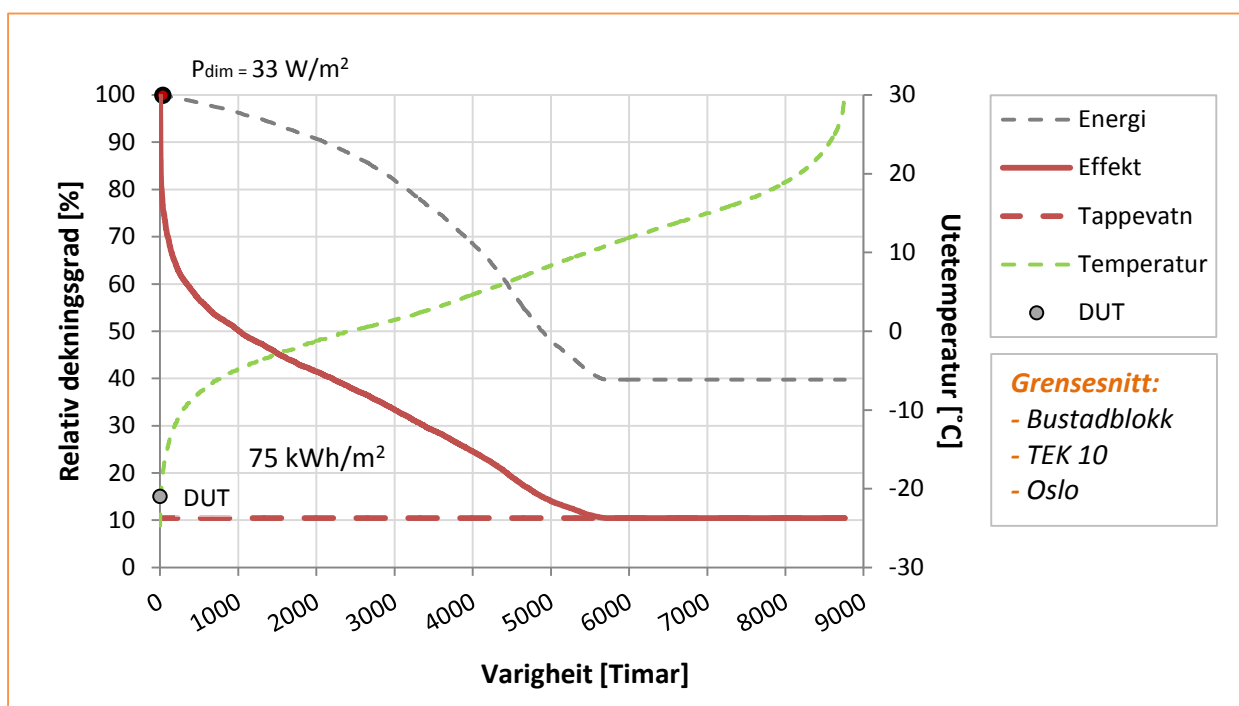


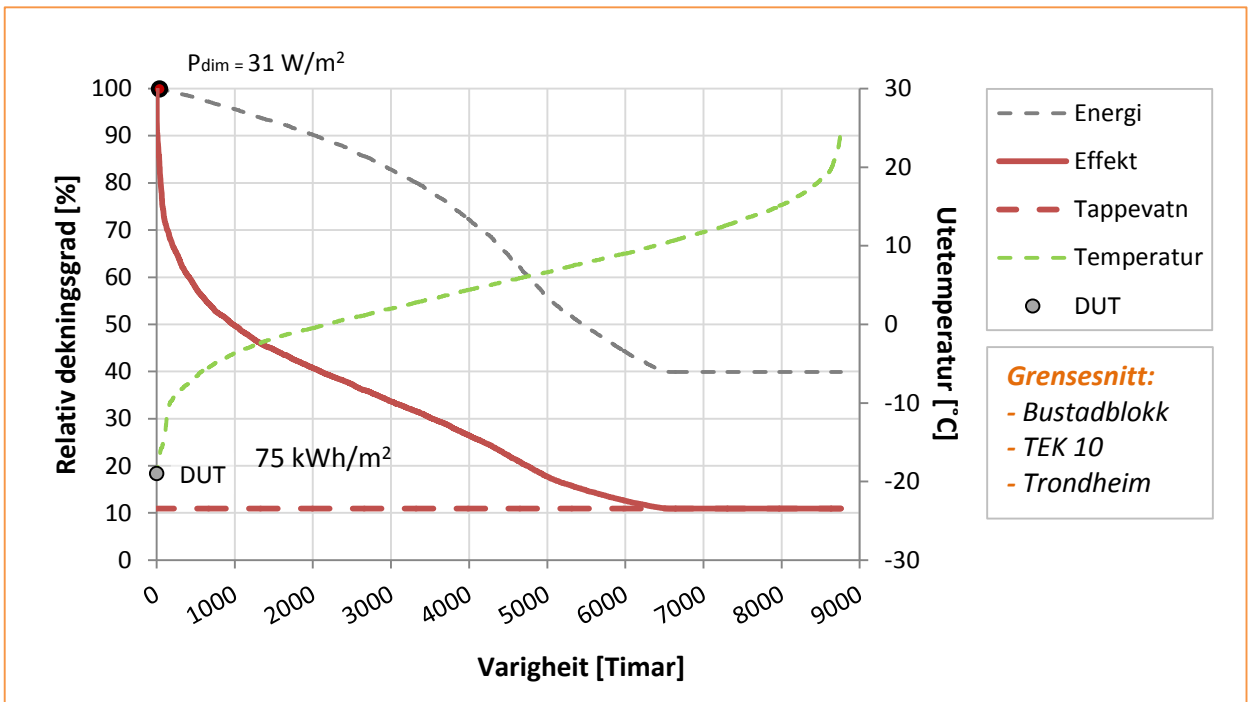
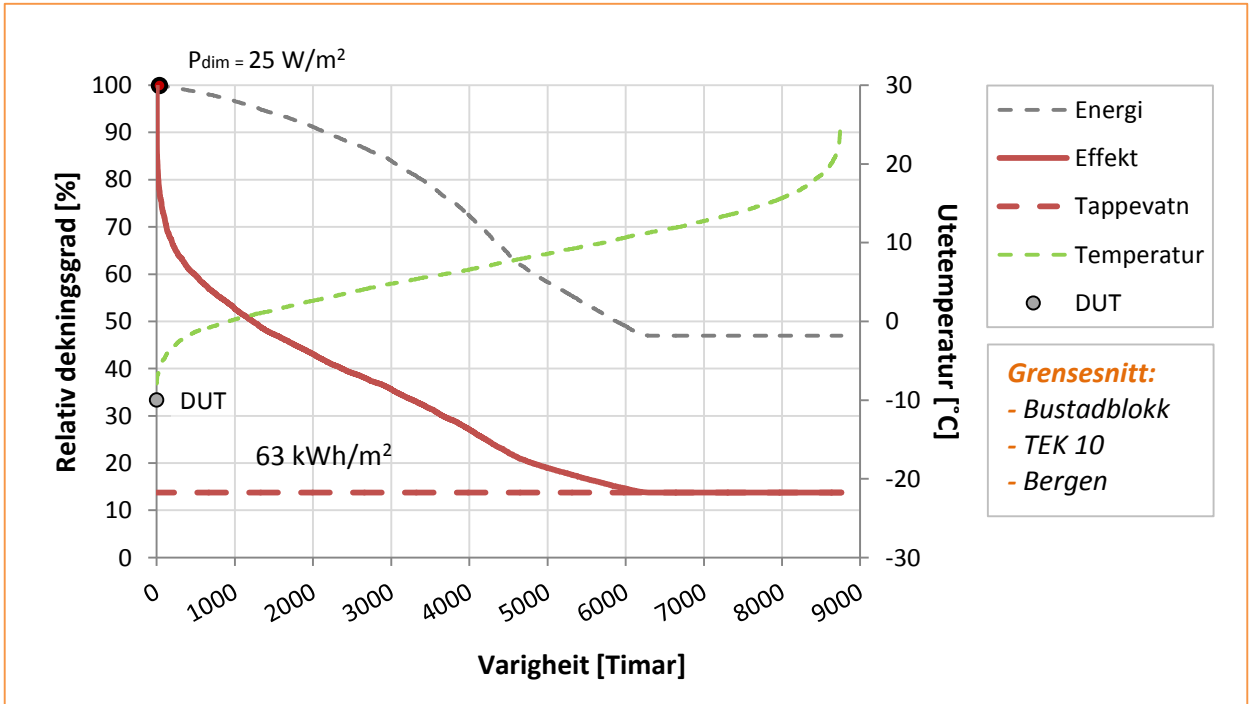


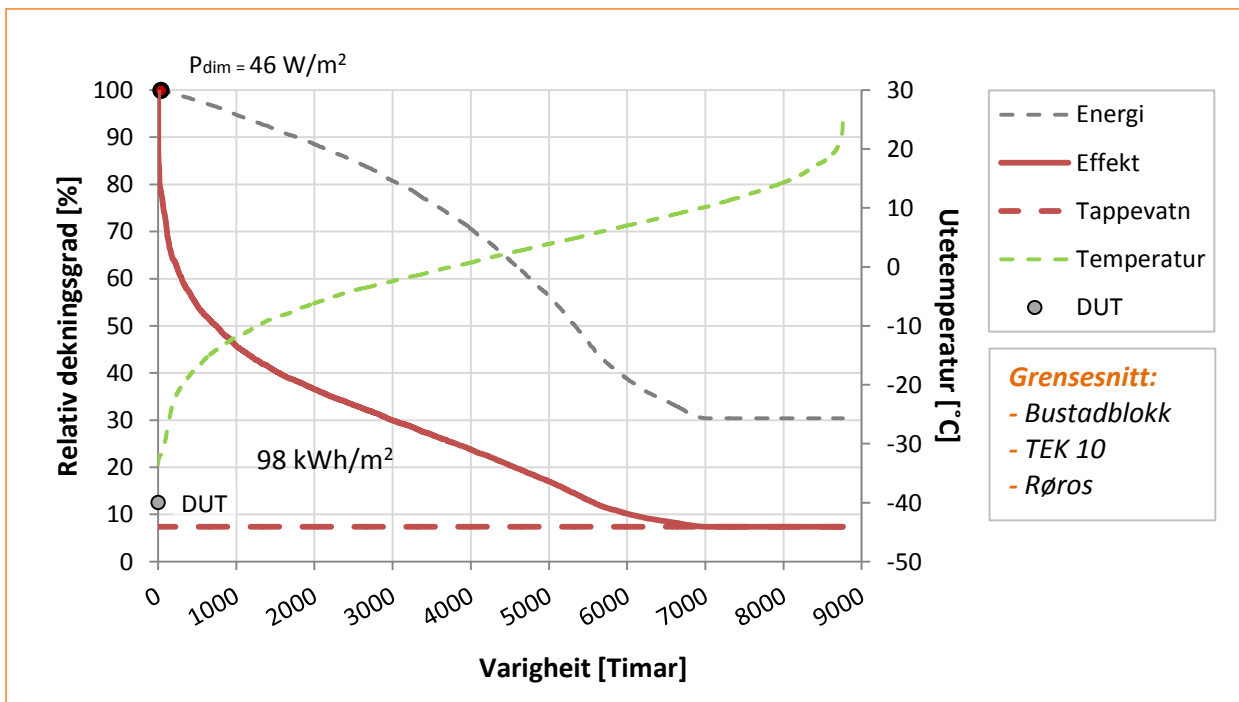
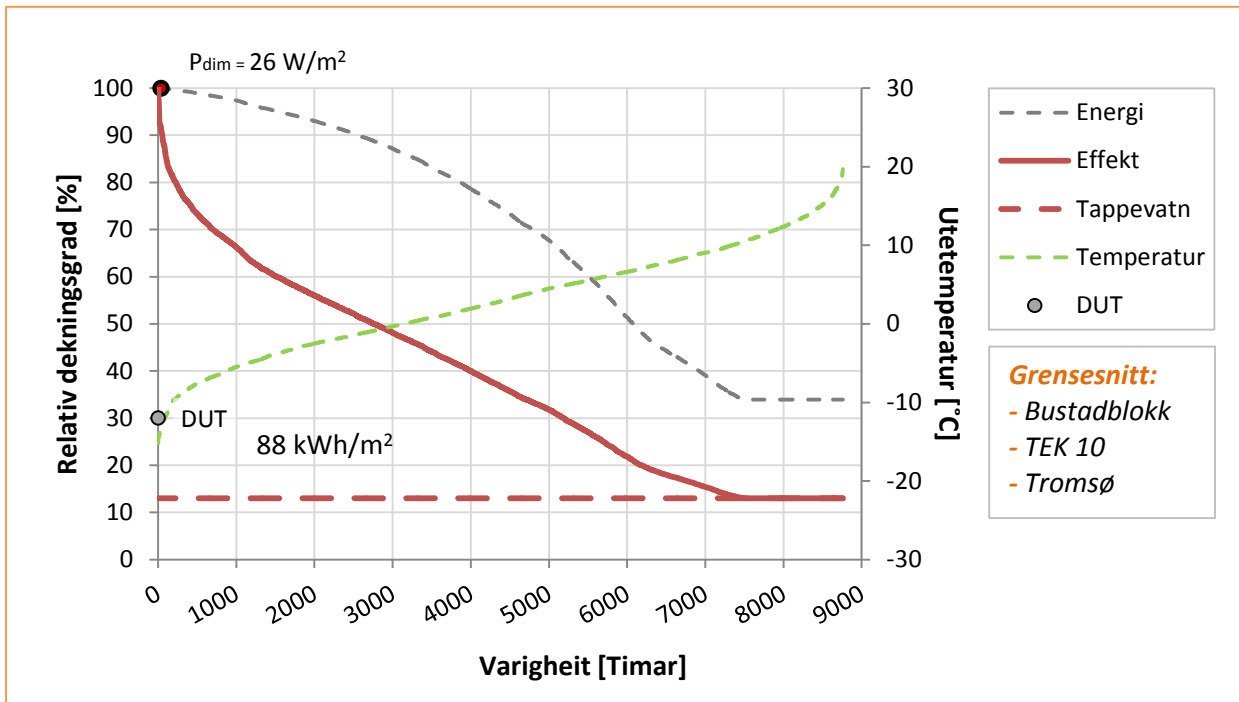
Bustadblokk

Effekt-varigheidsdiagram (oppvarming) for:

