


IFE/KR/E-2014/003



CenSES-
energiframskrivinger
mot 2050



Institutt for energiteknikk

Rapportnummer IFE/KR/E-2014/003	ISSN 0333-2039	Revisjonsnummer Rev.1	Dato 2014-12-19
Kunde / Kundereferanse: CenSES	ISBN Papir: 978-82-7017-877-3 Elektronisk: 978-82-7017-878-0	Antall sider 96	
Rapporttittel <p style="text-align: center;">CenSES-energiframskrivninger mot 2050</p>			
Sammendrag <p>I regi av CenSES (Centre for Sustainable Energy Studies) er det utviklet en energiframskrivning mot 2050. Både brukerpartnere og forskningspartnere i CenSES har behov for en felles og omforent energiframskrivning mot 2050. IFE har hatt ansvar for utarbeidelsen av denne nye energiframskrivningen. Målsetningen har vært å utarbeide en referanseframskrivning som CenSES-partnere kan benytte i eget arbeid. Referanseframskrivningen er ment å danne et grunnlag for videre analyser med alternative forutsetninger. I tillegg til å utvikle en referanseframskrivning, er noen alternative scenarier analysert for å vise spennet i usikkerheten ved utvikling av en referansebane.</p> <p>I arbeidet med utvikling av energiframskrivningen, er det først utarbeidet en fremtidig etterspørsel etter energibehov eller energitjenester. Dette energibehovet er benyttet som inndata til energisystemmodellen TIMES-Norway. Deretter er TIMES-Norway benyttet for å beregne bruk av ulike energibærere og energiteknologier.</p> <p>Analysene gir en samlet økning av etterspørsel til stasjonært bruk med 11 % hvilket kan sammenlignes med økningen i energibruk på 8 %. Årsakene til forskjellen er dels at det er en del omvandlingstap som øker energibruken og dels at det brukes en del varmepumper, hvor omgivelsesenergien ikke er inkludert i «innkjøpt» energi.</p> <p>For transportsektoren viser analysene at etterspørselen av kjørte km med personbiler øker med 53 % i referansebanen, mens energibruken blir redusert med 33 % på grunn av mer effektive biler.</p> <p>Total energibruk øker med 14 % fra 2010 til 2050 i referansebanen. Elforbruket øker med 21 TWh i referansebanen til 2050, men hvis lønnsomme energieffektiviseringstiltak gjennomføres blir økningen begrenset til 7 TWh. I scenariene med høy og lav industriaktivitet blir elforbruket i 2050 henholdsvis 37 TWh høyere og 9 TWh lavere enn i 2010.</p> <p>Det er et mål at denne energiframskrivningen skal danne grunnlag for videre analyser med alternative forutsetninger og utviklinger av energietterspørsel, teknologier, virkemidler etc..</p>			
	Navn	Signatur	
Utarbeidet av	Eva Rosenberg Kari Aamodt Espegren	 	
Kontrollert av	Arne Lind		
Godkjent av	Martin Kirkengen		

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon	1
2	Metodikk	2
2.1	REFERANSEBANE	2
2.2	ENERGIEFFEKTIVISERING	3
2.3	SCENARIER	3
3	Framskrivning av energibehov	5
3.1	HUSHOLDNINGER	5
3.1.1	<i>Metodikk</i>	5
3.1.2	<i>Aktivitet / drivere</i>	6
3.1.2.1	Befolkning	7
3.1.2.2	Personer per husholdning	9
3.1.2.3	Fordeling enfamilie/flerfamiliehus	11
3.1.2.4	Areal per husholdning	12
3.1.2.5	Renoverings- og rivningsrater	13
3.1.2.6	Fritidshus	14
3.1.3	<i>Indikatorer</i>	15
3.1.4	<i>Sammenstilling av sentrale forutsetninger</i>	19
3.1.5	<i>Resultat (behov)</i>	19
3.1.5.1	Areal	19
3.1.5.2	Energibehov	22
3.1.5.3	Indikatorer	24
3.1.5.4	Sensitivetsanalyse	26
3.1.5.5	Geografisk fordeling	28
3.1.6	<i>Energieffektivisering</i>	28
3.2	TERTIÆR SEKTOR MED PRIMÆRNÆRINGER OG BYGG & ANLEGG	30
3.2.1	<i>Metodikk</i>	30
3.2.2	<i>Aktivitet / drivere</i>	31
3.2.2.1	Befolkning og arealer	31
3.2.2.2	Renoverings- og rivningsrater	33
3.2.3	<i>Indikator</i>	34
3.2.3.1	Historisk energibruk	34
3.2.3.2	Spesifikk energibehov og formålsfordeling	35
3.2.4	<i>Sammenstilling av sentrale forutsetninger</i>	36
3.2.5	<i>Resultat (behov)</i>	37
3.2.5.1	Areal	37
3.2.5.2	Energibehov	37
3.2.5.3	Geografisk fordeling	41
3.2.6	<i>Energieffektivisering</i>	41
3.3	INDUSTRI	42
3.3.1	<i>Metodikk</i>	42
3.3.2	<i>Framskrivning av energibehov - referansebane</i>	44
3.3.3	<i>Alternative scenarier for industrisektoren</i>	46
3.3.4	<i>Energieffektivisering</i>	47
3.4	TRANSPORT	48
3.4.1	<i>Metodikk</i>	48
3.4.2	<i>Framskrivning av transportbehov - referansebane</i>	50
3.4.3	<i>Kostnadsutvikling og effektivitetsforbedring</i>	52
3.4.4	<i>Alternativt scenario – redusert transportvekst</i>	55
3.5	SAMLET FRAMSKRIVING AV ENERGIBEHOV	56

4	Analyseforutsetninger	58
4.1	ENERGIPRISER OG KRAFTUTVEKSLING.....	58
4.2	DISKONTERINGSRENTE.....	61
4.3	MODELLERING AV ANDRE GJELDENE VIRKEMIDLER	61
4.3.1	<i>Enova's støtteordninger</i>	61
4.3.2	<i>Transport</i>	61
4.3.3	<i>Eloppvarming</i>	62
5	Analyseresultat	63
5.1	SCENARIER	63
5.2	TOTAL ENERGIBRUK.....	64
5.3	KRAFTPRODUKSJON OG EKSPORT	67
5.4	HUSHOLDNINGER.....	70
5.5	TERTIÆR SEKTOR	74
5.6	INDUSTRI	77
5.7	TRANSPORT	80
6	Oppsummering og videre arbeid.....	84
7	Referanser	86
	Appendix TIMES-Norway.....	88

1 Introduksjon

Energiframskrivningen er utarbeidet i regi av CenSES (Centre for Sustainable Energy Studies). CenSES er et nasjonalt forskningscenter for miljøvennlig energi som skal bidra til et bedre kunnskapsgrunnlag for å fremme et mer miljøvennlig energisystem. Hovedmålet med CenSES er å styrke forståelsen av de økonomiske, politiske, sosiale og kulturelle sidene ved utvikling og innføring av ny fornybar energi- og miljøteknologi.