- › Bustadblokk
- › TEK10-standard
- › Oslo, Bergen, Trondheim, Tromsø og Røros



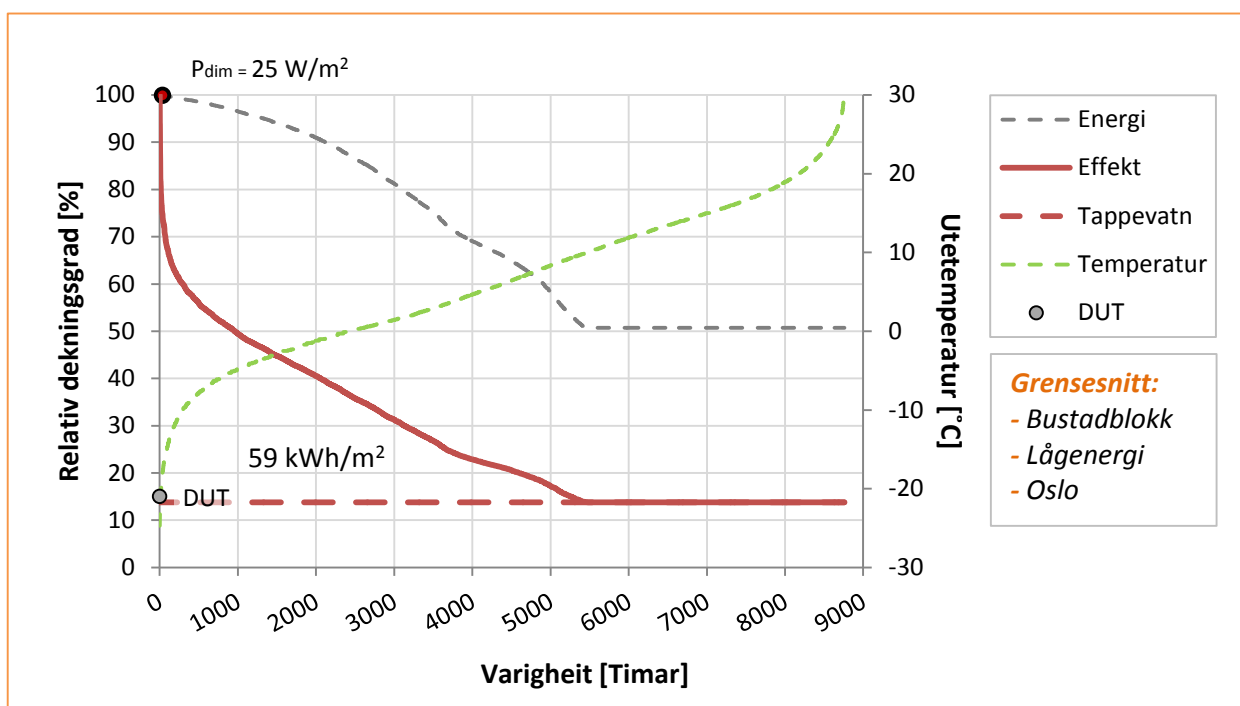


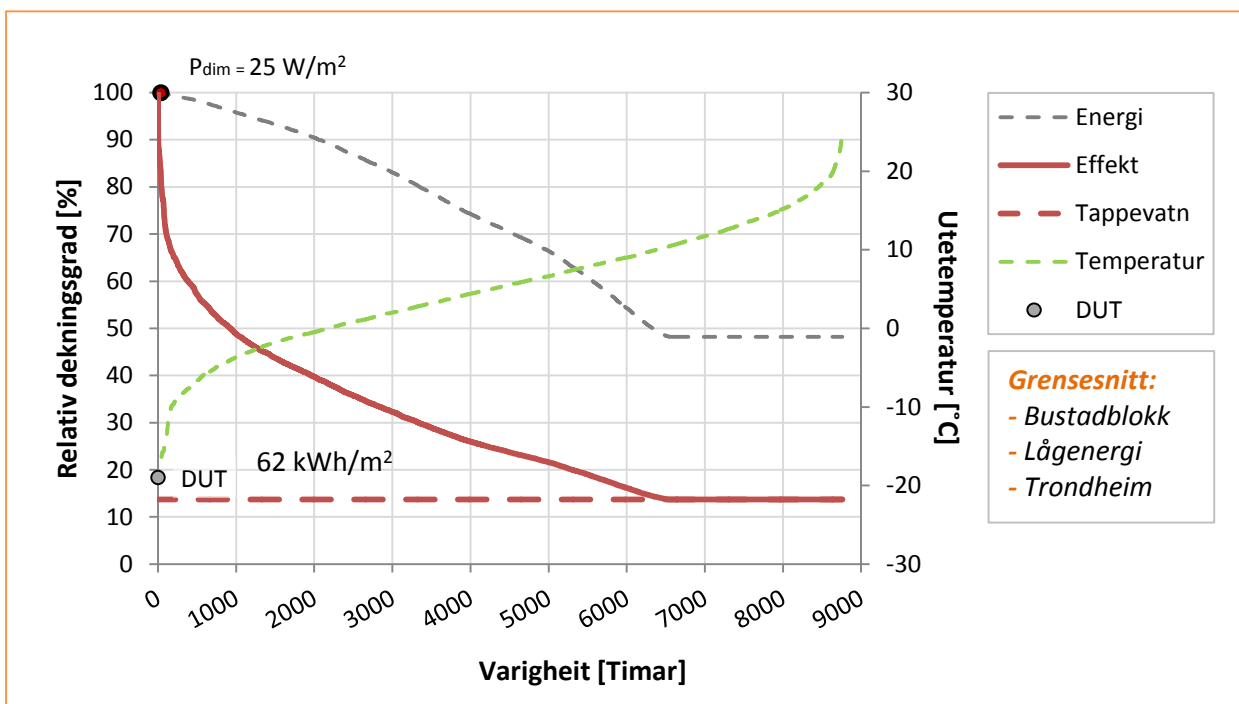
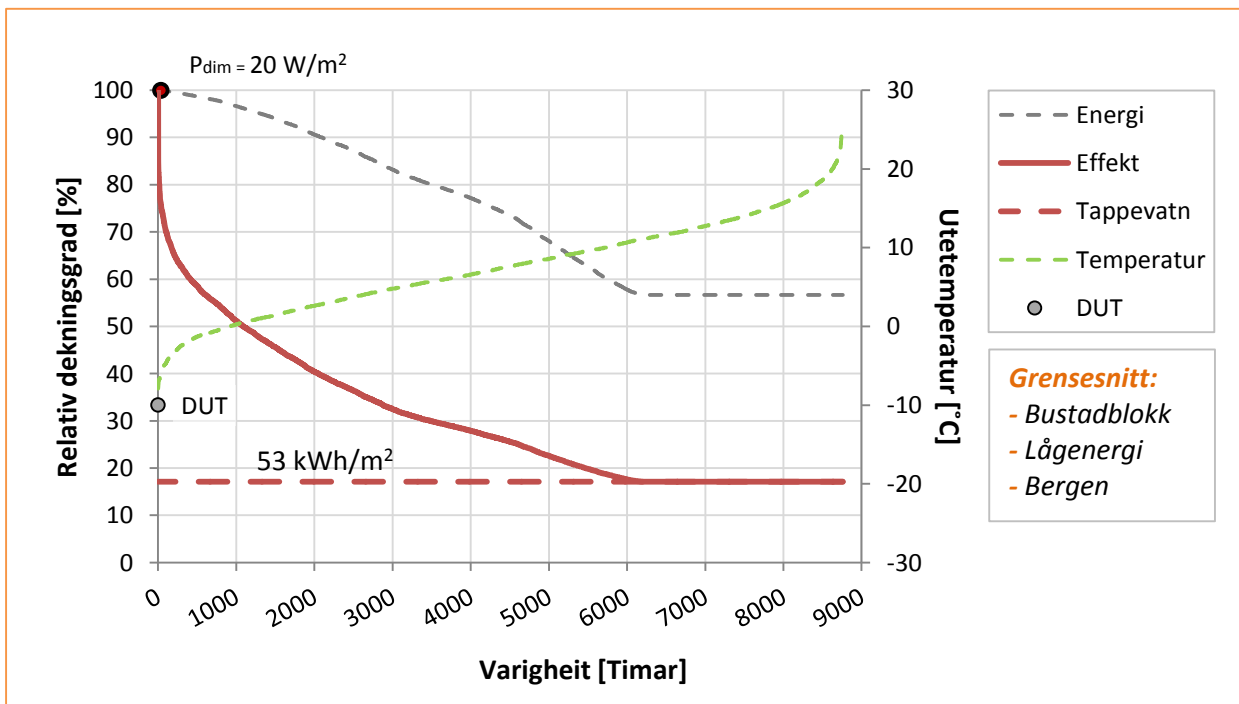


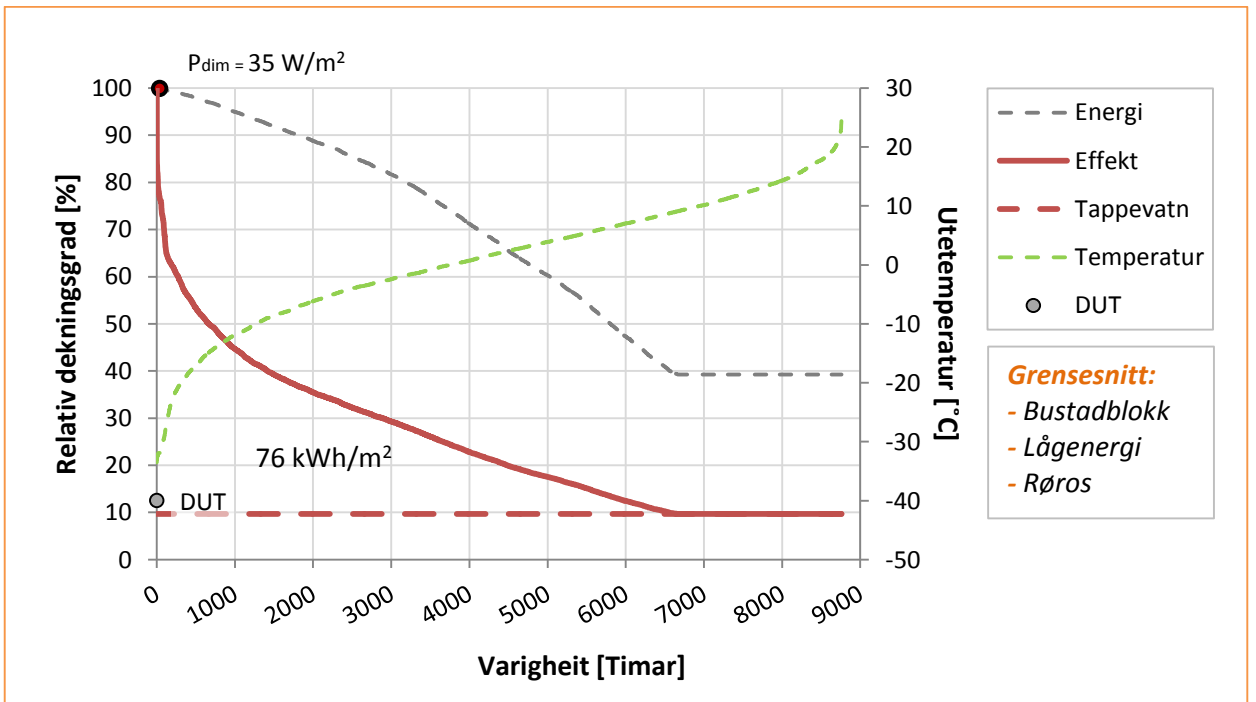
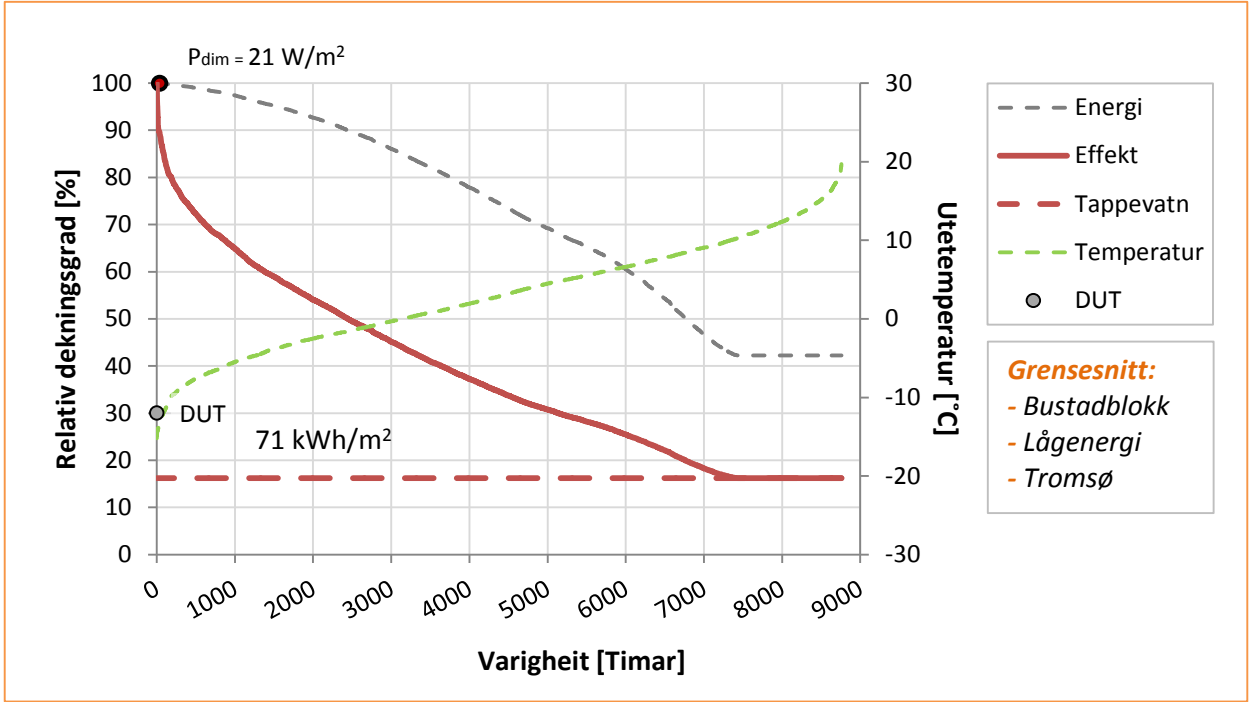
Bustadblokk

Effekt-varigheitsdiagram (oppvarming) for:

- › Bustadblokk
- › *Lågenergi-standard*
- › Oslo, Bergen, Trondheim, Tromsø og Røros



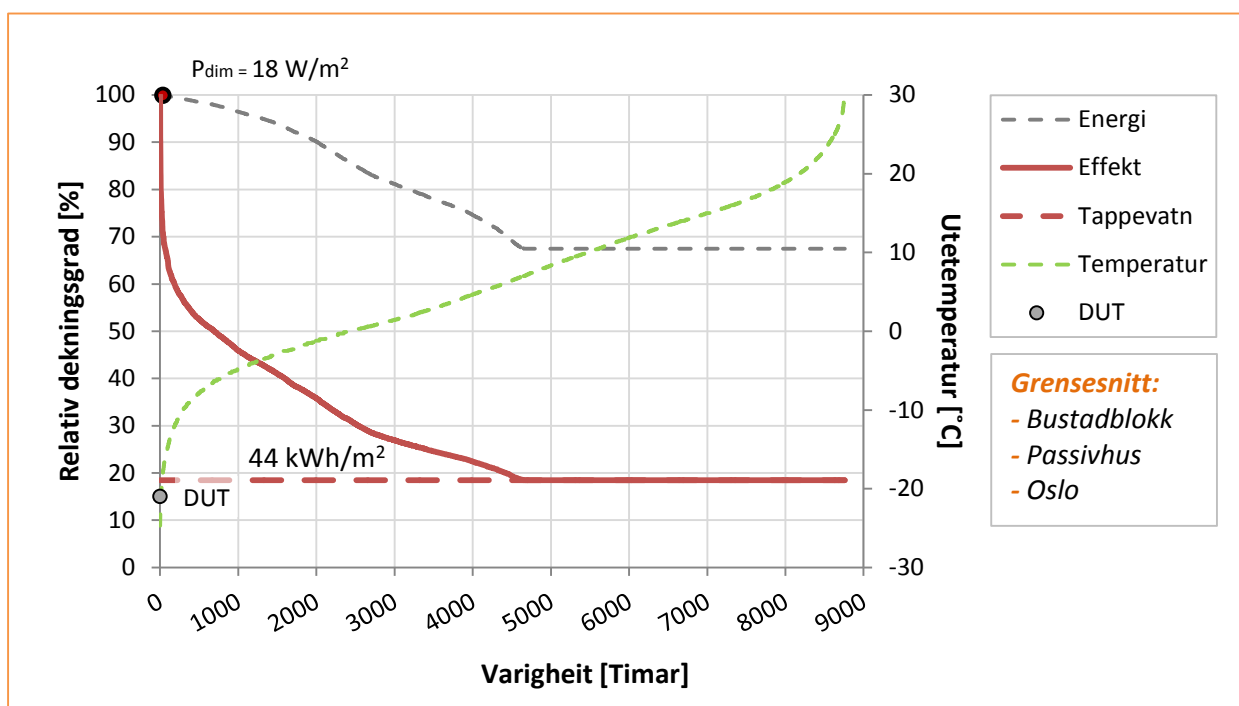


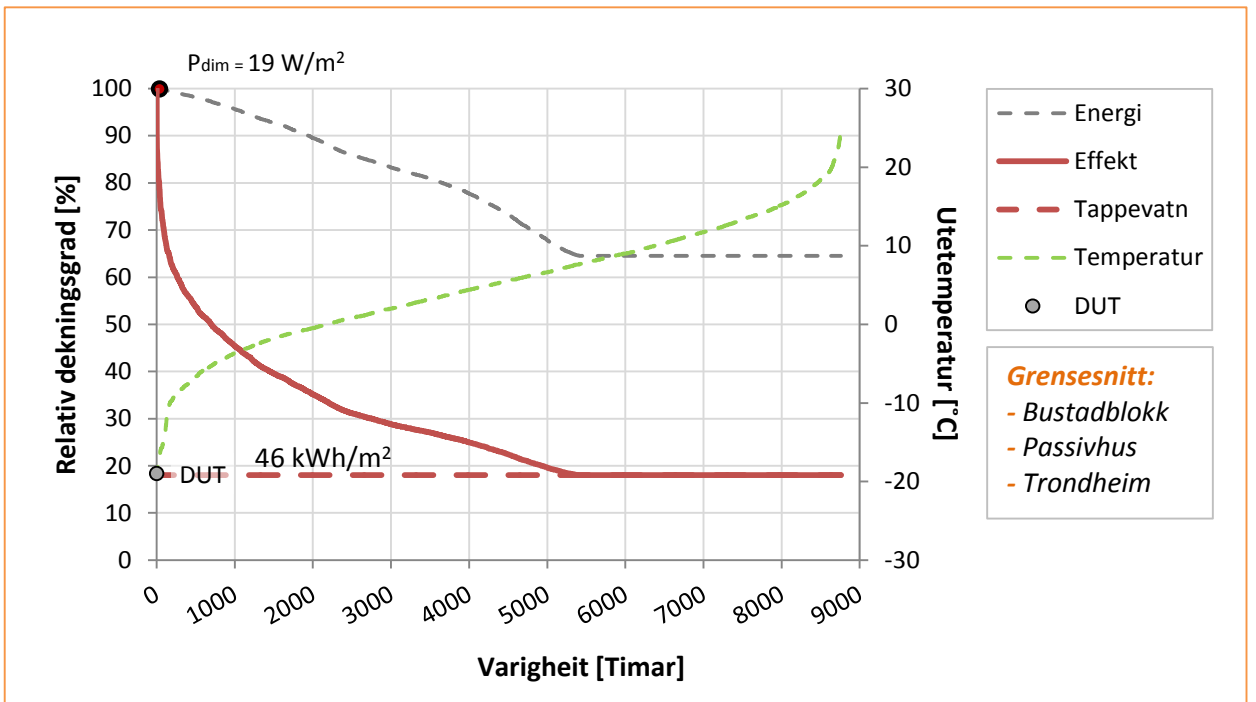
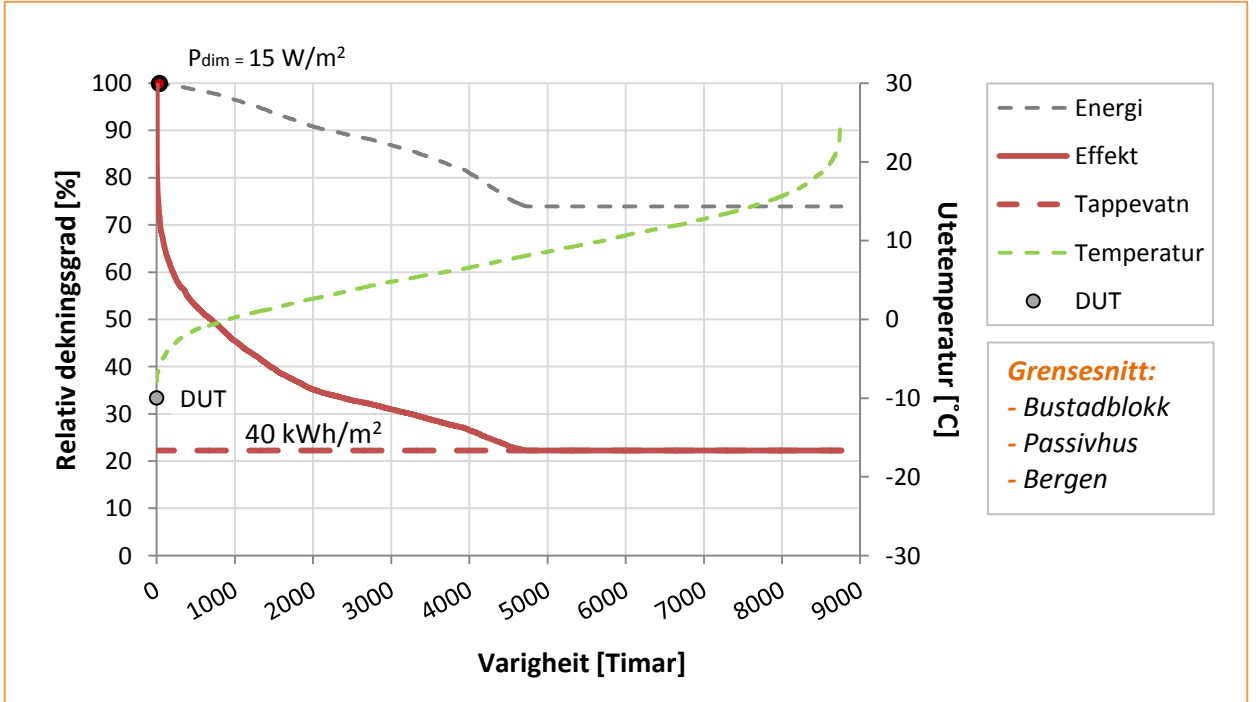


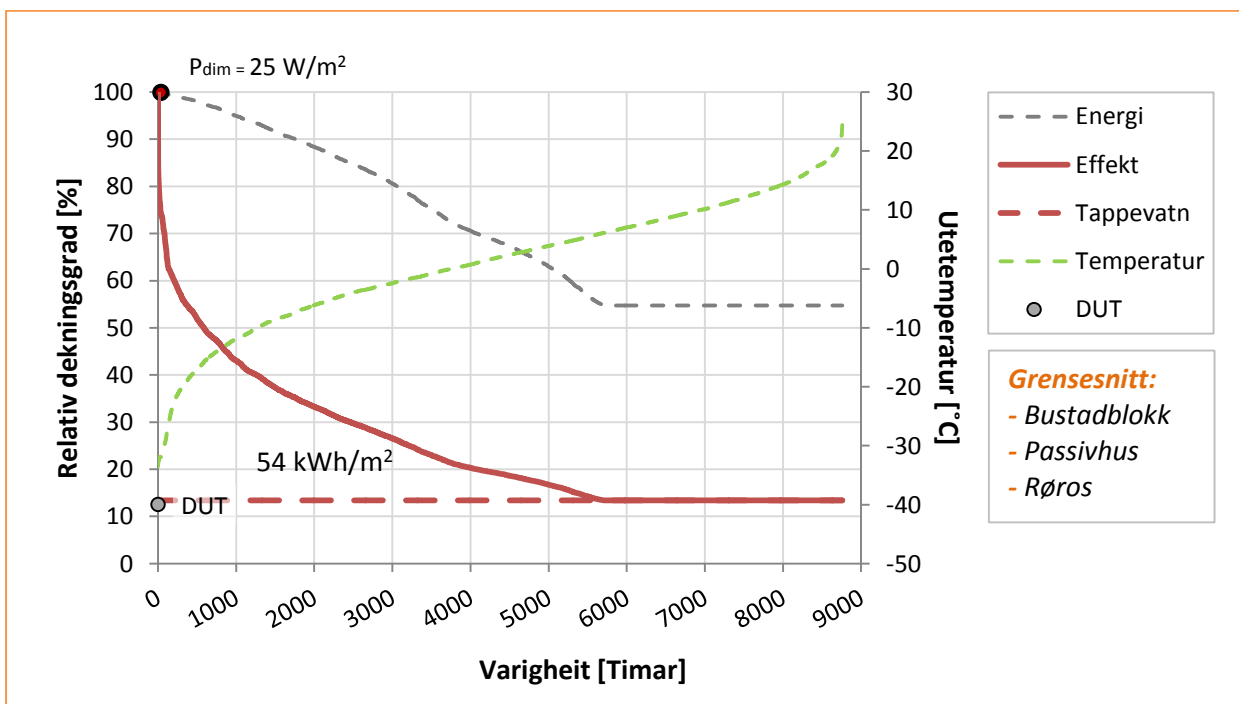
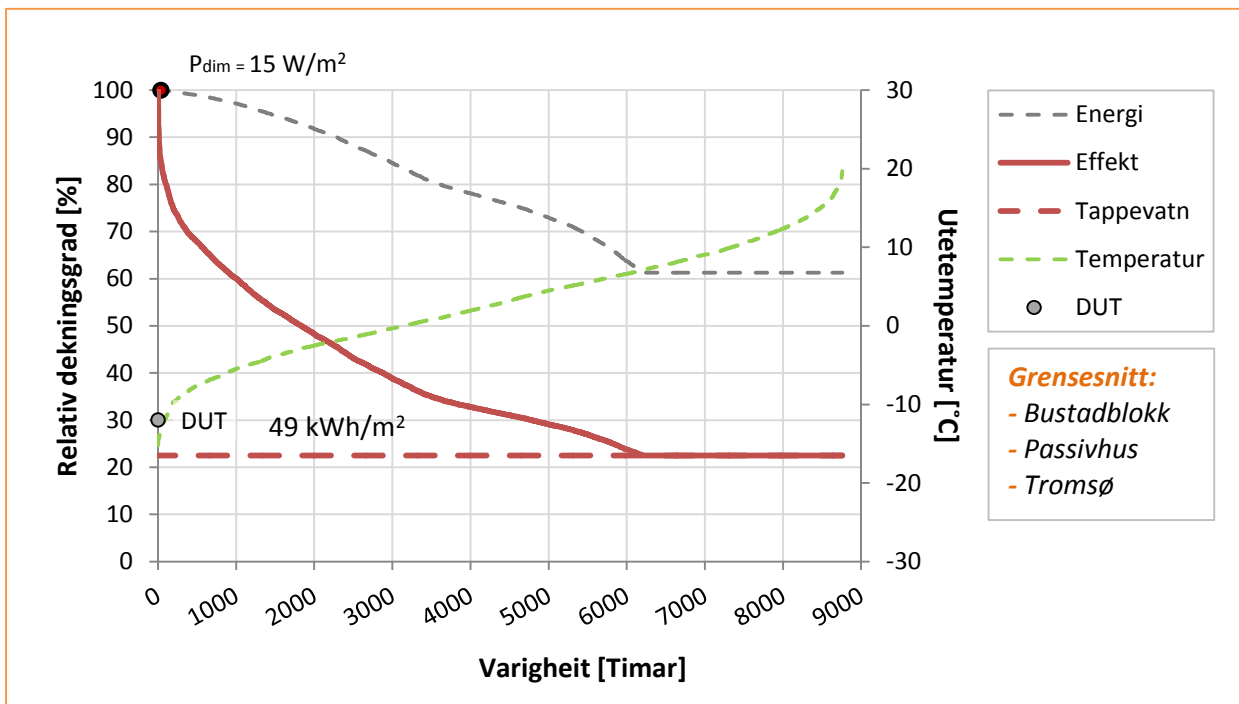
Bustadblokk

Effekt-varigheidsdiagram (oppvarming) for:

- › Bustadblokk
- › *Passivhus-standard*
- › Oslo, Bergen, Trondheim, Tromsø og Røros





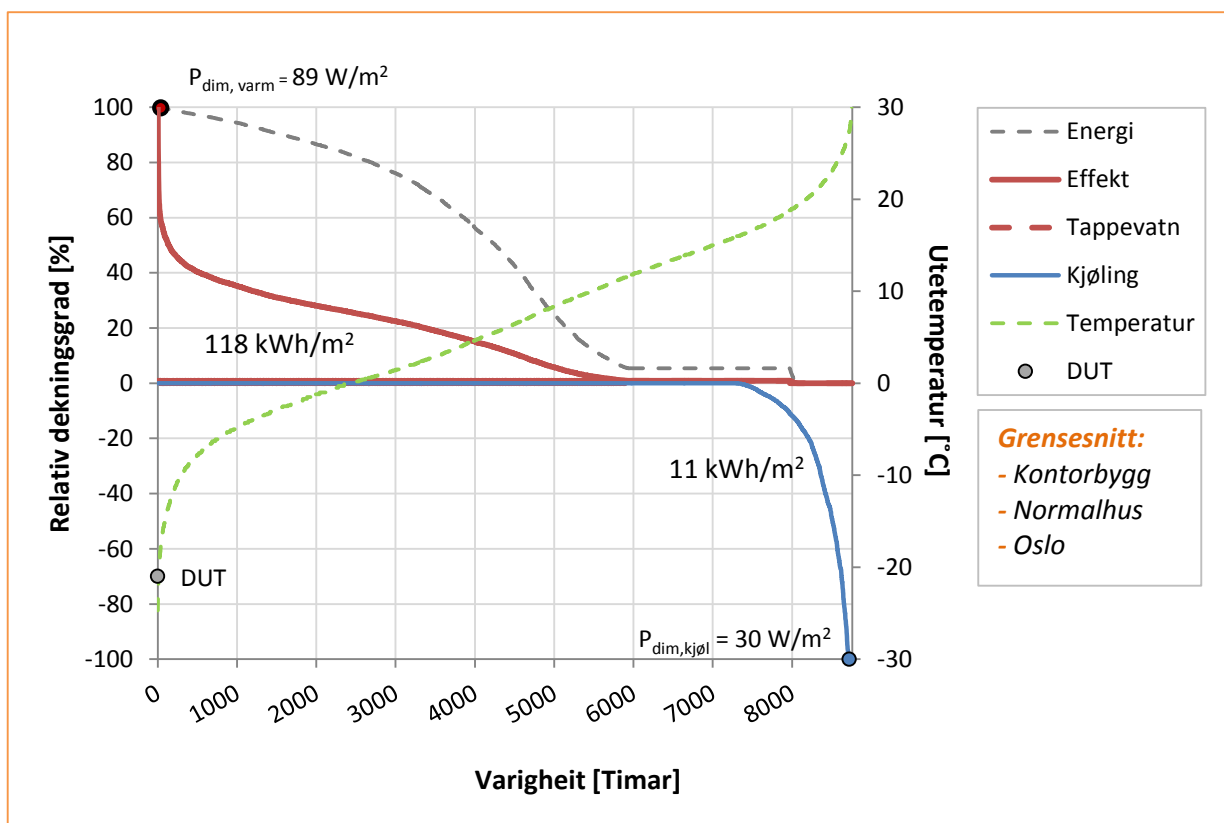


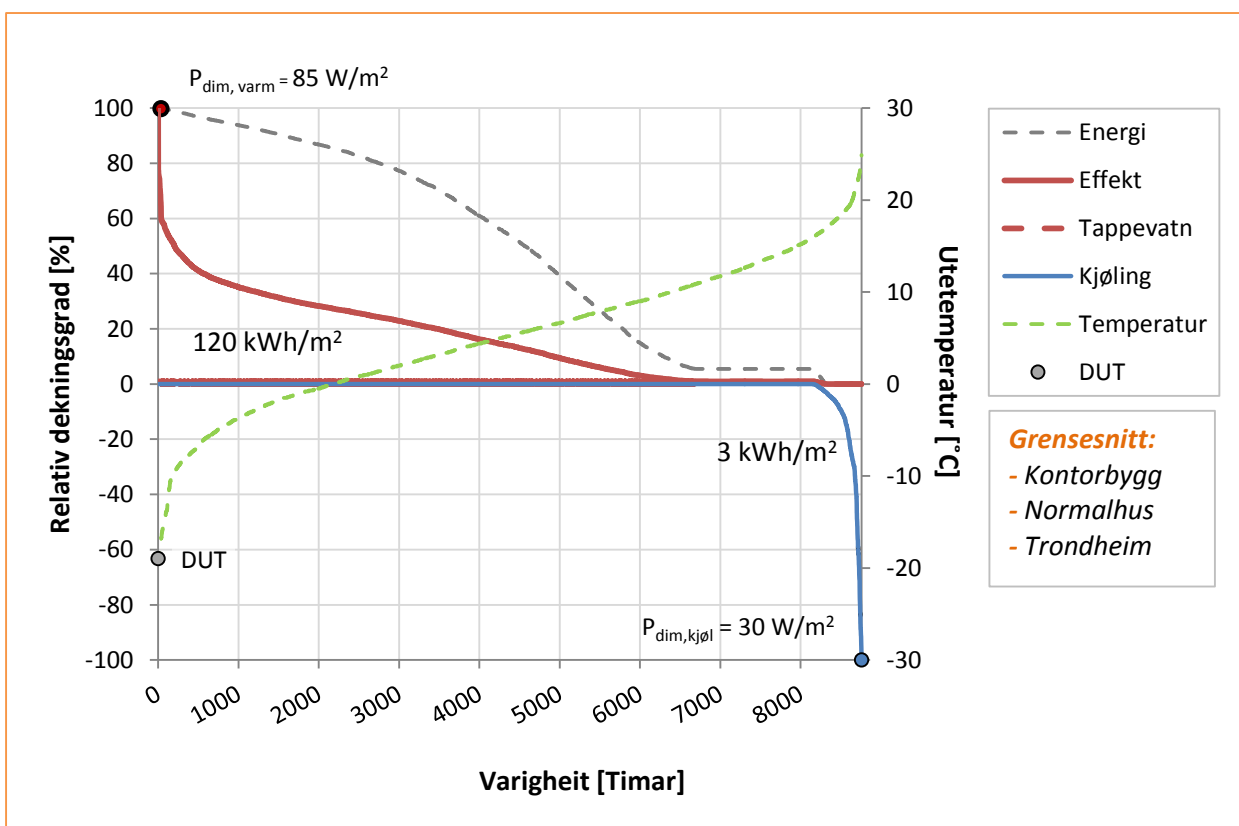
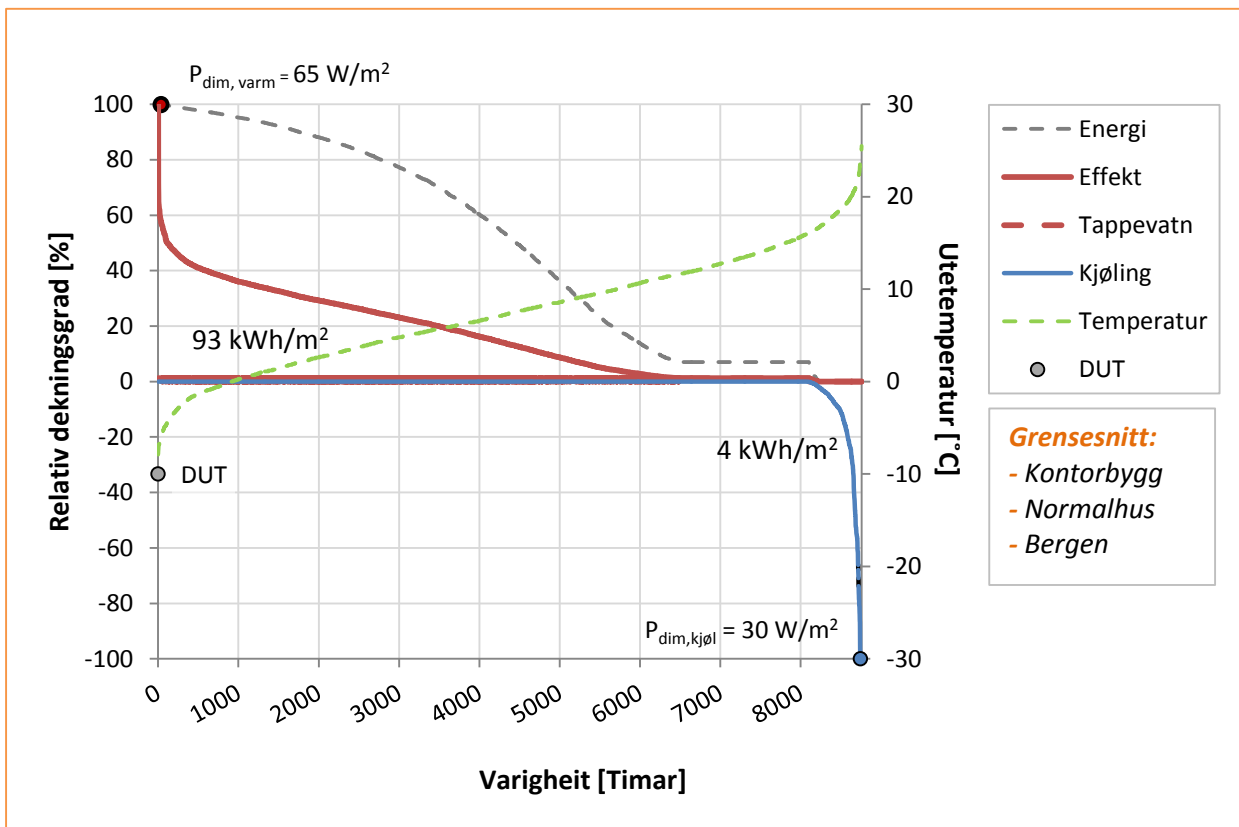
EFFEKT-VARIGHEITSDIAGRAM (3)

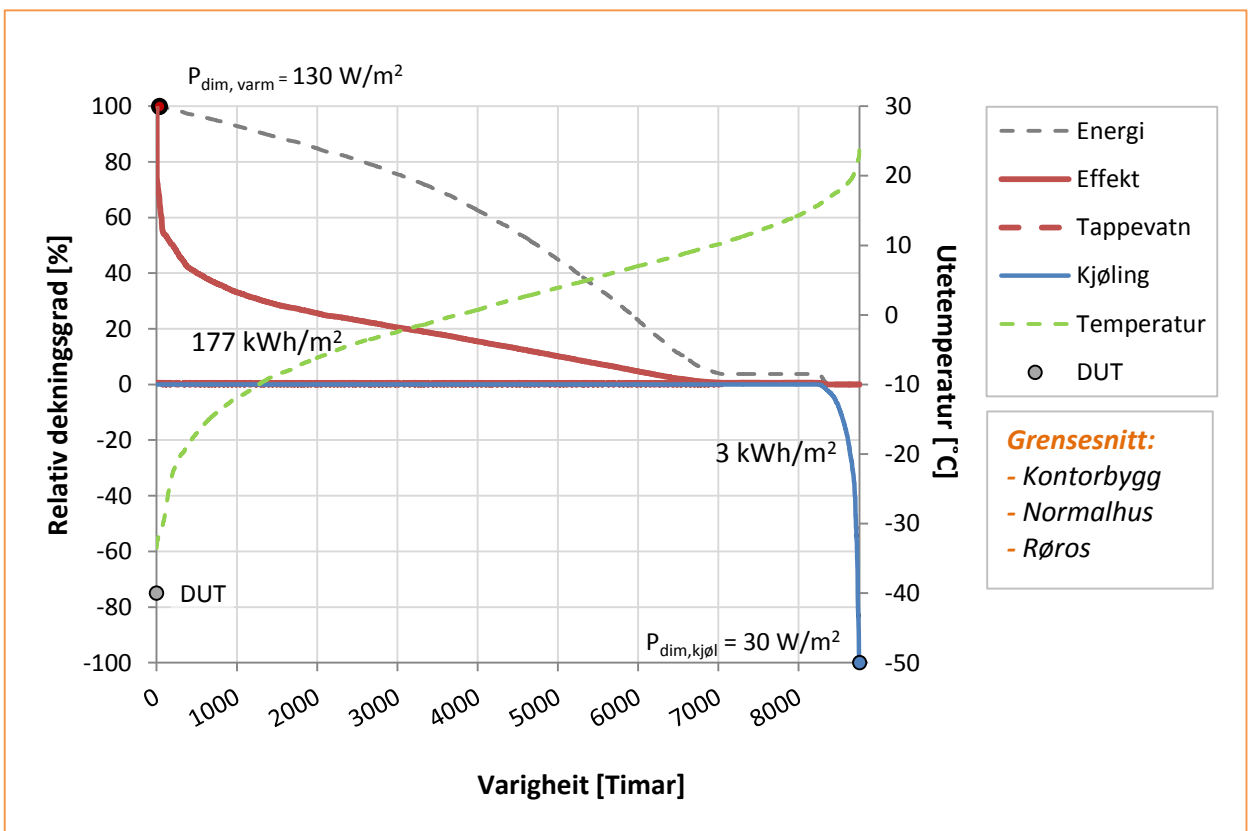
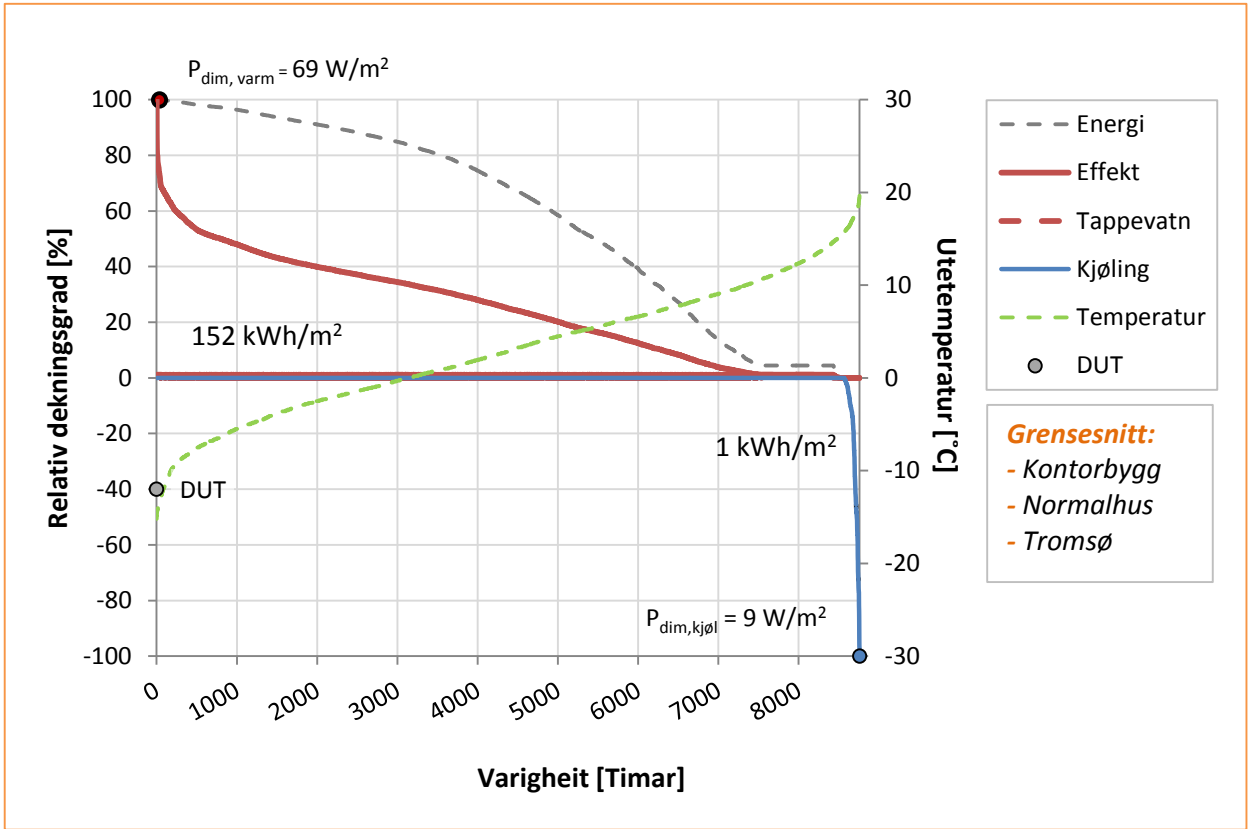
Kontorbygg