I 2012/2013 utarbeidet Institutt for Energiteknikk (IFE) en status for ulike norske energiframskrivninger og behovet de ulike CenSES-partnere har for å vite mer om hvordan energibruken vil utvikle seg framover [1]. På den bakgrunn ble det besluttet å igangsette et arbeid for å utarbeide en felles og omforent energiframskrivning mot 2050 i regi av CenSES. IFE har hatt ansvar for utarbeidelsen av denne nye energiframskrivningen. Målsetningen har vært å utarbeide en referanseframskrivning som både brukerpartnere og forskningspartnere i CenSES kan benytte i eget arbeid. Denne referanseframskrivningen kan være grunnlag for videre analyser med alternative forutsetninger og utviklinger av energietterspørsel, teknologier, virkemidler etc. Det er fokusert på å etablere en referanseframskrivning hvor forutsetningene er presentert i detalj. Noen alternative scenarier er inkludert for å vise spennet i usikkerheten ved utvikling av en referansebane. Arbeidet startet høsten 2013.

For å få bred deltagelse fra CenSES partnere, har IFE arrangert fem workshops i perioden oktober 2013 – mars 2014. To workshop var felles for alle sluttbrukersektorer, mens tre workshops ble arrangert sektorvis; en for bygg, en for industri og en for transport. Gjennom disse workshopene hadde vi nyttige diskusjoner og fikk vi mange relevante innspill og kommentarer.

Følgende brukerpartnere har deltatt:

- Statnett
- Statkraft
- NVE
- Enova
- Transnova
- Miljødirektoratet

Følgende forskerpartnere har deltatt:

- Vestladsforskning
- SINTEF Energi
- SINTEF Teknologi og Samfunn
- Universitetet i Oslo, TIK-senteret

Arbeidet skal resultere i et CenSES «Position Paper» knyttet til fremtidig energibehov. Denne rapporten beskriver kunnskapsgrunnlaget for position paper. Målsetningen med et Position Paper er å publisere sammendrag av forskningsbasert kunnskap fra flere fagmiljø som er kvalitetssikret eller utarbeidet i samarbeid med brukerpartnere. I tillegg til dette position paper på energiframskrivning, arbeides det med to andre «Norway's role as a flexibility provider in a renewable Europe» og «Energieffektivitet – erfaringer med virkemidler».

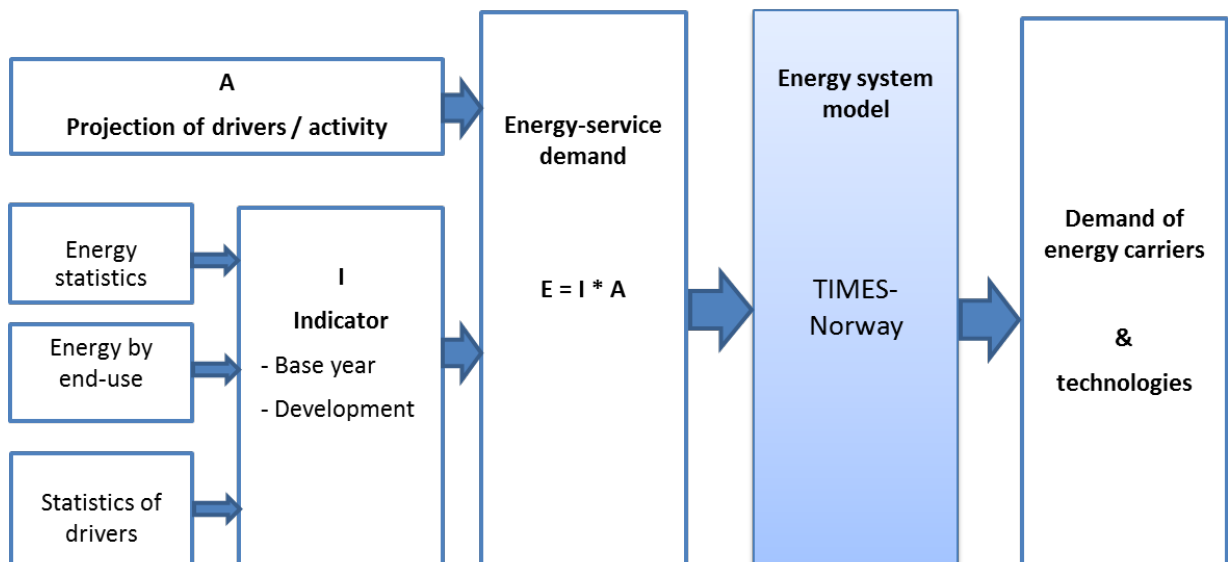
2 Metodikk

Framskrivningen utarbeides for alle energibærere, for både stasjonært og mobilt forbruk i fastlands Norge inklusive elforbruk til olje- og gassutvinning, i tidsperioden 2010-2050.

2.1 Referansebane

Referansebanen eller basisframskrivningen er basert på vedtatt politikk. Politikk som ikke er vedtatt, men som kan komme til å få stor innvirkning på framtidig energibruk, kan inkluderes i scenarier. Et eksempel på dette er passivhus-standard.

Det er først utarbeidet en etterspørsel av energitjenester basert på utvikling av ulike drivere og indikatorer. Dette er inndata til den teknisk-økonomiske optimaliseringsmodellen TIMES-Norway, som beregner bruk av ulike energibærere og energiteknologier, se Figur 1. TIMES-Norway er beskrevet i vedlegg A1.