Effekt-varigheitsdiagram (oppvarming og kjøling) for:

- > Kontorbygg
- > Normalhus-standard
- > Oslo, Bergen, Trondheim, Tromsø og Røros



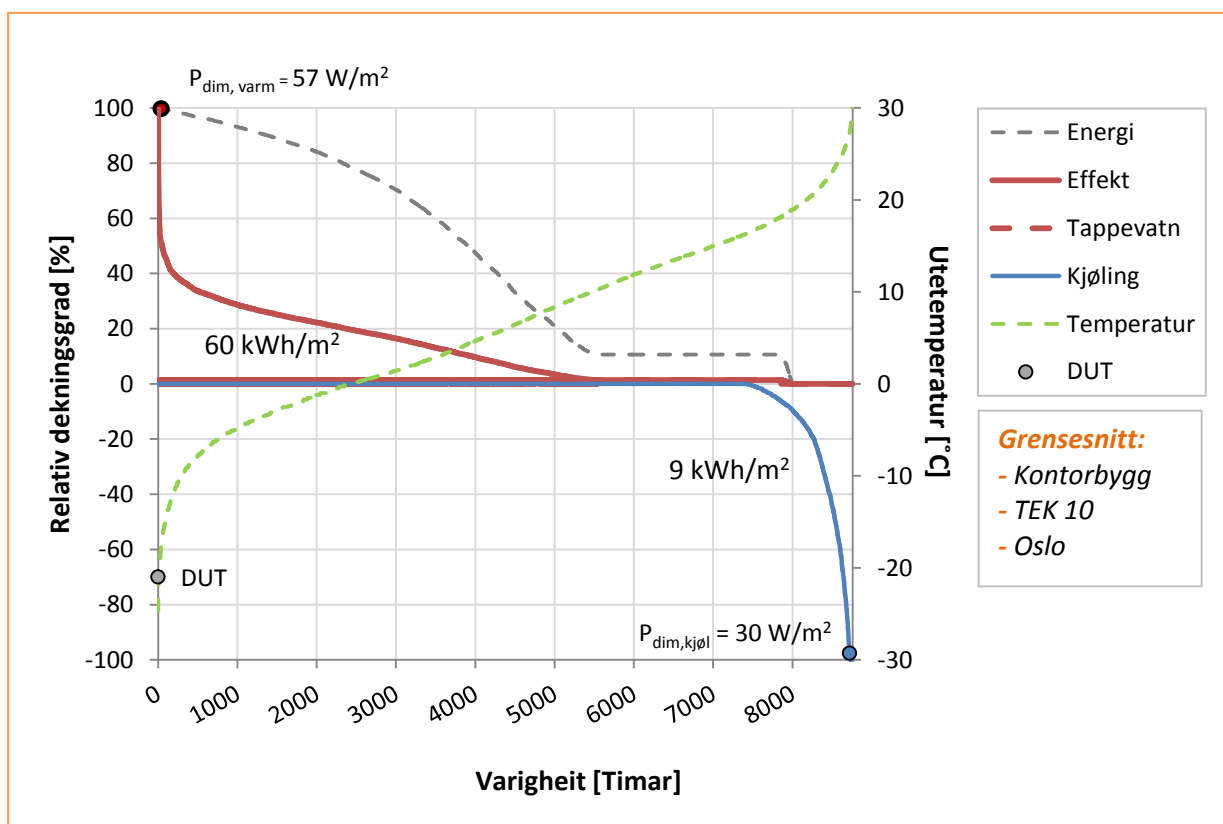


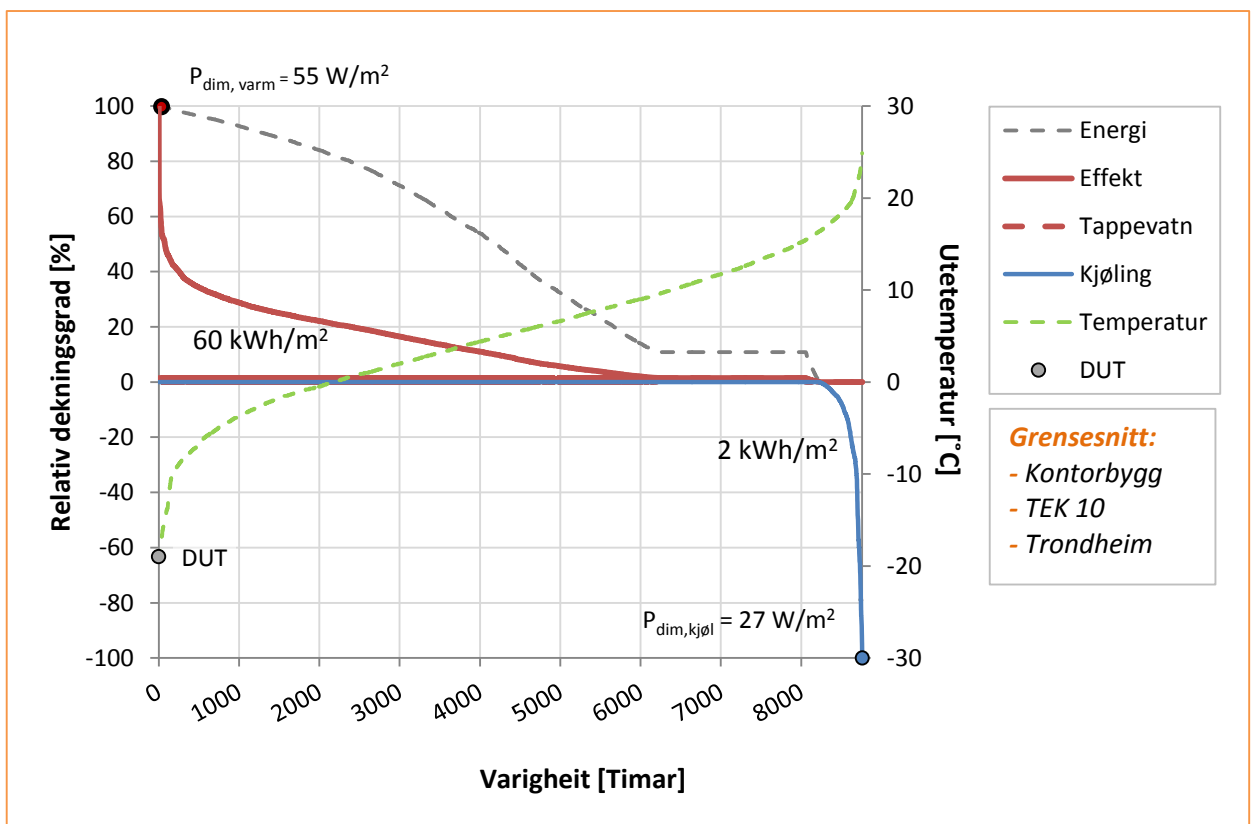
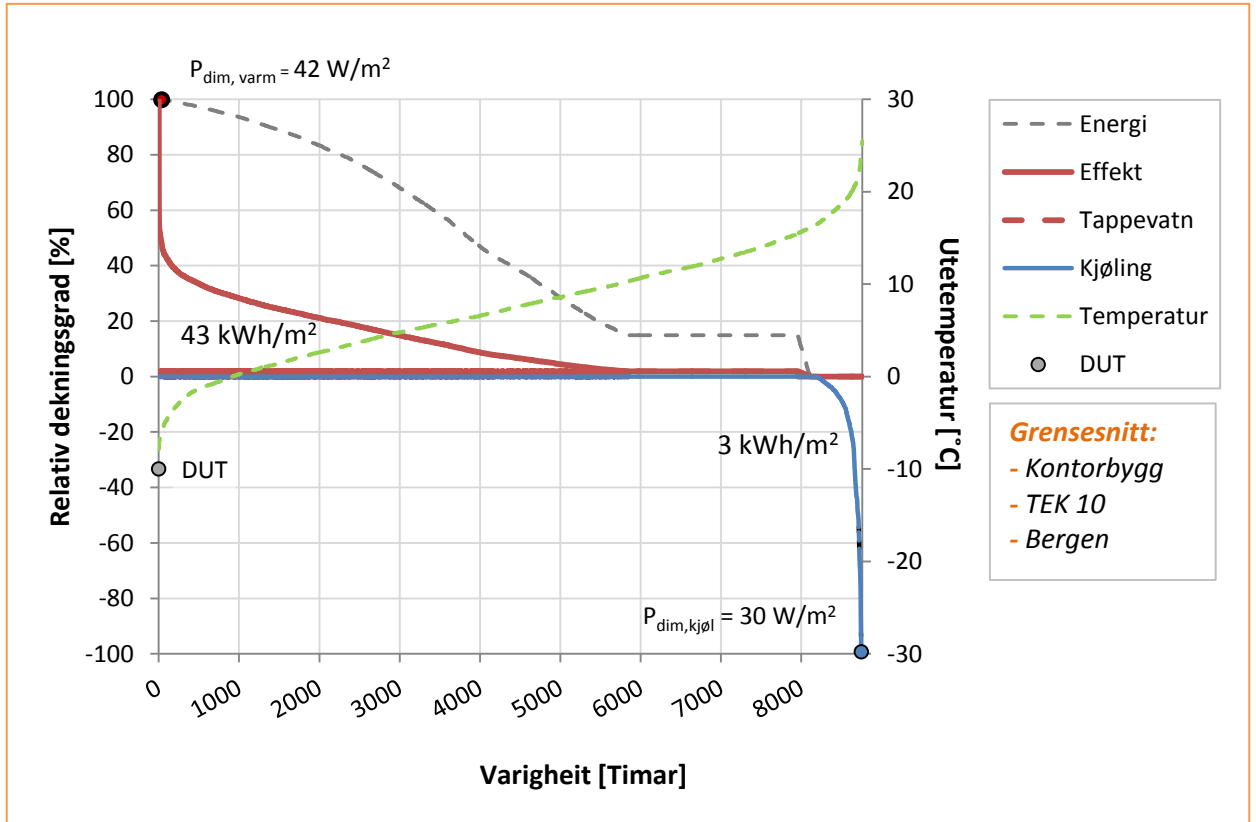


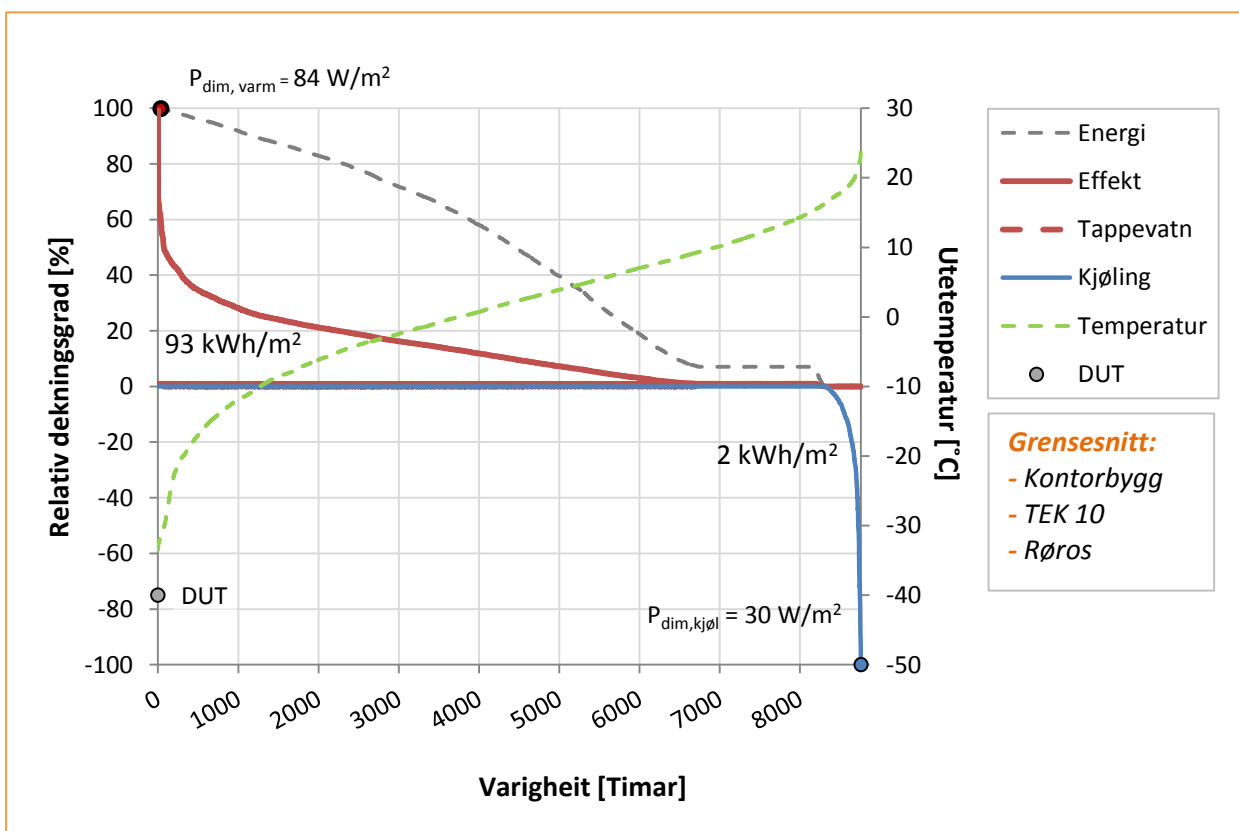
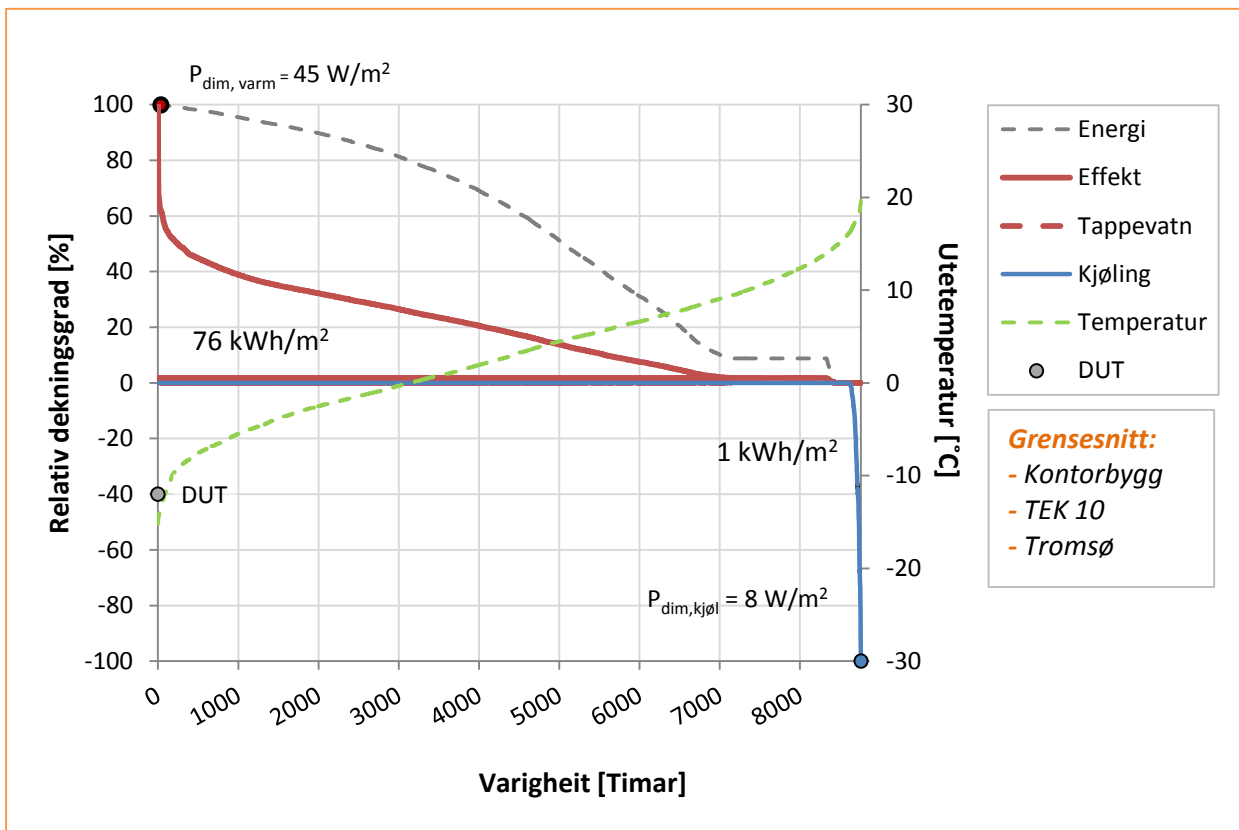
Kontorbygg

Effekt-varigheidsdiagram (oppvarming og kjøling) for:

- › Kontorbygg
- › TEK10-standard
- › Oslo, Bergen, Trondheim, Tromsø og Røros



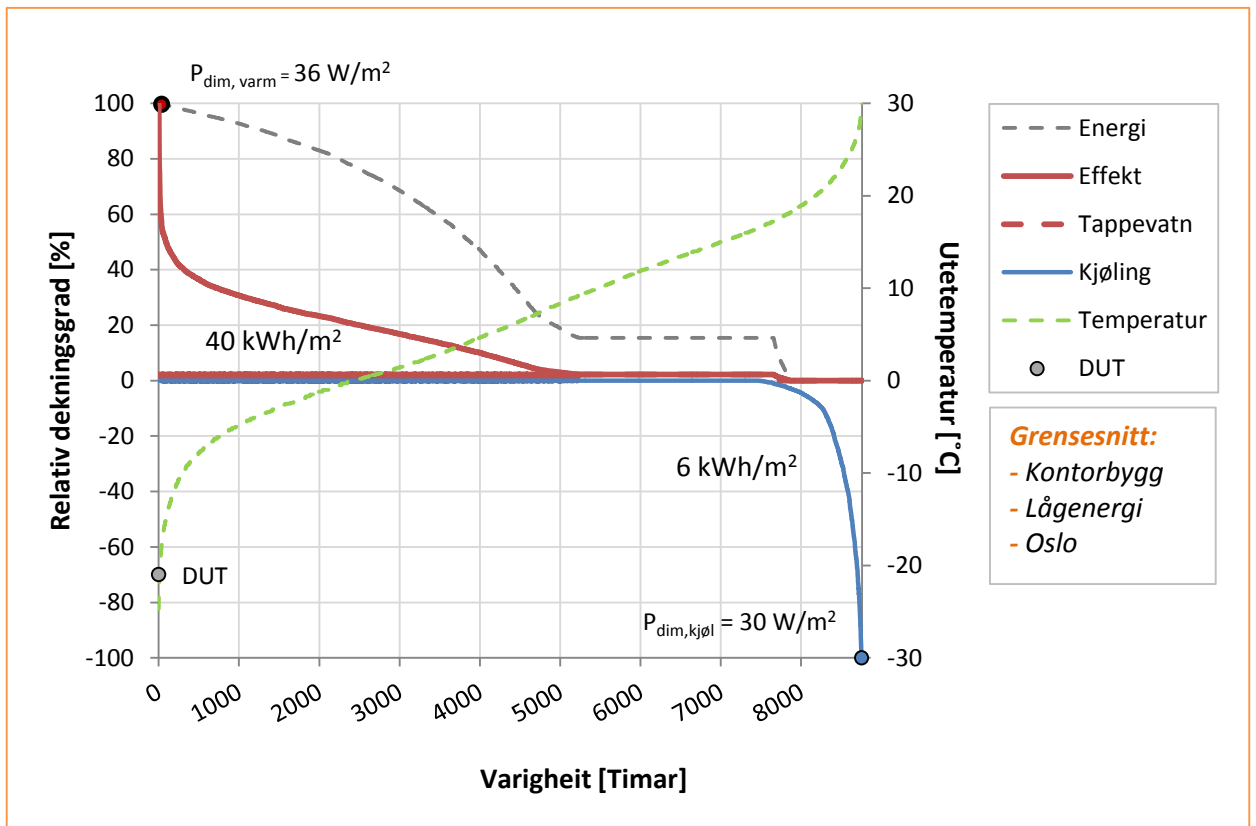


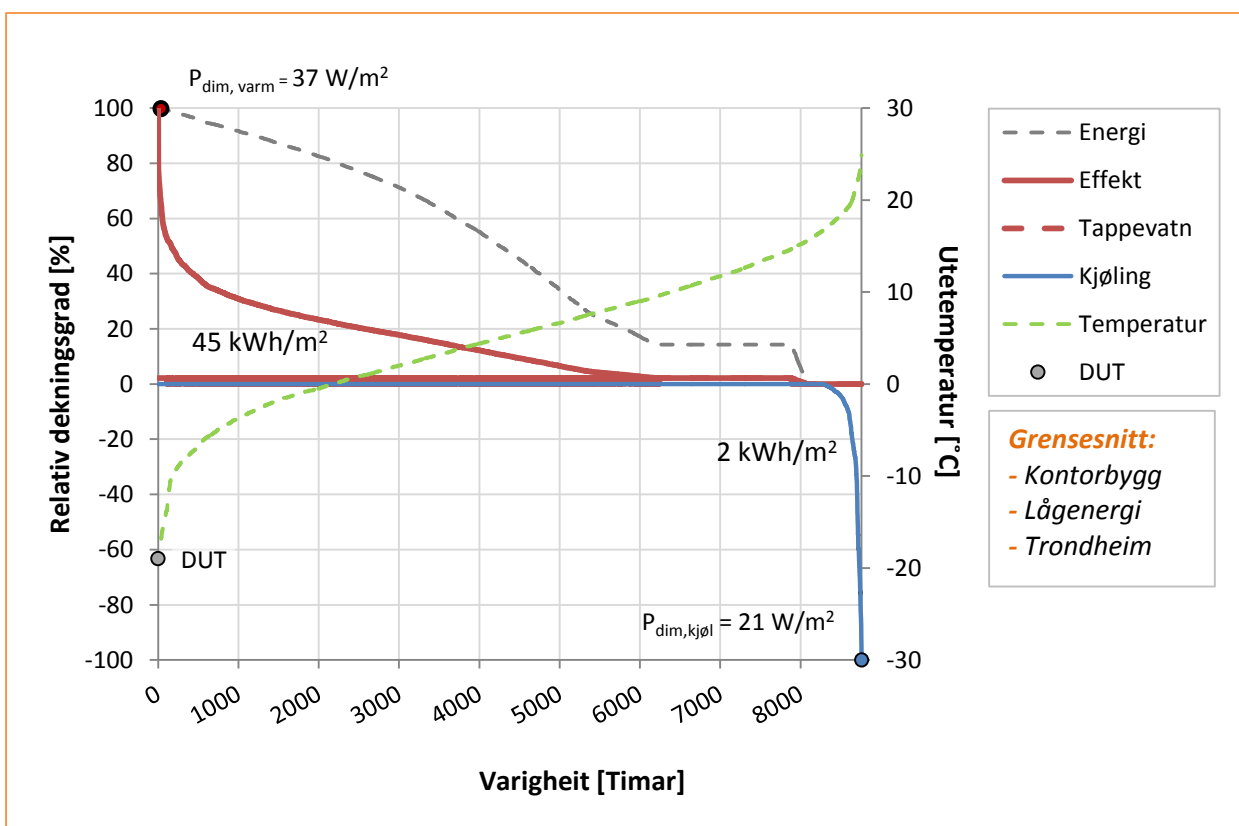
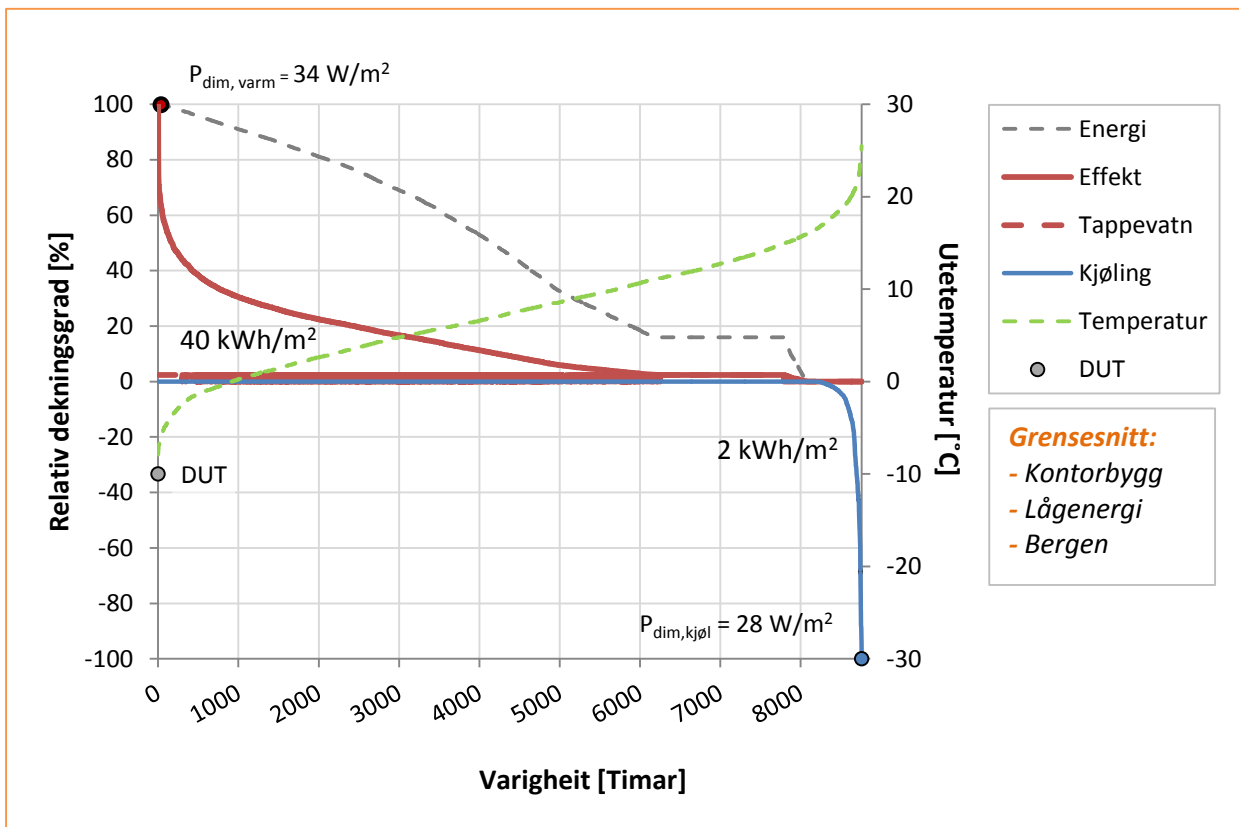


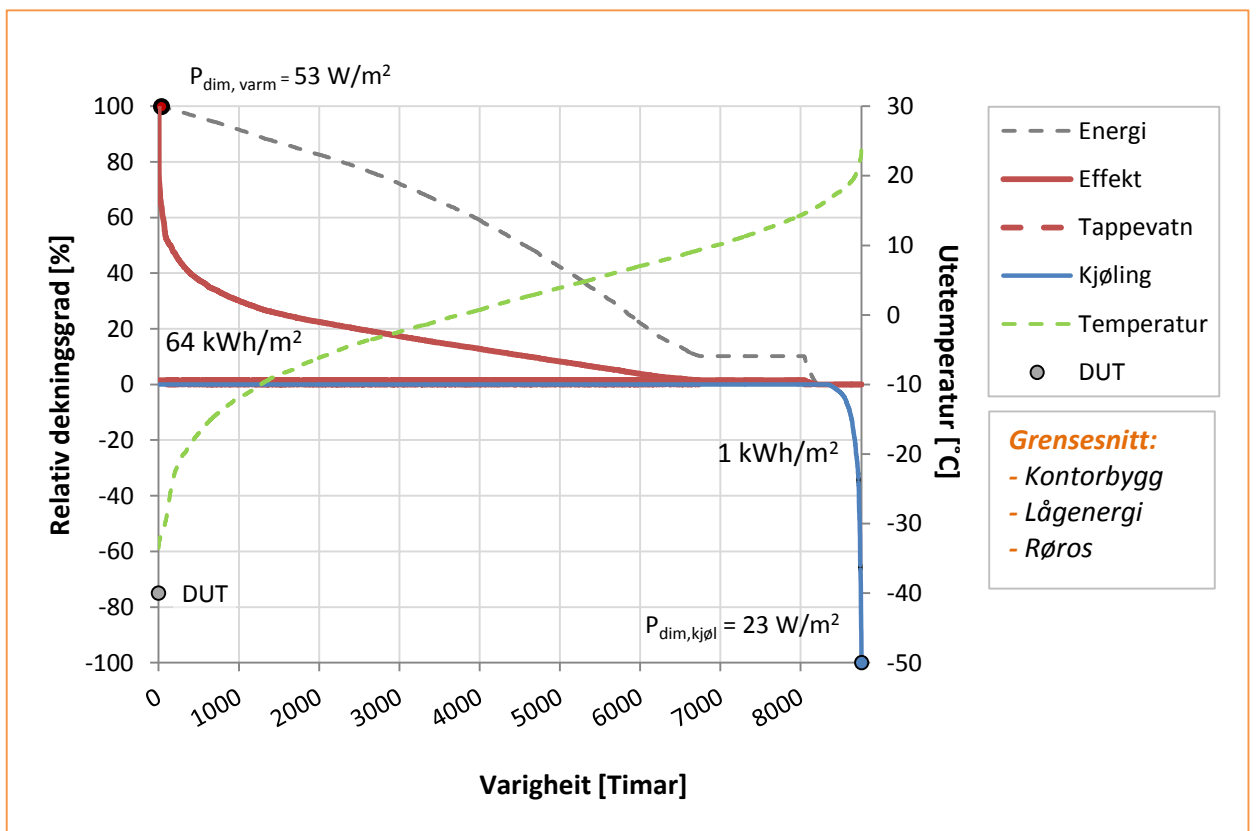
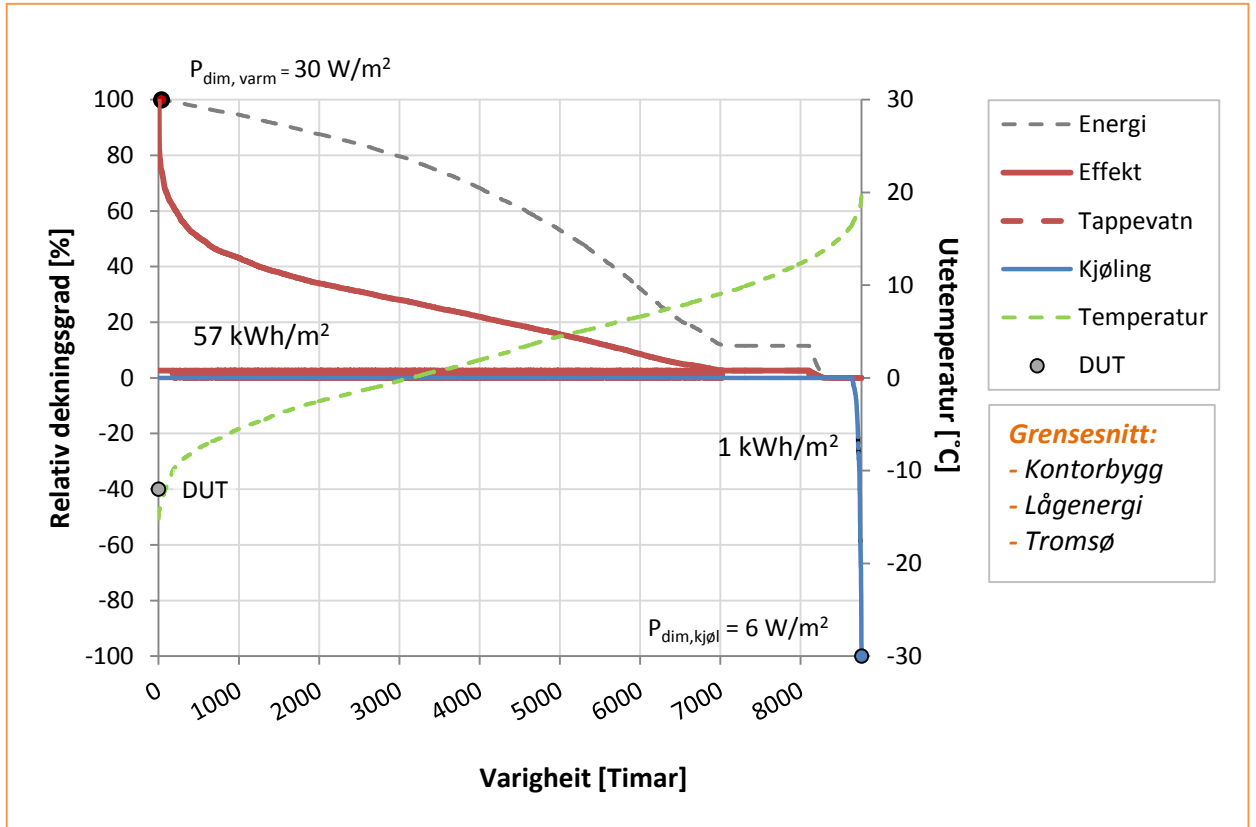
Kontorbygg

Effekt-varigheitsdiagram (oppvarming og kjøling) for:

- > Kontorbygg
- > *Lågenergi-standard*
- > Oslo, Bergen, Trondheim, Tromsø og Røros



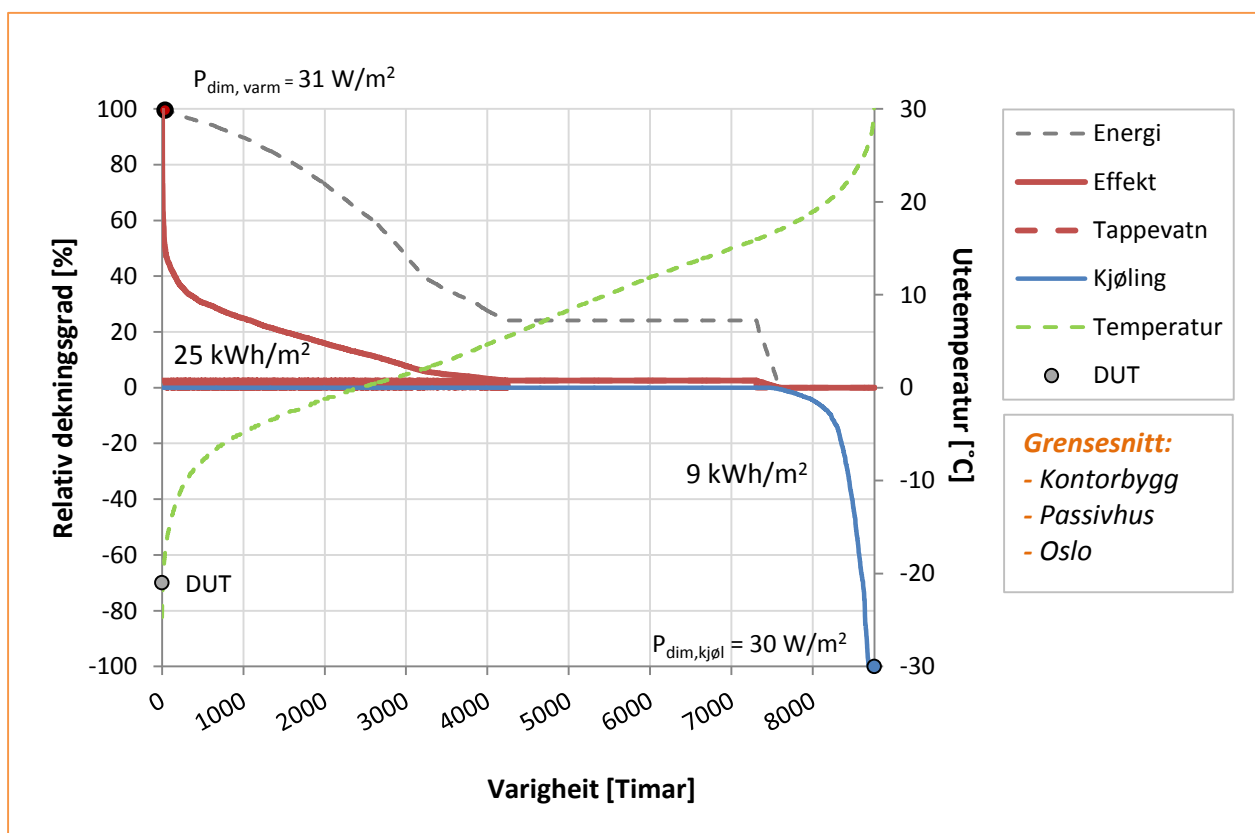


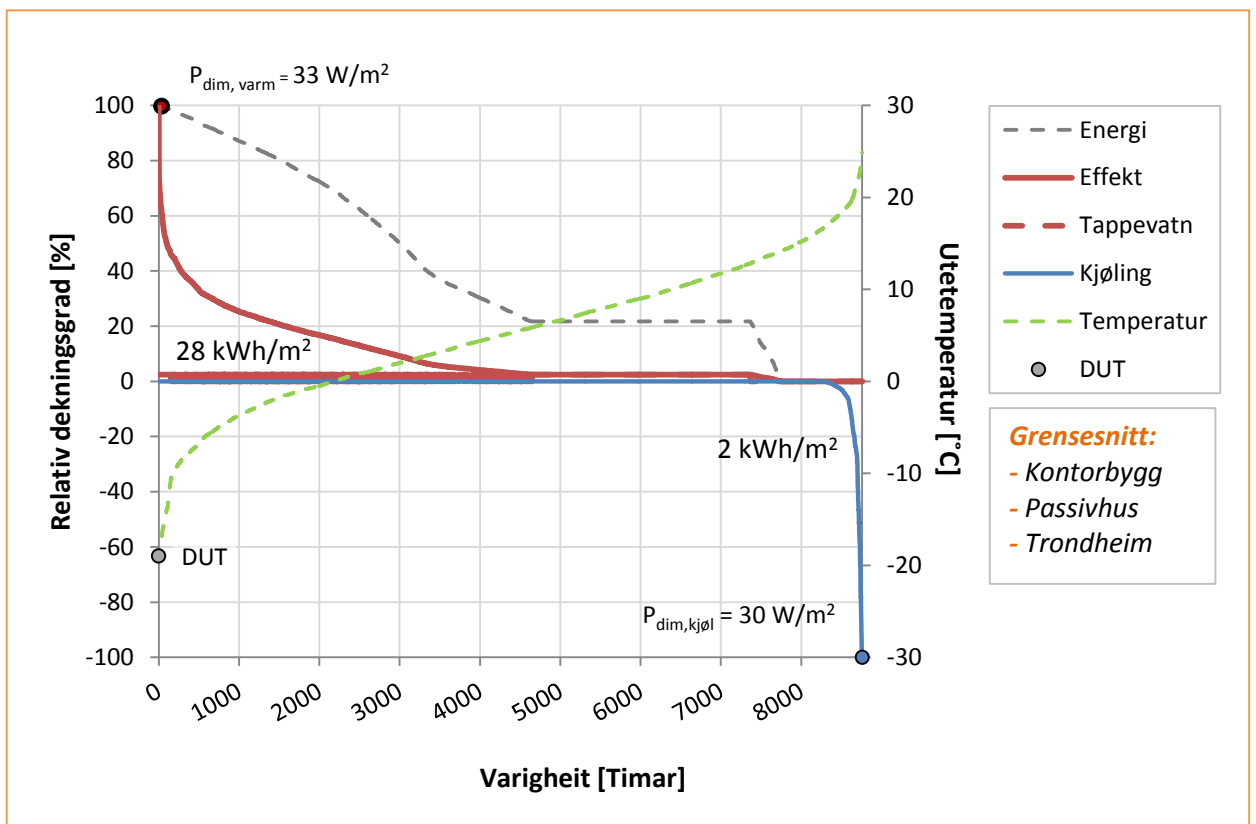
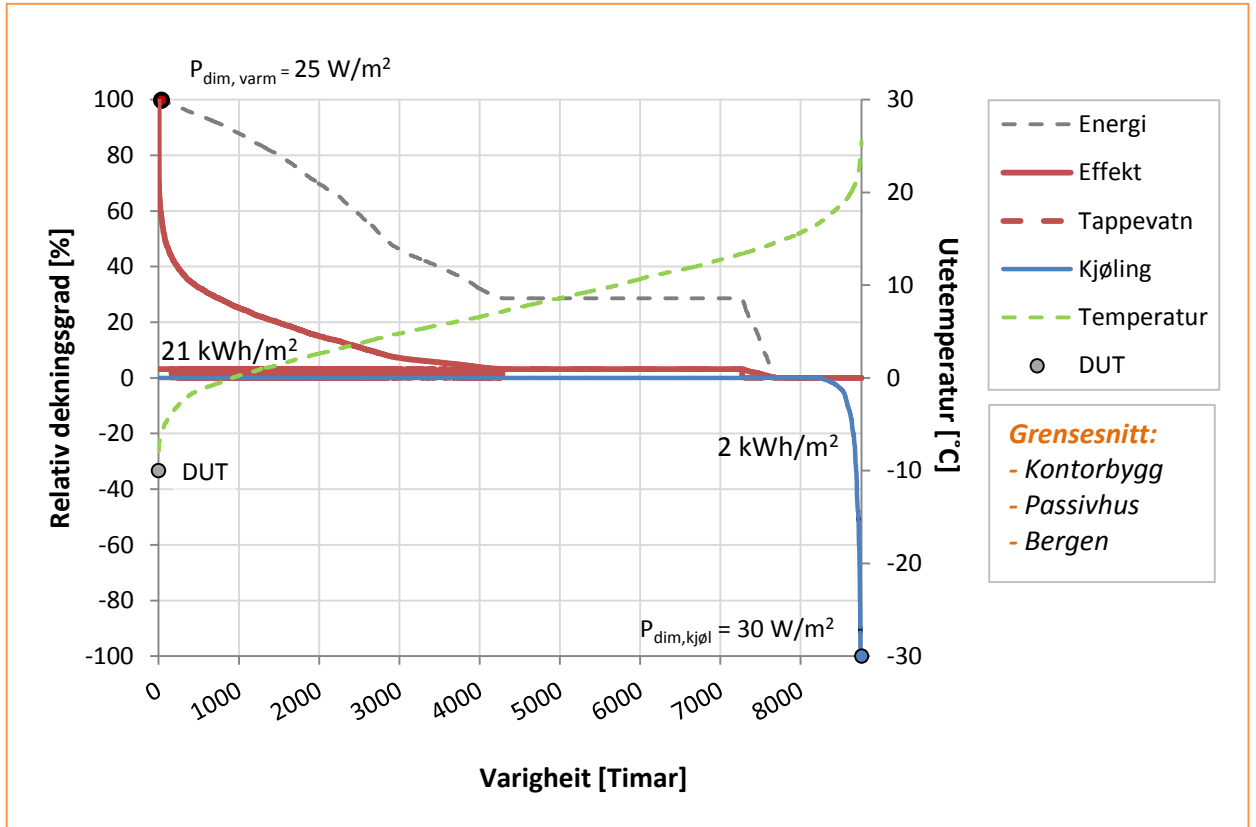


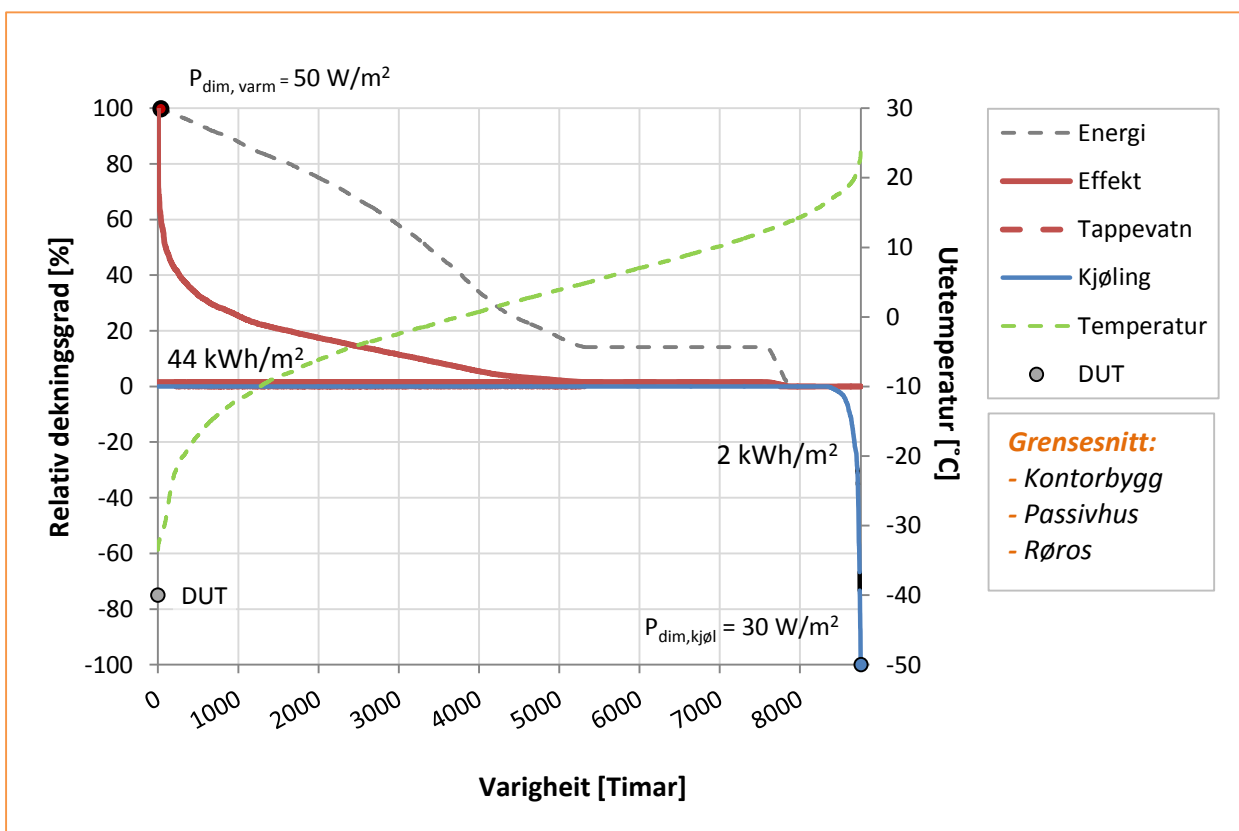
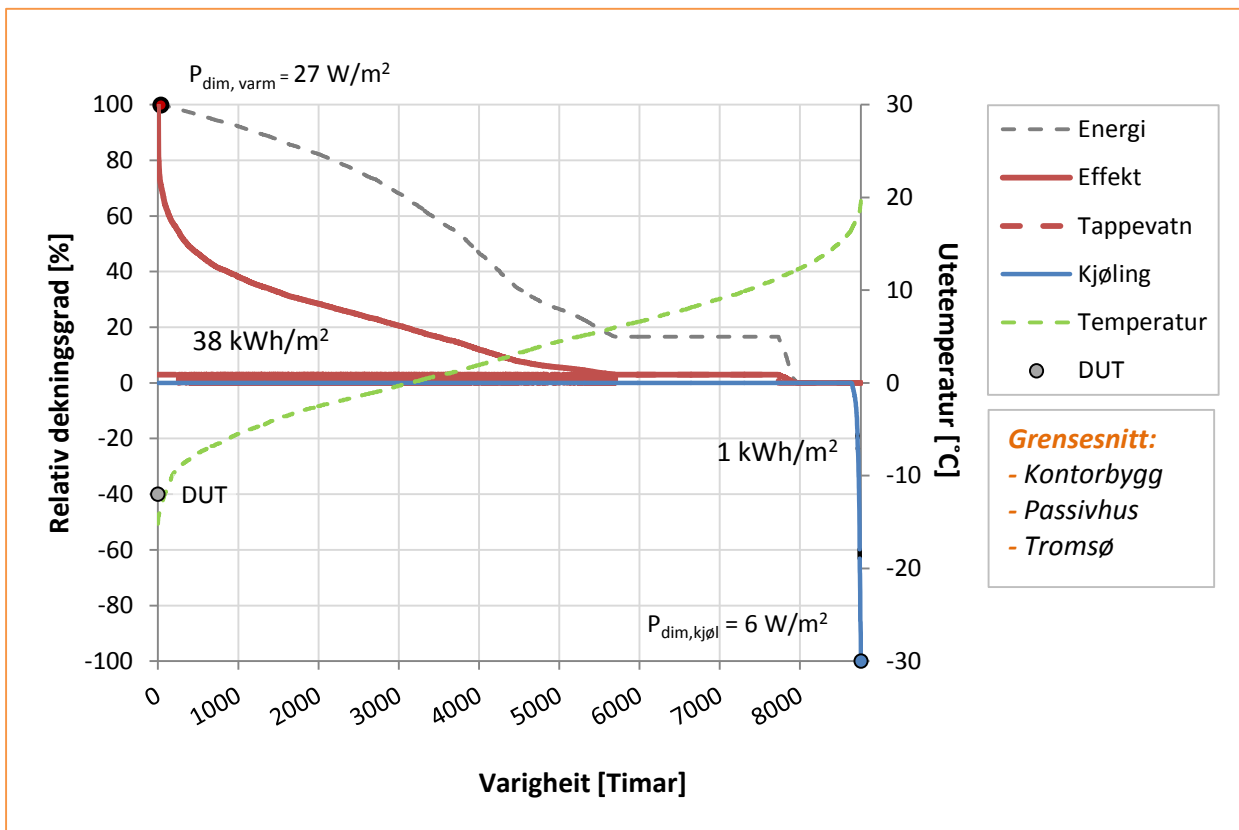
Kontorbygg

Effekt-varigheidsdiagram (oppvarming og kjøling) for:

- › Kontorbygg
- › *Passivhus-standard*
- › Oslo, Bergen, Trondheim, Tromsø og Røros