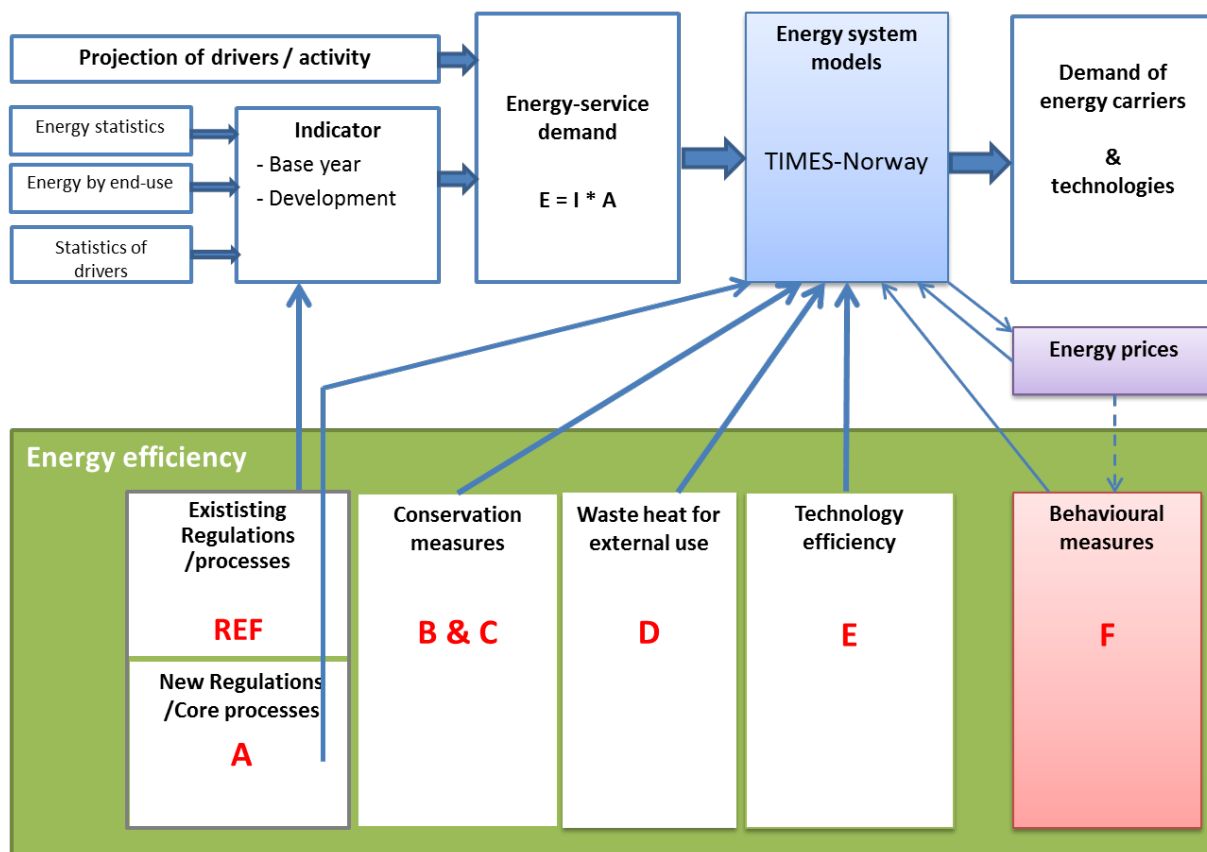
Figur 1 Prinsippskisse framskrivningsmetodikk

I denne rapporten er «**energibehov**» brukt om energitjenestebehovet («energy service demand», inndata til TIMES-Norway) og «**energibruk**» er benevnelsen på forbruket av ulike energibærere (utdata fra TIMES-Norway).

IFE har vært i dialog med Olje og energidepartementet og Finansdepartementet for å få tilgang til å bruke data fra Perspektivmeldingen 2013 som ikke er offentlig tilgjengelige. Dette gjelder eksempelvis forbruk av elektrisitet og oljeprodukter, samt tall for bruttoprodukt og antall utførte timeverk fordelt på ulike næringer. Dette fikk vi ikke tillatelse til, og arbeidet med energiframskrivningen er dermed basert på offentlig tilgjengelige data som f.eks. befolkningsframskrivingene til SSB, i tillegg til statistikk og vurderinger gjort innenfor CenSES-arbeidet.

2.2 Energieffektivisering

I referansebanen er det inkludert noe energieffektivisering basert på vedtatt politikk og antatt renoveringsrate. Utover dette finnes det mange muligheter for økt energieffektivisering. Metodikken er skissert i Figur 2. I referansebanen inngår energieffektivisering som følge av mer effektiv energiproduksjonsteknologi (type E i Figur 2) og vedtatte reguleringer slik som TEK10. I tillegg inngår en effektivitetsforbedring for nye kjøretøy. Alle andre typer av energieffektiviseringstiltak er ikke inkludert i referansebanen, men er analysert i et alternativt scenario. Hvilke tiltak og potensialer som er inkludert, er beskrevet i de ulike sektoravsnittene.



Figur 2 Prinsskisse med framskrivings metodikk og energieffektiviseringstiltak

Det er komplisert å modellere energieffektivisering i teknisk-økonomiske modeller hvis man skal ta hensyn til de ulike typer av barrierer som finnes. I tillegg er energieffektiviseringspotensialet nært knyttet til framskrivinger av energibehov.

2.3 Scenarier

For å belyse usikkerheten i forutsetningene som ligger til grunn for referansebanen, er det analysert noen alternative scenarier. Utviklingen i industrien er av stor betydning for fremtidens energisystem og er svært usikker. Det er derfor analysert et scenario med en betydelig høyere industriaktivitet enn i referansebanen og det er også analysert et scenario med en betydelig lavere industriaktivitet. Disse scenariene er beskrevet i avsnitt 3.3.3.

For transport er det utarbeidet et alternativt scenario hvor veksten i både godstransport og persontransport begrenses til å følge befolkningsveksten. Veksten i transport på vei kan bli en utfordring framover, med til dels meget stor trafikkvekst på vei i sentrale områder. En beskrivelse av scenariet finnes i avsnitt 3.4.4.

I tillegg til referansebanen ble det besluttet å inkludere en framskrivning med «frozen efficiency», dvs. en framskrivning med indikatorer lik dagens nivå. Det var en felles interesse for å utvikle alternative scenarier med henholdsvis høyt og lavt energibehov, og dette er inkludert i denne studien.

Det ble også diskutert muligheter for å analysere andre scenarier, eksempelvis knyttet til begrensning av CO₂-utslipp, eller krav til fornybarandel. Dette er interessante scenarioanalyser som kan gjennomføres i regi av CenSES senere.

3 Framskrivning av energibehov

3.1 Husholdninger

3.1.1 Metodikk

Framskrivningen av energibehov i husholdningssektoren er basert på energibruken i 2010. Den er først regnet om til et forbruk av netto/nyttiggjort energi ved hjelp av virkningsgrader for ulike typer energiteknologier (oljekjeler, fjernvarmevekslere, vedovner, varmepumper etc.). Deretter er den delen av forbruket som er temperaturavhengig korrigert til et normalår ved hjelp av energigraddagstall. For å beregne andelen som skal temperaturkorrigeres, må en formålsfordeling av energibruken ligge til grunn.

Boligmassen er delt inn i eksisterende (i 2010) og nye hus (bygget etter 2010). Boligene er også delt inn i enfamiliehus og flerfamiliehus, da energibruken og alternativene er ulike for disse typene boliger. For å beregne energietterspørselen i framtiden for dagens boligmasse, er det antatt en årlig rivingsrate og en årlig renoveringsrate. Den renoverte andelen av boligene har et lavere energibehov enn de boliger som er uforandret.

Totalt behov for boliger framover beregnes basert på befolkningsprognoser og antagelser om antall personer per husholdning. Behovet for nye boliger beregnes som differensen mellom totalt behov for boliger og eksisterende boliger i hvert år. Videre fordeles nybygging av enfamiliehus og flerfamiliehus og gjennomsnittlig areal for disse to boligtypene. Energiforbruket til de nye boligene beregnes ved hjelp av spesifikt forbruk til hvert formål (kWh/husholdning, år og formål), se avsnitt 3.1.3.