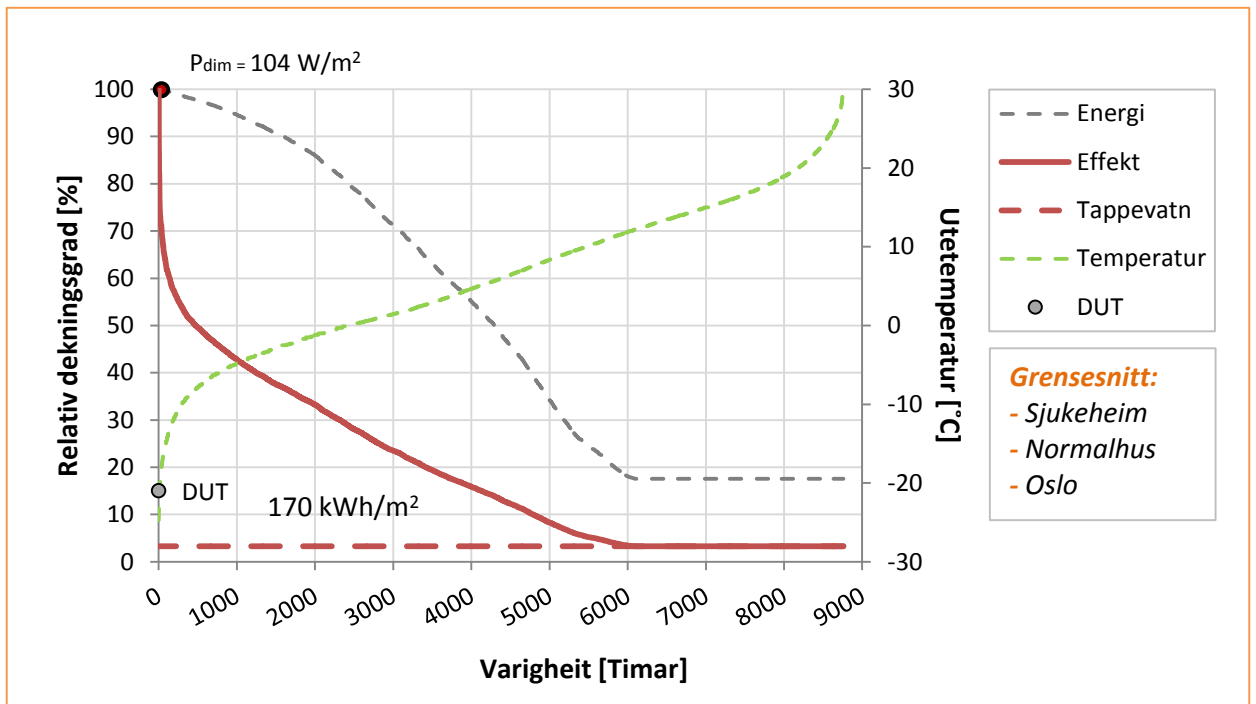


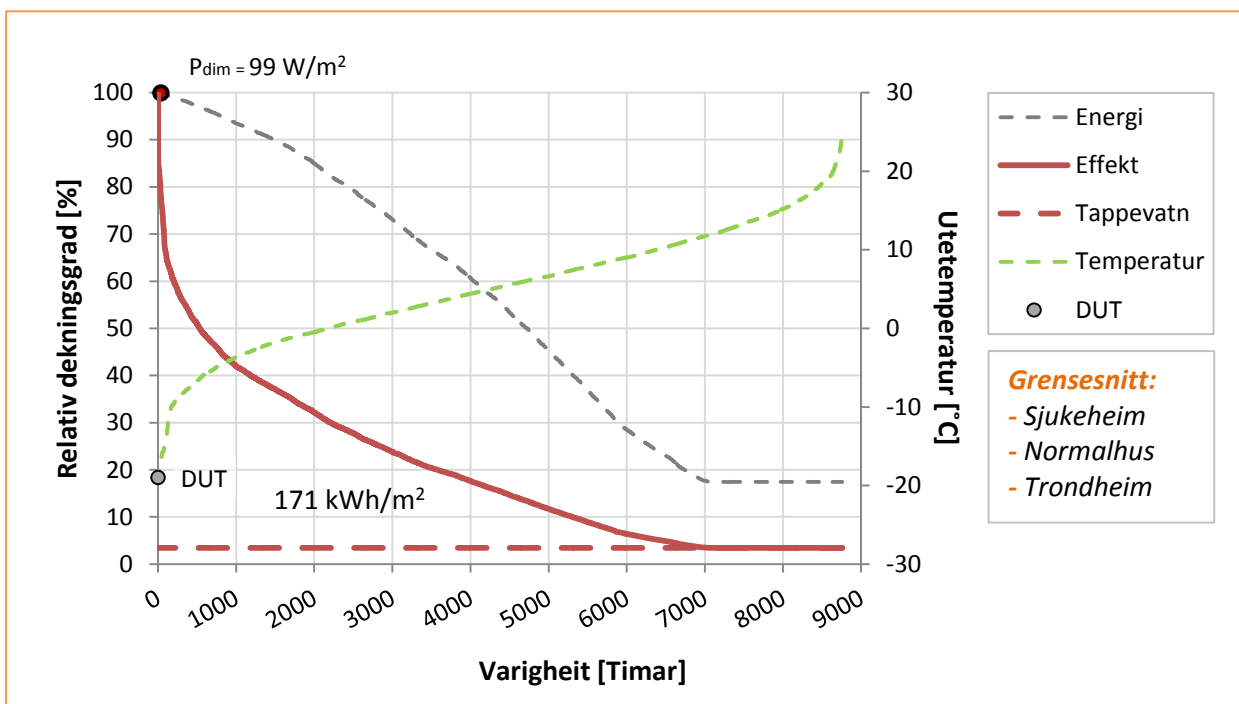
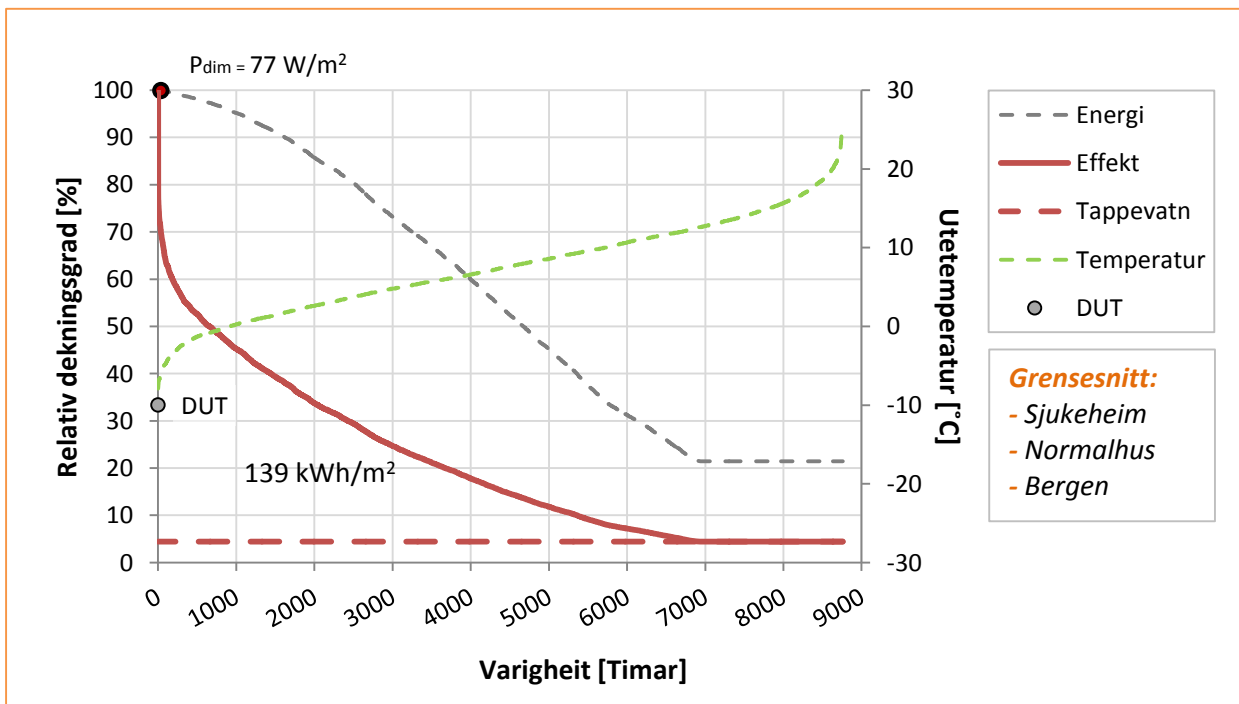
EFFEKT-VARIGHEITSDIAGRAM (4)

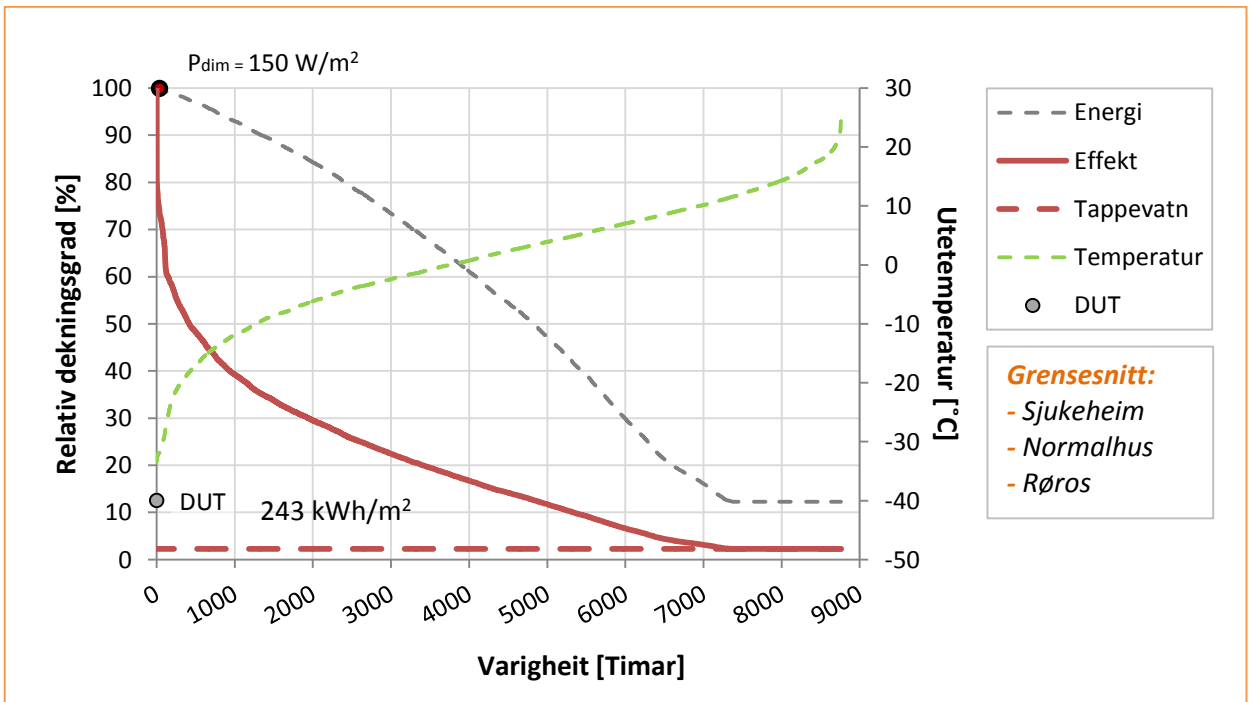
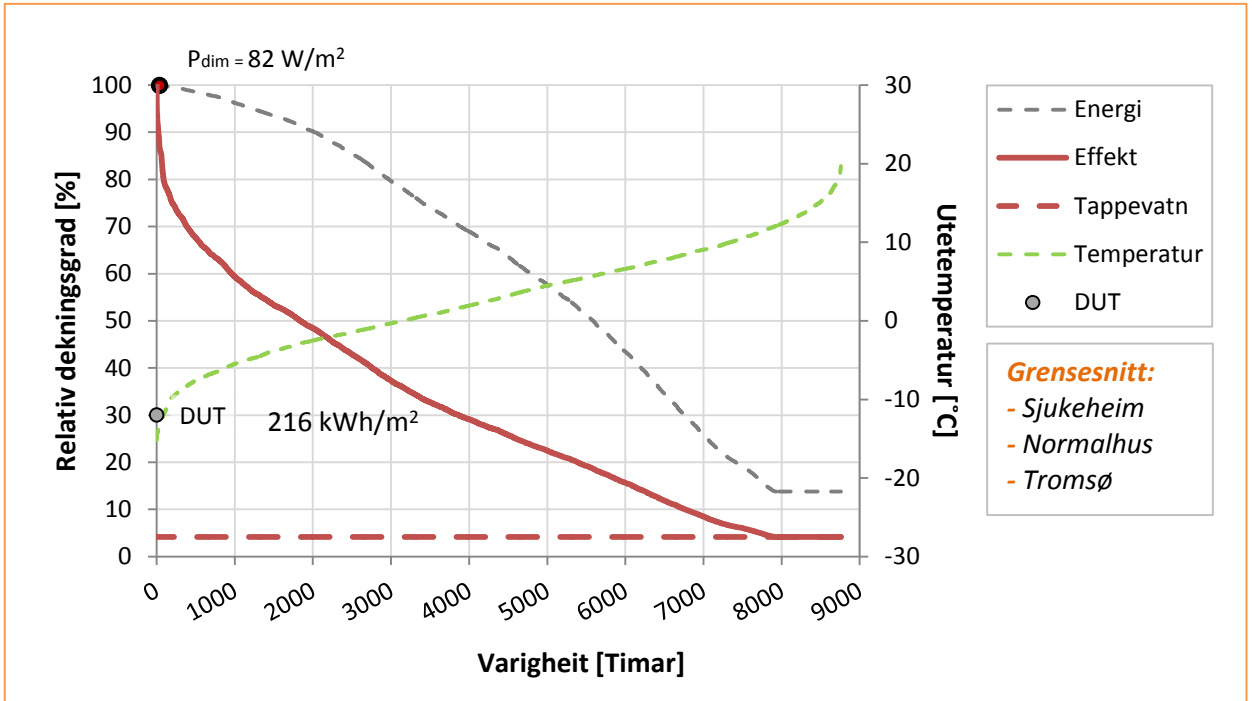
Sjukeheim

Effekt-varigheitsdiagram (oppvarming) for:

- > Sjukeheim
- > Normalhus-standard
- > Oslo, Bergen, Trondheim, Tromsø og Røros



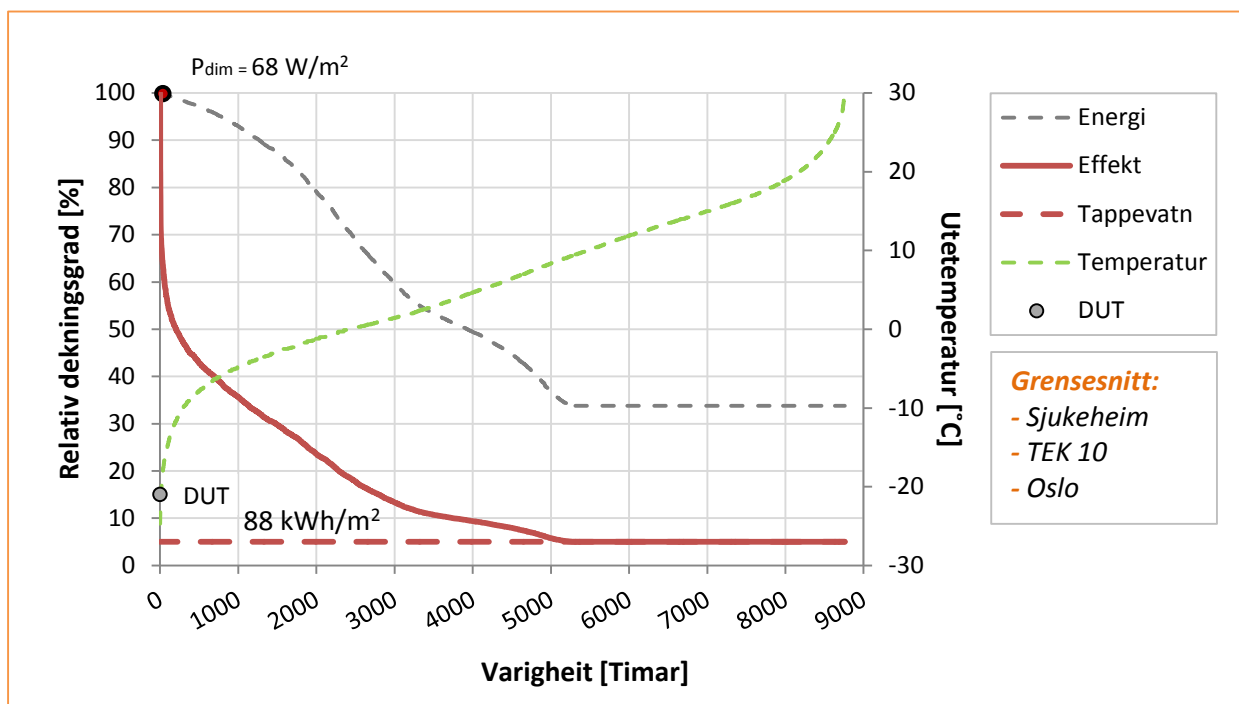


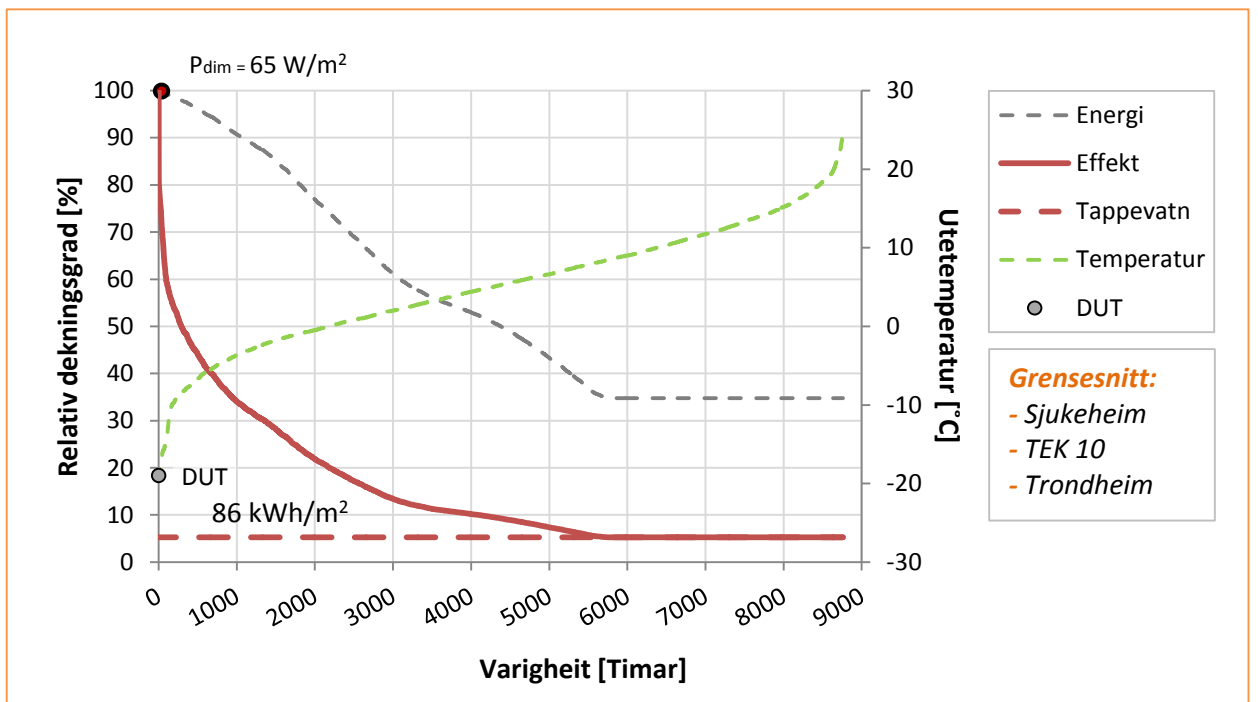
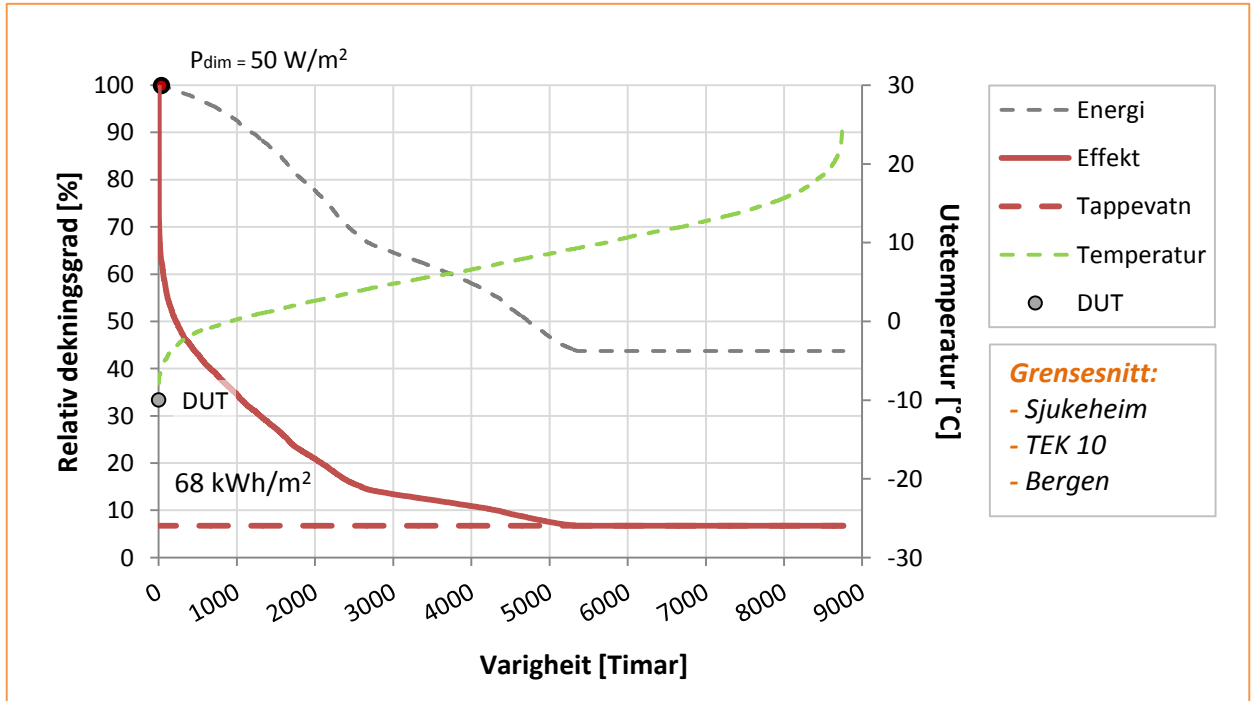