1. Framskrivning av antall husholdninger:

- a. Antall husholdninger $H_{\text{totalt}} = \text{Befolkning} / (\text{personer/husholdning})$
- b. Antall renoverte husholdninger $H_{\text{renovert}} (\text{år } t) = \sum (H_{2010} - H_{\text{revet}}) * \text{renoveringsrate (fra 2010 til år } t)$
- c. Revne husholdninger $H_{\text{revet}} (\text{år } t) = \sum H_{2010} * \text{rivningsrate (fra 2010 til år } t)$
- d. Uforandrede¹ husholdninger $= H_{2010} - H_{\text{revet}} - H_{\text{renovert}}$
- e. Nye husholdninger $H_{\text{nye}} = H_{\text{totalt}} - H_{2010} - H_{\text{revet}} - H_{\text{renovert}}$

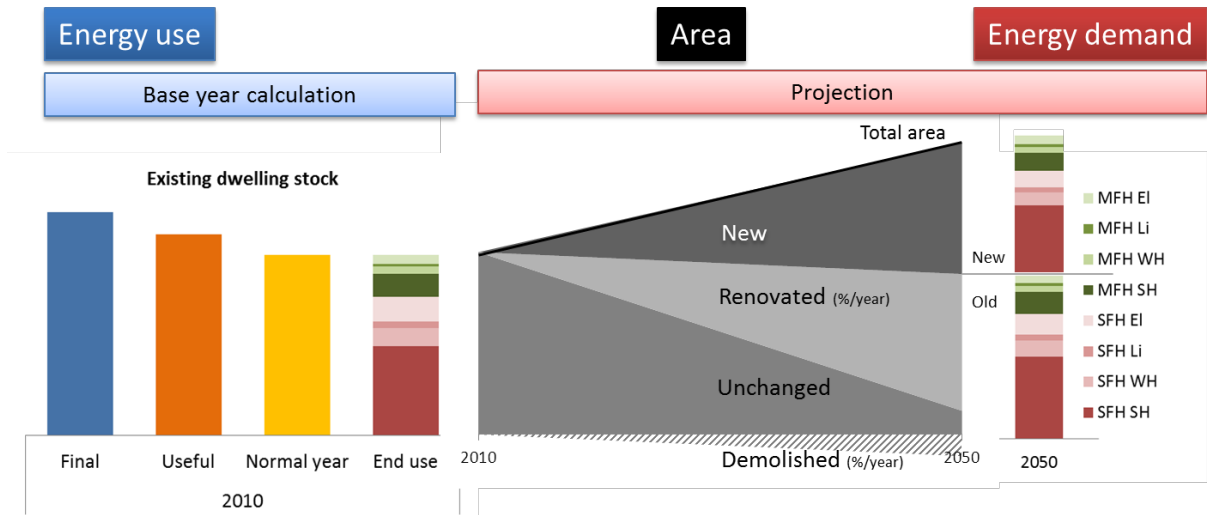
2. Framskrivning av enfamilie / flerfamiliehus

- a. Nye enfamiliehusholdninger = antall nye boliger * andel enfamiliehus.
- b. Nye flerfamiliehusholdninger = antall nye boliger * andel flerfamiliehus.
- c. Samme renoveringsrate og rivningsrate for enfamilie- og flerfamiliehus.

3. Framskrivning av arealer

¹ eksisterende boliger i 2010 som ikke er renovert (eller revet)

- Antar areal for nye enfamilie og flerfamiliehus multiplisert med antall nye husholdninger
- Samme gjennomsnittareal for husholdninger som renoveres, rives eller er uforandret



$$\begin{aligned} \text{Total area} &= \text{Population / persons/dwelling} * (\% \text{ SFH} * \text{m}^2/\text{SFH} + \% \text{ MFH} * \text{m}^2/\text{MFH}) \\ \text{New area} &= \text{Total area} - \text{existing area} \\ \text{Existing area (year t)} &= \text{Renovated} + \text{unchanged} = \sum \text{existing area} * (1 - \text{demolishing rate}) \text{ (base year to year t)} \\ \text{Renovated area (y t)} &= \sum \text{existing area} * \text{renovation rate} \text{ (base year to year t)} \end{aligned}$$

$$\text{Energy service demand} = \text{Area} * (\text{kWh SH/m}^2 + \text{kWh WH/m}^2 + \text{kWh Light/m}^2 + \text{kWh el.spec./m}^2)$$

Divided on SFH / MFH and new / renovated / old unchanged

Forkortelser:

SH = Space Heating
 WH = Water Heating
 Li = Lighting
 EI = Electricity (appliances etc.)
 SFH = Single Family Houses
 MFH = Multi Family Houses

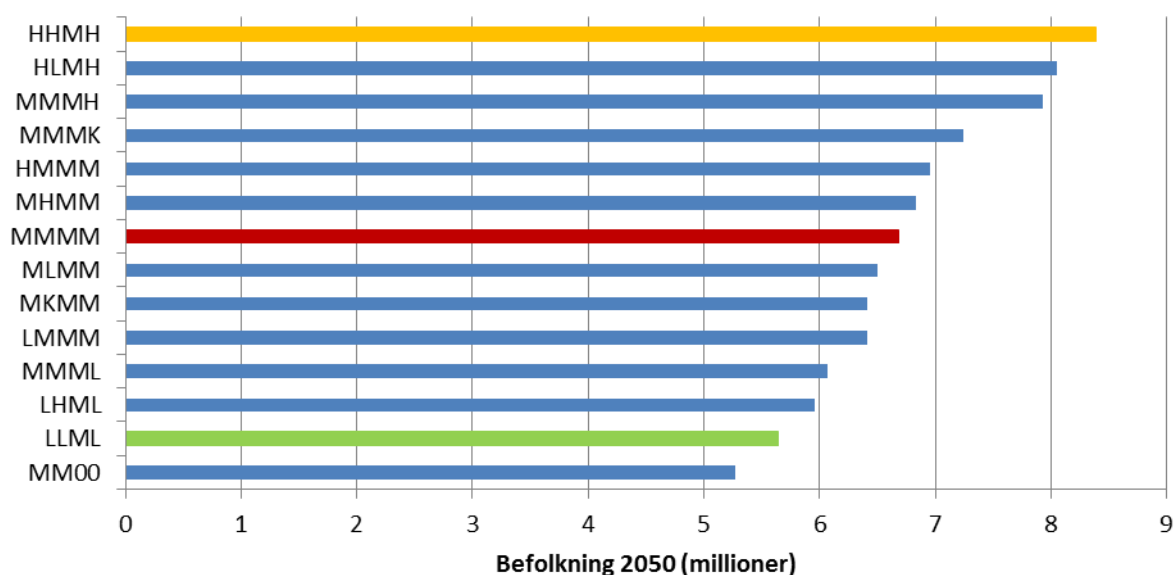
Figur 3 Prinsippskisse av framskrivingsmetodikk for energibehov til husholdninger

3.1.2 Aktivitet / drivere

Aktiviteten som brukes for framskrivning av energibehov i husholdninger er boligarealet (m^2). Dette blir beregnet ved hjelp av befolkning delt på antall personer per husholdning ganger med arealet per husholdning. Basert på forskjeller i energibruk er husholdningene delt inn i enfamilie- og flerfamiliehusholdninger samt eksisterende og nye boliger.

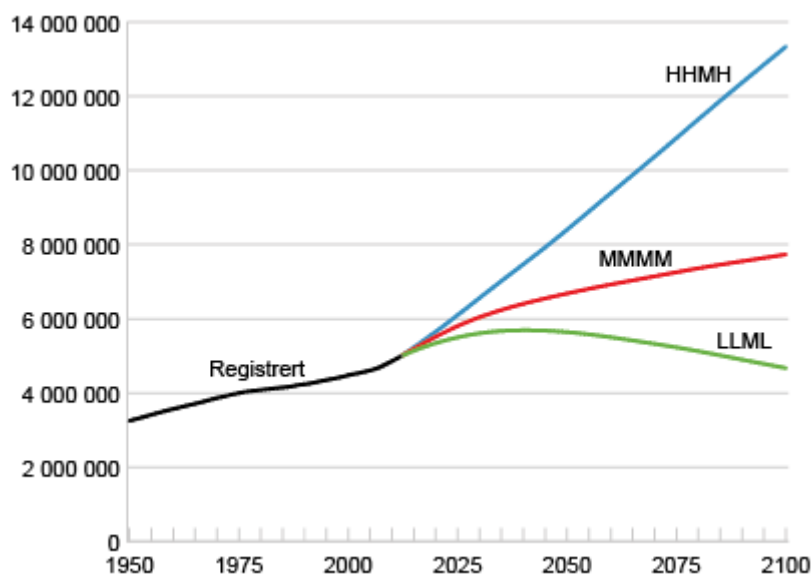
3.1.2.1 Befolkning

En viktig driver for framtidig energibehov er befolkningsmengden. Her er det lagt til grunn befolkningsframskrivingene fra SSB, som ble publisert 20. juni 2012 [2]. SSB kommenterer at det er usikkert hvor god beskrivelse av utviklingen framover det er, og spesielt at innvandringen er usikker. De har derfor laget tre hovedalternativer og i tillegg 8 andre alternative framskrivninger, se Figur 4. De tre hovedalternativene finnes også for kommuner i perioden 2012-2040. De alternative befolkningsframskrivingene har ulike antagelser om fruktbarhet, levealder, innenlands flytting og netto innvandring og hvert alternativ beskrives ved fire bokstaver i nevnte rekkefølge (M = middels, L = lav, H = høy, K = konstant, 0 = null).



Figur 4 Alternative befolkningsframskrivninger, befolkningsmengde i 2050 (mill. pers.), basert på SSBs framskrivninger juni 2012 [2]

Befolkningen 1.1.2012 var 5.0 millioner og framskriving av befolkningsmengden i de tre hovedalternativene er vist i Figur 5. Fruktbarheten har vært mellom 1,75 og 2,0 de siste årene, og i hovedalternativet (MMMM) er fruktbarheten antatt å være 1,9, se Tabell 1. Dagens levealder for nyfødte menn er 79 år og for nyfødte kvinner 83 år. I MMMM-alternativet er antatt levealder i 2100 90 år for menn og 93 år for kvinner. Nettoinnvandringen per år var ca. 47 000 i 2011 og utviklingen i de tre hovedalternativene vises i Figur 6.



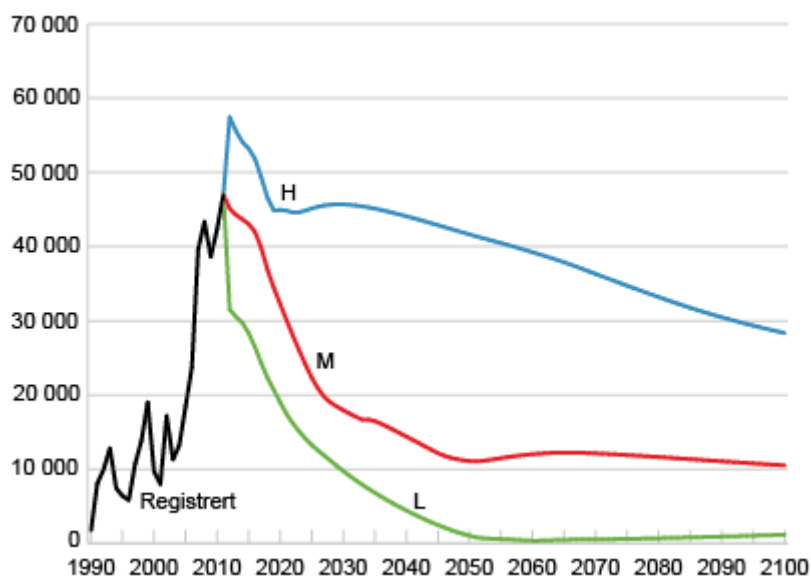
Figur 5 Befolkningsvekst og – framskrivning 1950-2100, kopiert fra [2]

Tabell 1 Antagelser i de tre hovedalternativene [2]

	Periode (år)	MMMM	LLML	HHMH
Befolkning (mill.)	2020	5,511	5,341	5,647
	2030	6,037	5,607	6,553
	2040	6,400	5,691	7,460
	2050	6,681	5,646	8,393
Årlig vekst	2012-2020	1,26 %	0,86 %	1,57 %
	2020-2030	0,92 %	0,49 %	1,50 %
	2030-2040	0,59 %	0,15 %	1,30 %
	2040-2050	0,43 %	-0,08 %	1,19 %
Fruktbarhet	2012-2100	1,91-1,89	1,88-1,69	1,95-2,09
Levealder, menn (år)	2012-2100	79,2-89,5	79,0-83,8	79,3-92,8
Levealder, kvinner (år)	2012-2100	83,5-92,5	83,4-84,6	83,6-96,1
Innvandring, netto (1000)	2012-2100	46 - 11	32 - 1	58 - 29

Hovedalternativet MMMM er brukt som en basisframskrivning i arbeidet med framskrivning av energibehov i denne rapporten.

I hovedalternativet legger SSB til grunn at inntektsnivået i Norge i forhold til resten av verden vil synke i takt med synkende petroleumsinntekter, og at innvandringen vil gå ned til rundt 40 000 per år se Figur 6. Samtidig skriver de at utvandringen avhenger blant annet av tidligere innvandring og at den på sikt vil være rundt 30 000 hvert år, hvilket gir en nettoinnvandring på lang sikt på 10 000-15 000 personer årlig. I begynnelsen av 2012 bodde det ca. 547 000 innvandrere i Norge og i tillegg var det ca. 108 000 personer født i Norge med to innvandrerforeldre. I mellomalternativet antar SSB at totale antallet innvandrere bosatte i Norge vil fortsette å øke til 2065, da det vil kulminere, og at det da vil være ca. 1,4 mill. innvandrere [3]. I mellomalternativet vil innvandrere utgjøre ca. 20 % av befolkningen i 2050 [4].