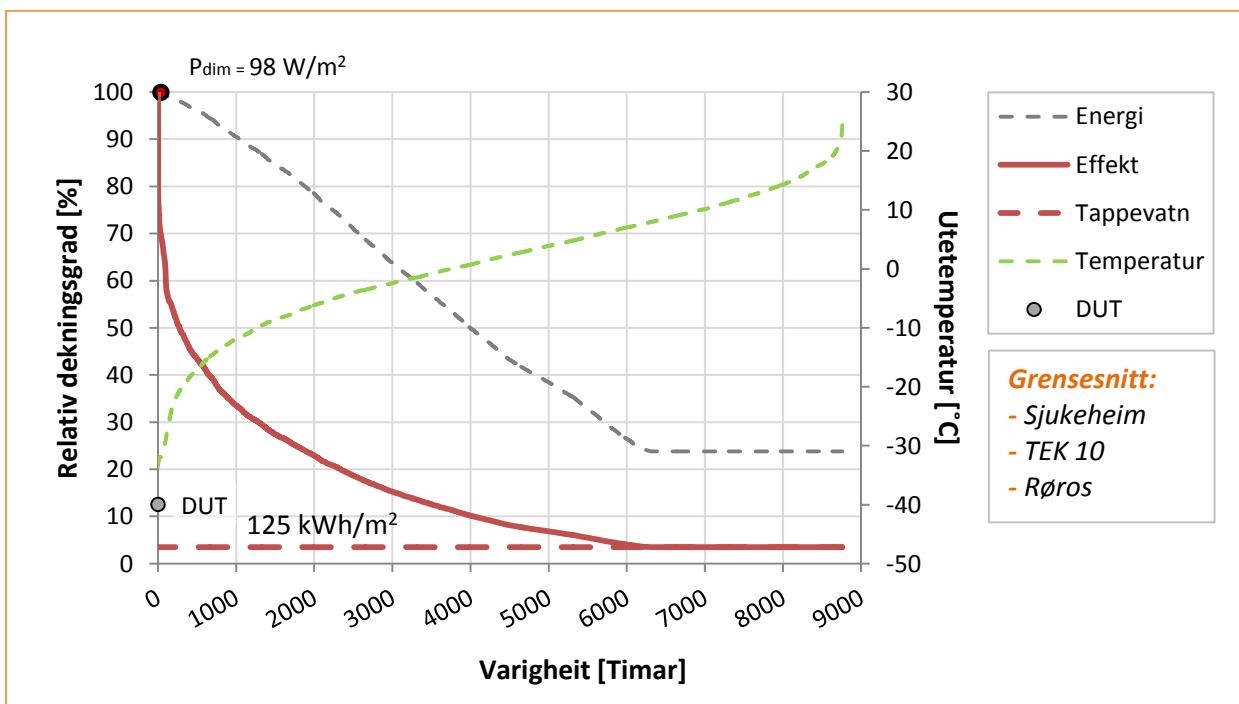
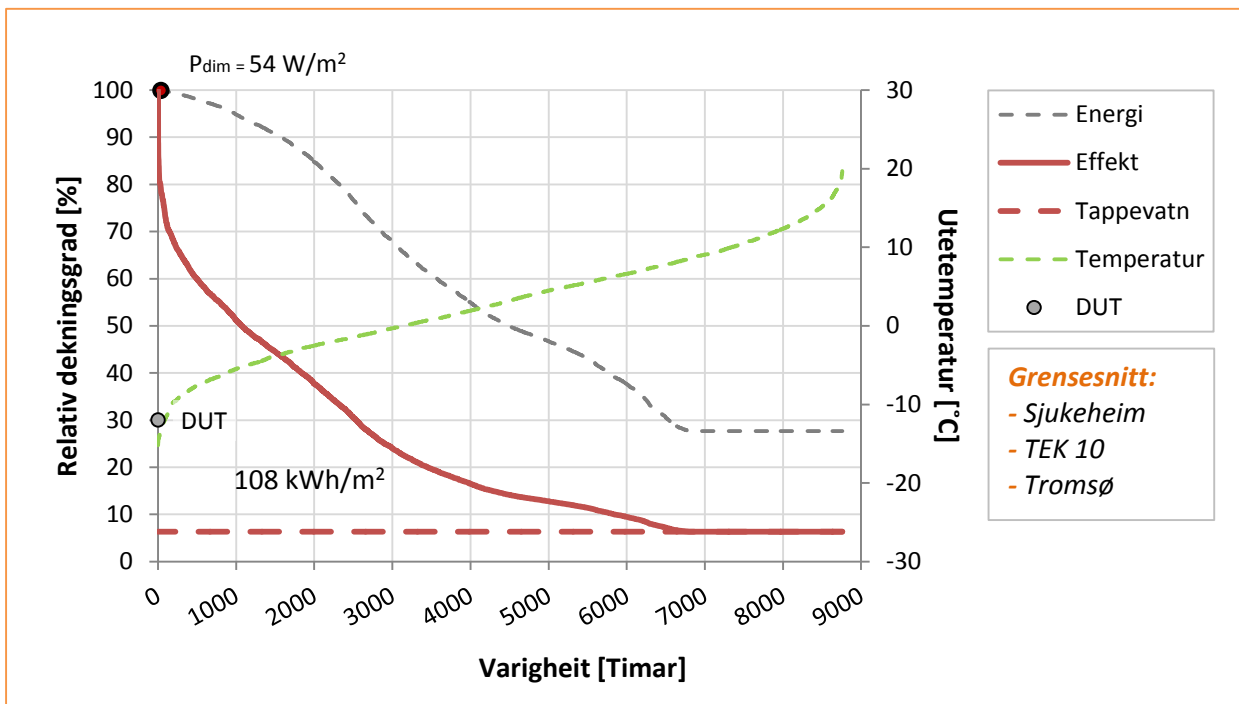
Sjukeheim

Effekt-varigheidsdiagram (oppvarming) for:

- › Sjukeheim
- › TEK10-standard
- › Oslo, Bergen, Trondheim, Tromsø og Røros



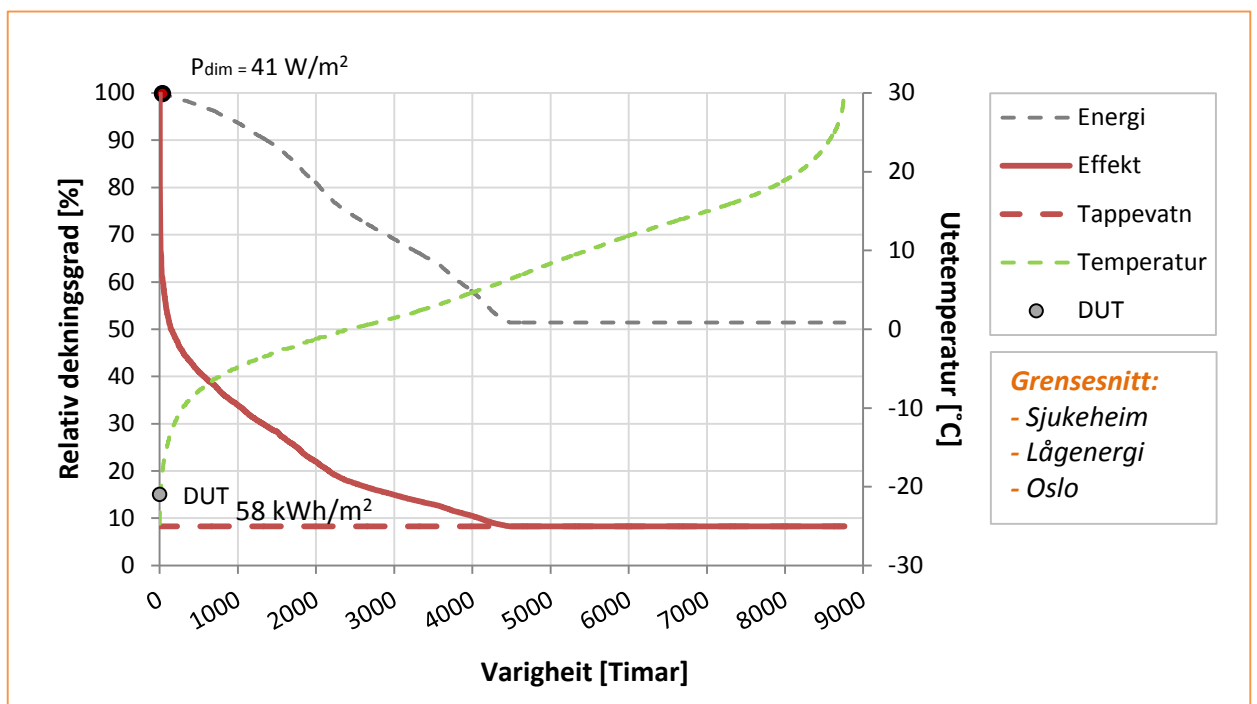


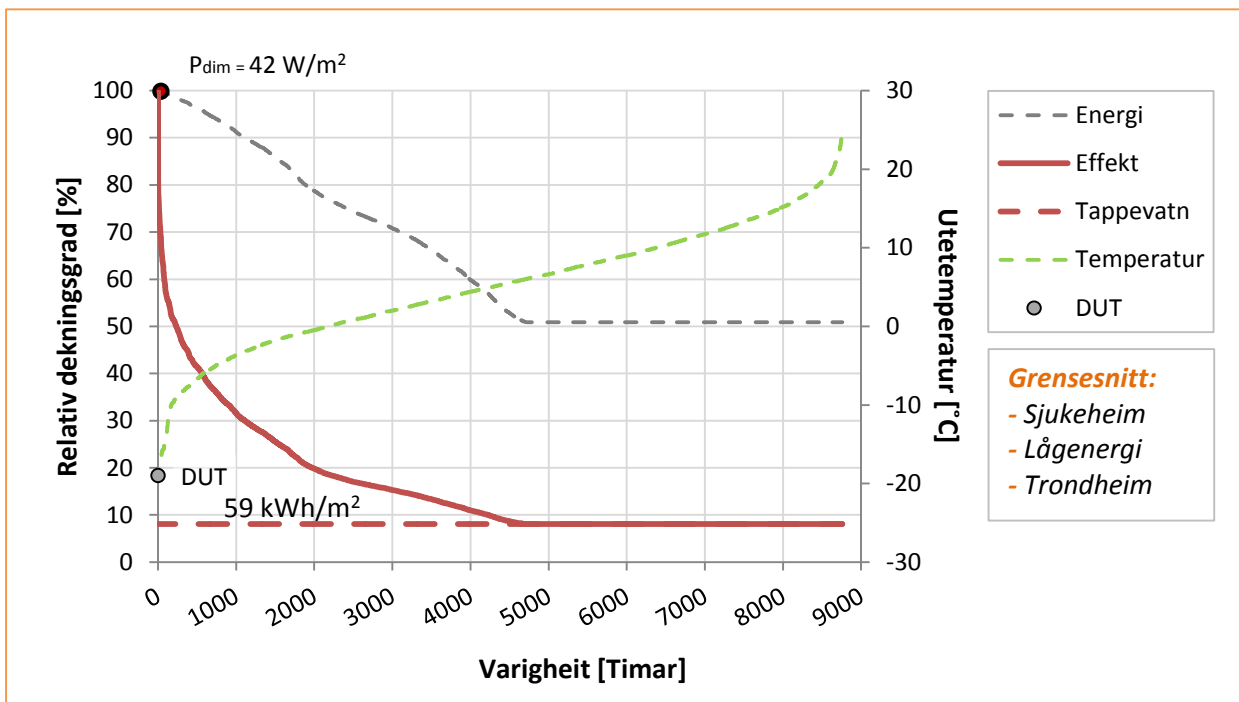
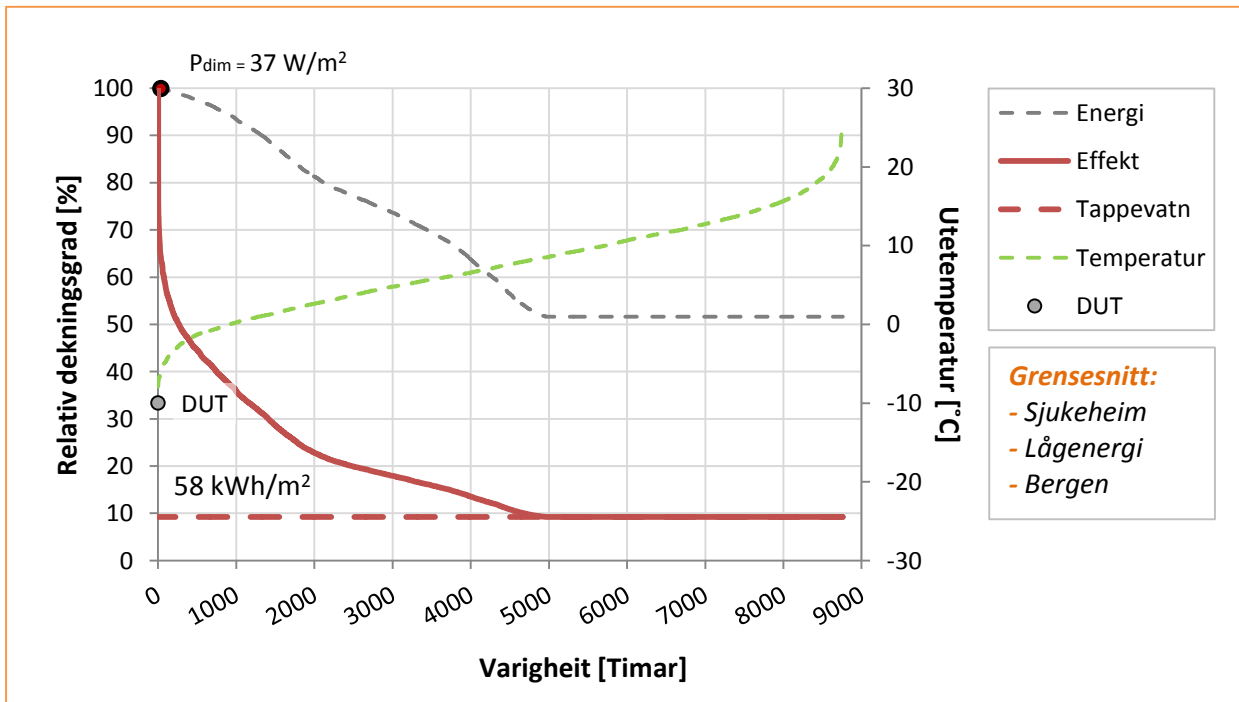


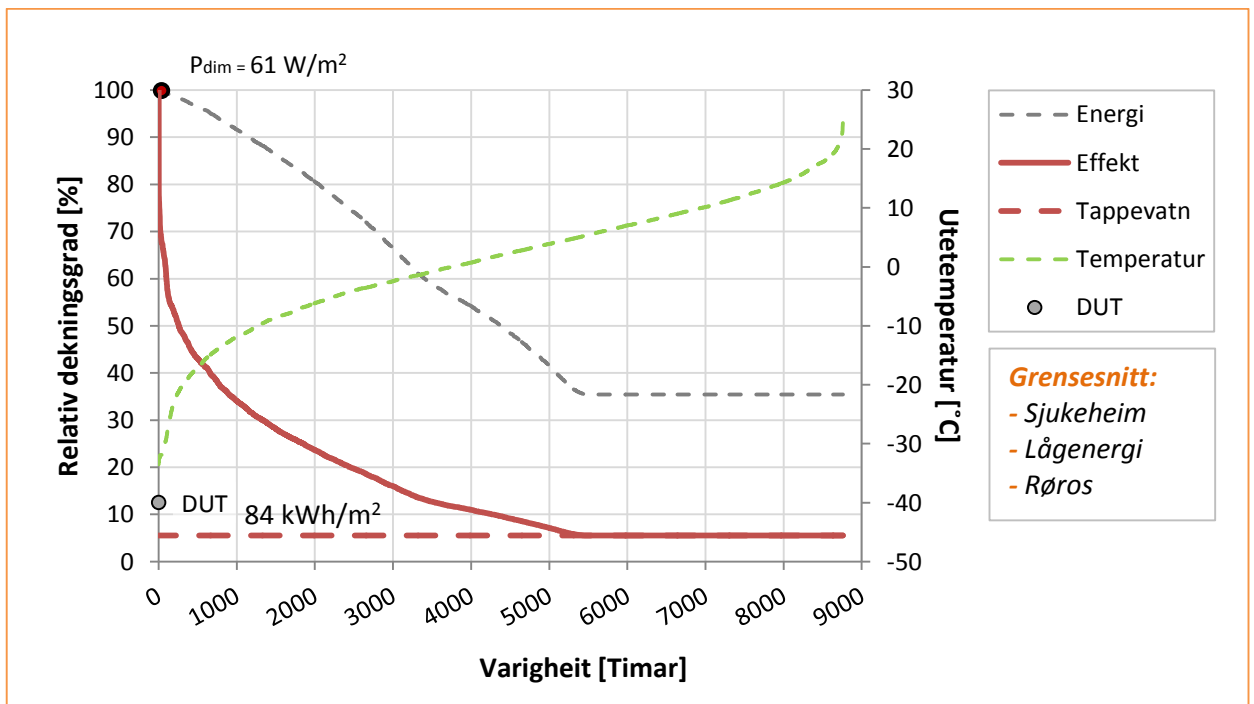
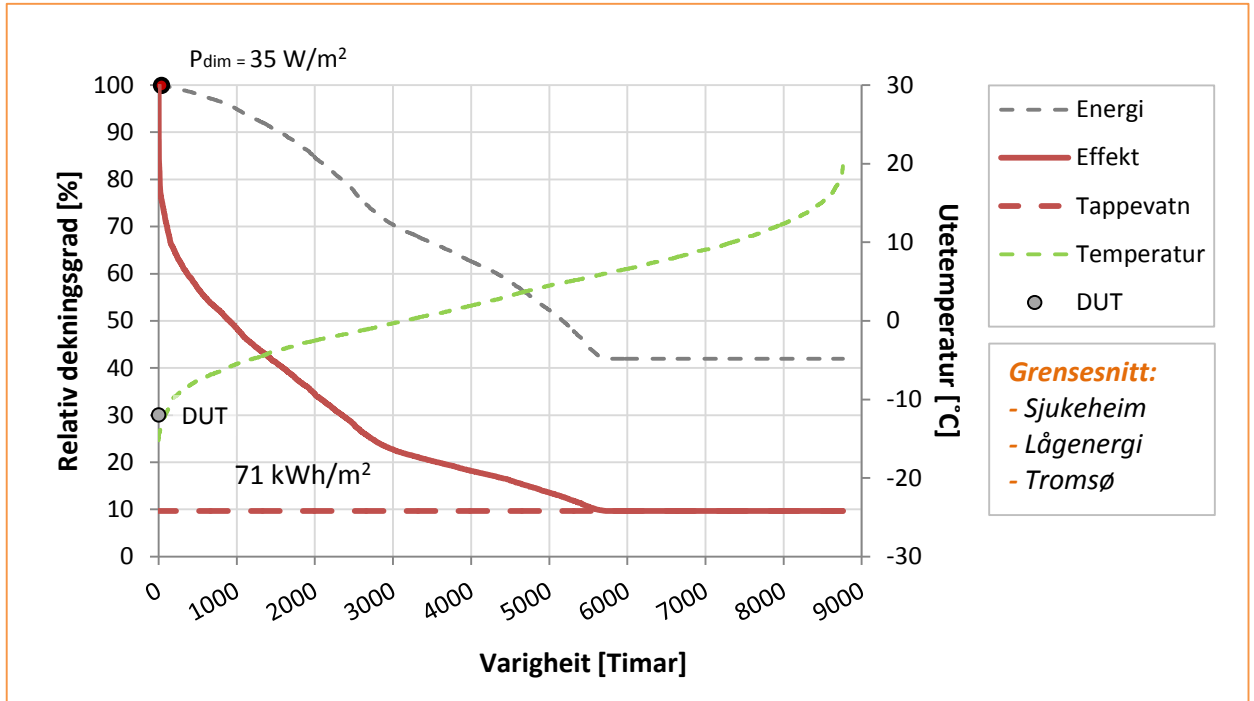
Sjukeheim

Effekt-varigheitsdiagram (oppvarming) for:

- > Sjukeheim
- > *Lågenergi-standard*
- > Oslo, Bergen, Trondheim, Tromsø og Røros







Sjukeheim

Effekt-varigheidsdiagram (oppvarming) for:

- › Sjukeheim
- › *Passivhus-standard*
- › Oslo, Bergen, Trondheim, Tromsø og Røros