Figur 6 Nettoinnvandring i de tre hovedscenariene for befolkningsframskriving, 1990-2100, kopiert fra [2]

Framskrivingene i vår rapport er basert på de tall som SSB publiserte i juni 2012. Det har kommet nye befolkningsframskrivinger (17. juni 2014), men disse var ikke tilgjengelige da arbeidet med CenSES-framskrivingene ble gjort. Tallene fra 2012 er sammenlignet med de nye tallene, se Tabell 2. Befolkningens mengde i 2050 er med de nye framskrivingene 1 % lavere i MMMM-alternativet sammenlignet med de tidligere tallene.

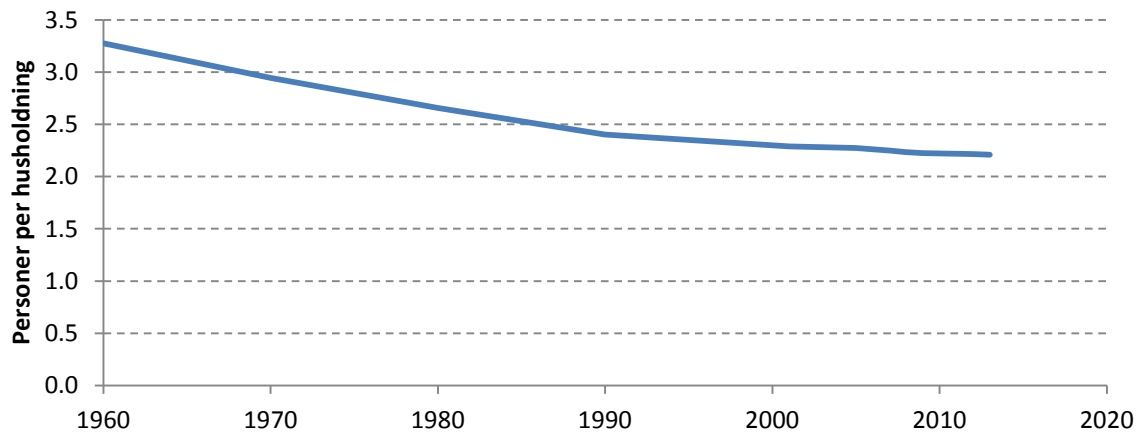
Tabell 2 Sammenligning av nøkkeltall fra befolkningsframskrivingene i 2012 og 2014

	År / Periode	MMMM 2012	MMMM 2014	LLML 2012	LLML 2014	HMH 2012	HMH 2014
Befolkning (mill.)	2020	5,511	5,450	5,341	5,344	5,647	5,569
	2030	6,037	5,948	5,607	5,618	6,553	6,386
	2040	6,400	6,324	5,691	5,752	7,460	7,229
	2050	6,681	6,611	5,646	5,784	8,393	8,139
Årlig vekst	2012-2020	1,26 %	1,08 %	0,86 %	0,75 %	1,57 %	1,45 %
	2020-2030	0,92 %	0,88 %	0,49 %	0,50 %	1,50 %	1,38 %
	2030-2040	0,59 %	0,61 %	0,15 %	0,24 %	1,30 %	1,25 %
	2040-2050	0,43 %	0,45 %	-0,08 %	0,06 %	1,19 %	1,19 %
Fruktbarhet	2050	1,8	1,8	1,6	1,6	2,0	2,0
Levealder, nyfødte menn (år)	2100	89,5	91,3	83,8	81,6	92,8	97,0
Levealder, nyfødte kvinner (år)	2012-2100	92,5	92,3	84,6	87,5	96,1	98,1

3.1.2.2 Personer per husholdning

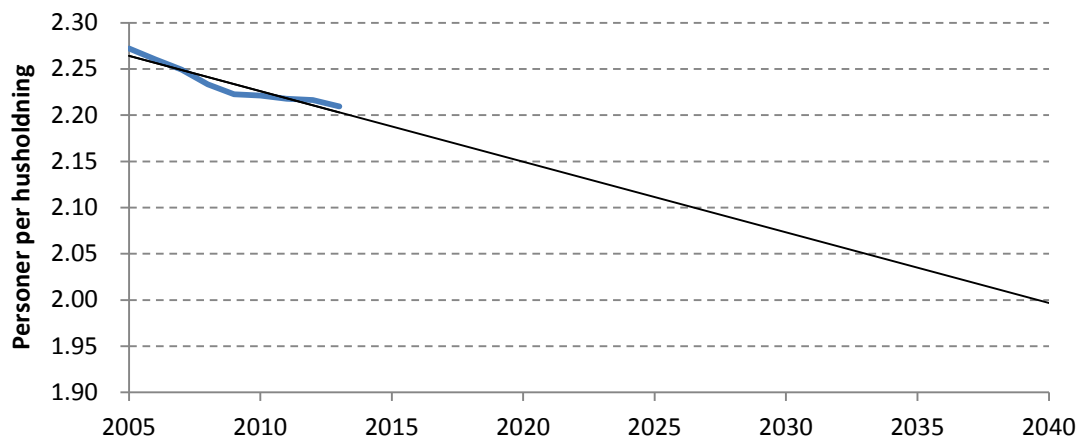
Historisk utvikling av antall personer per husholdning er beregnet basert på tilgjengelig statistikk fra SSBs «Statistikkbanken». Antallet personer i privathusholdninger er dividert

med antallet privathusholdninger, se Figur 7. I 1960 var det 3,27 personer per privathusholdning og i 1990 var det 2,40 personer per husholdning. Fra 1990 til i dag har antallet personer per husholdning fortsatt å minske, men med en lavere takt enn tidligere.



Figur 7 Antall personer per privathusholdning, 1960-2013

De siste 9 årene er antallet personer per husholdning redusert fra 2,27 i 2005 til 2,21 i 2013, dvs. i gjennomsnitt en reduksjon på 0,78 %. De siste fem årene er den gjennomsnittlige årlige reduksjonen 0,33 %. Hvis man framskriver antallet personer per husholdning basert på utviklingen fra 2005 til 2013, vil det være 2,15 personer per husholdning i 2020, 2,07 i 2030 og 2,0 i 2040, se Figur 8.



Figur 8 Antall personer per privathusholdning, 2005-2013, samt lineær trendlinje til 2040

Det er vanskelig å vurdere antallet personer per husholdning langt frem i tid, men det er behov for det i den valgte metodikken. Det er valgt å bruke en lineær trendframskrivning til 2040 og deretter å holde antallet personer per husholdning konstant. Det kan dels begrunnes med den allerede lavere årlige reduksjonen i indikatoren, men også med demografiske begrunnelser. En urbanisering fører også til en mangel på areal som kan føre til at flere velger å dele bolig. Den større andelen innvandring som ligger bak befolkningsveksten, tilsier også at trenden med stadig færre antall personer per husholdning vil avta.

Antallet personer per husholdning er antatt å avta med samme trend som de siste 9 årene og er derfor antatt å være 2,15 i 2020, 2,07 i 2030 og 2,0 i 2040. Etter 2040 er antallet personer per husholdning antatt å forbli 2,0 fram til 2050.

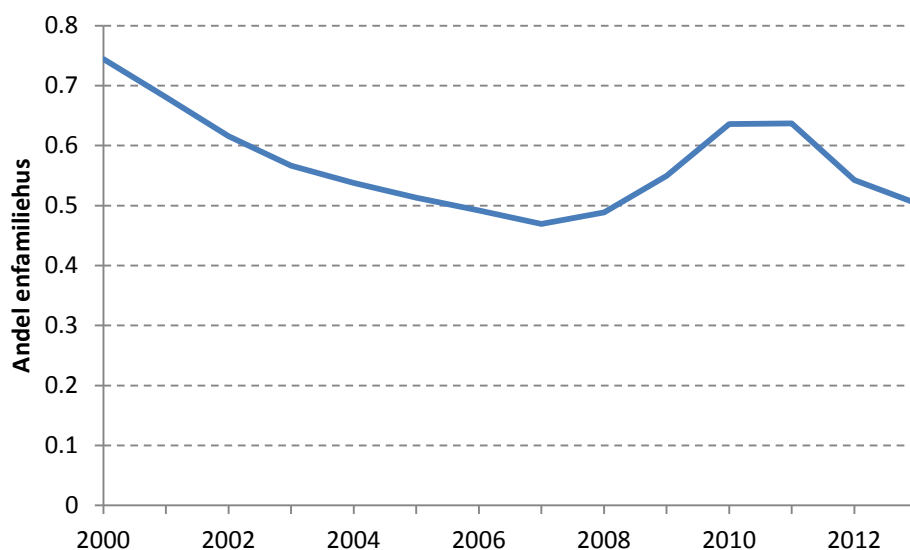
3.1.2.3 Fordeling enfamilie/flerfamiliehus

Husholdninger er delt inn i enfamiliehus og flerfamiliehus i framskrivingsmetodikken som er benyttet her. For å finne fordelingen mellom nybygg av en- og flerfamiliehus er det tatt utgangspunkt i SSBs statistikk for «boligbygg, etter region, statistikkvariable, bygningstype og tid». I Statistikkbanken finnes det tall for bl.a. antall fullførte boliger fra 2000 til 2013. Inndelingen i en- og flerfamiliehus er en vurdering og her er det brukt den inndeling som er vist i Tabell 3.

Tabell 3 Definisjon av enfamiliehus og flerfamiliehus

Enfamiliehus	Flerfamiliehus
111 Enebolig	135 Terrassehus
112 Enebolig med hybelleilighet, sokkelleilighet o.l.	141 Store frittliggende boligbygg på 2 etasjer
113 Våningshus	142 Store frittliggende boligbygg på 3 og 4 etasjer
121 Del av tomannsbolig, vertikaldelt	143 Store frittliggende boligbygg på 5 etasjer eller over
122 Tomannsbolig, horisontaldelt	144 Stort sammenbygd boligbygg på 2 etasjer
123 Del av våningshus tomannsbustad, vertikaldelt	145 Stort sammenbygd boligbygg på 3 og 4 etasjer
124 Våningshus tomannsbolig, horisontaldelt	146 Stort sammenbygd boligbygg på 5 etasjer eller over
131 Rekkehus	151 Bo- og servicesenter
133 Kjedefhus inkl. atriumhus	152 Studenthjem/studentboliger
136 Andre småhus med 3 boliger eller flere	159 Annen bygning for bofellesskap

Med denne inndelingen er andelen nybygg av typen enfamiliehus 56,5 % de siste 5 årene (2009-2013), 52,8 % de siste 10 årene (2004-2013) og 55,9 % for hele den tilgjengelige perioden (2000-2013), se Figur 9.



Figur 9 Andel enfamiliehus av nye boliger for perioden 2000-2013

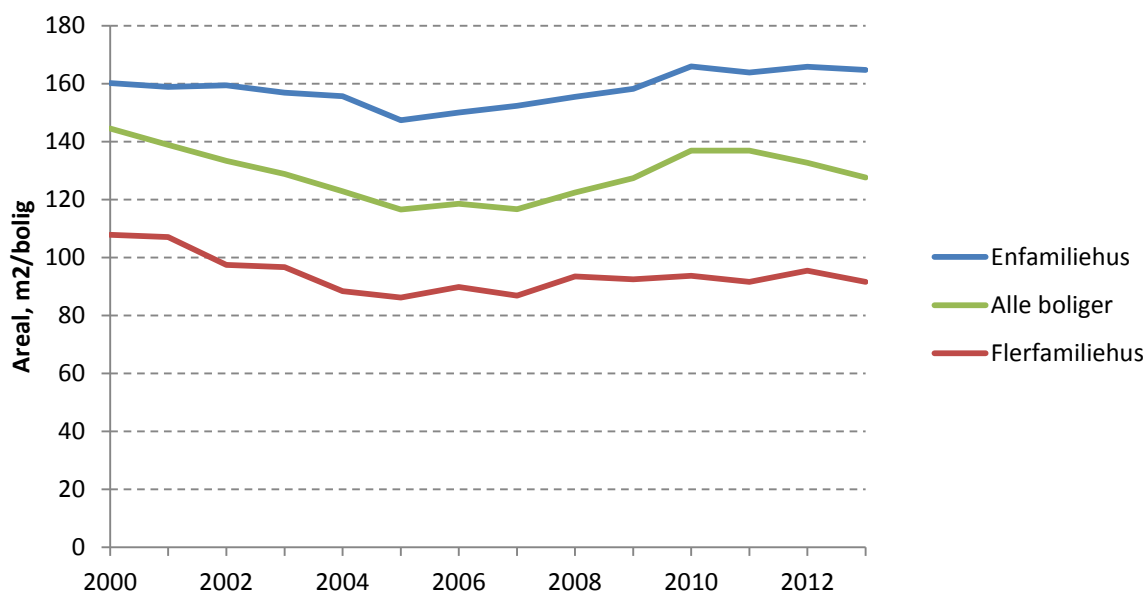
For framskrivningene er det valgt å legge gjennomsnittet for hele perioden til grunn for antagelsen om utviklingen fram til 2050. **Det antas derfor at 56 % av alle nye boliger er enfamiliehus og 44 % av alle nye boliger er flerfamiliehus.**

3.1.2.4 Areal per husholdning

For å vurdere areal per bolig, delt på en- og flerfamiliehus, er det beregnet gjennomsnittsarealer i perioden 2000-2013 basert på data fra SSBs statistikk for «boligbygg, etter region, statistikkvariable, bygningstype og tid». Antallet boliger og fullført areal, fordelt på en- og flerfamiliehus som i Tabell 3, gir et gjennomsnittlig areal for alle boliger som vist i Tabell 4 og Figur 10.

Tabell 4 Gjennomsnittlig areal per bolig, m²/bolig

Periode	2009-2013	2000-2013	2004-2013	median 2000-2013
Enfamiliehus	163.8	158.0	157.6	158.5
Flerfamiliehus	93.0	92.7	90.6	93.0
Alle boliger	133.0	129.2	126.0	128.2



Figur 10 Gjennomsnittlig areal per bolig, 2000-2013, m²/bolig

Areal for nye en- og flerfamiliehus antas å bli 164 m²/bolig for enfamiliehus og 93 m²/bolig for flerfamiliehus i hele perioden frem til 2050.

3.1.2.5 Renoverings- og rivningsrater

Renoverings- eller rehabiliteringsraten finnes det ikke noen god statistikk for. Lavenergiutvalget antar i sine analyser at rehabiliteringsraten, regnet som hovedrehabilitering, er 1,5 % årlig. I våre analyser inkluderes også en del mindre renovering hvor energibruken reduseres som en konsekvens av oppussingsprosjekter, uten at hele boligen blir renoveret. Det er derfor valgt en noe høyere renoveringsrate på 2,0 % per år tilsvarende et renoveringsintervall på 50 år.

Det finnes heller ikke noen gode tall for rivningsrate og i tillegg kan det diskuteres hva dette begrepet skal inkludere. I den sammenheng som det brukes her er det valgt å inkludere fraflyttede hus, da målsettingen er å beregne energibruk i husholdningssektoren. Det er en samlet vurdering i arbeidet med denne framskrivningen at rivningsraten bør være lavere enn det som tidligere er brukt. For eksempel ble det i Lavenergiutvalget antatt at 0,6 % av boligmassen saneres/rivers hvert år, hvilket tilsvarer en gjennomsnittlig levetid på 167 år [5].

I Enova's «potensial- og barrierestudie» ble det beregnet en gjennomsnittlig boligavgang på 0,3 % av boligmassen i 2011 [6]. Ved hjelp av modeller for beregning av boligavgang, basert på boligtellinger og byggearealstatistikk, er det beregnet en gjennomsnittlig boligavgang på drøye 7000 boliger per år, dvs. 0,3 % av boligmassen i 2011.

Vestlandsforskning legger en årlig rivningsrate på 0,1 % til grunn for sine analyser av energibruk i norske husholdninger, for en stor del begrunnet med sannsynlig revet areal fra 1991 [7].

Rivningsraten er i vårt arbeid antatt å være 0,3 % per år, som en andel av total bygningssmasse i perioden 2010-2050. Det tilsvarer en gjennomsnittlig levetid på 333 år, men

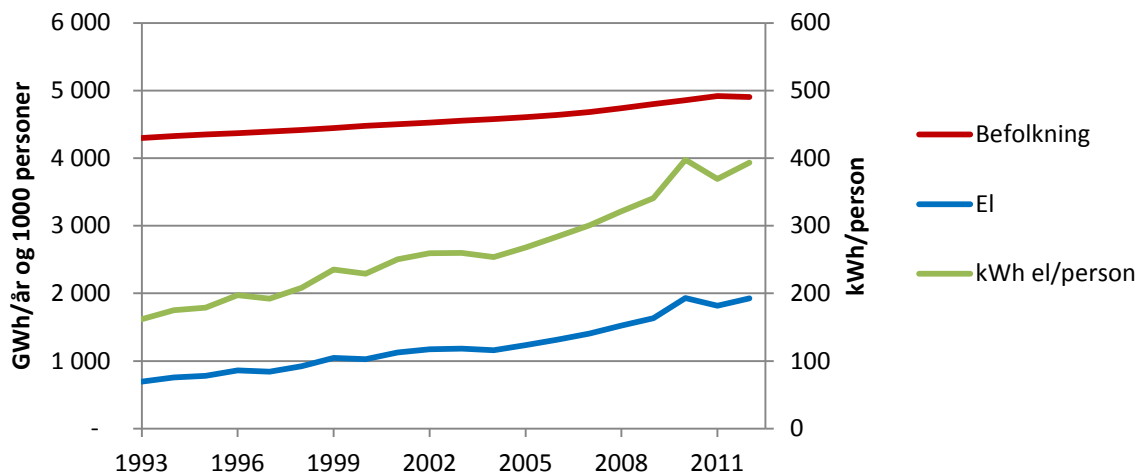
rivningsraten kan være mye høyere etter analyseperiodens slutt i 2050; det er det ikke tatt stilling til her. En årlig rivningsrate på 0,3 % tilsvarer et areal på 0,79 mill. m² per år (inklusive fraflytting).

Renoveringsraten er antatt til 2,0 % årlig og rivningsraten er antatt til 0,3 % årlig.

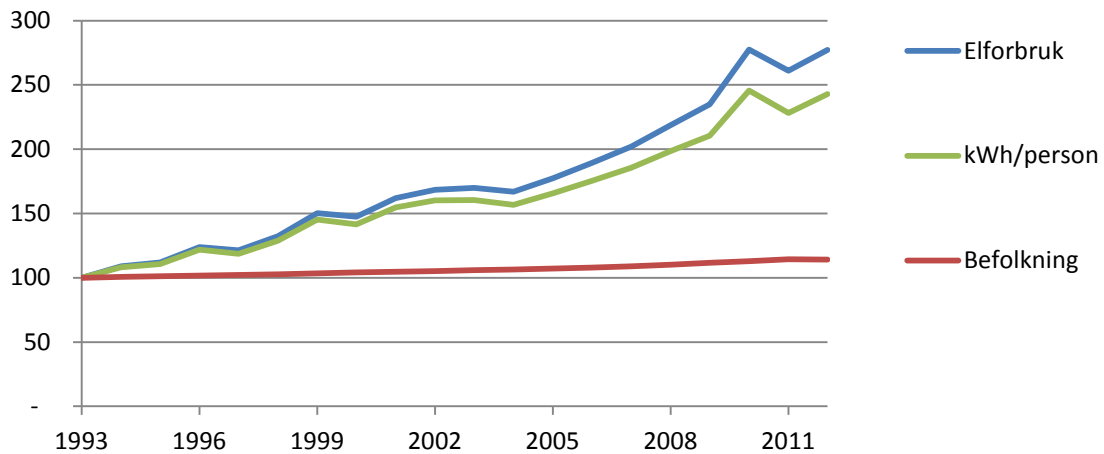
3.1.2.6 Fritidshus

Etterspørsel av elektrisitet til fritidshus har økt sterkt de siste 10 årene og det er skilt ut som en egen gruppe innenfor husholdningssektoren. Forbruk av andre energikilder, spesielt ved, inngår fortsatt i oppvarmingsbehovet til boliger, dvs. det er ikke skilt ut som en egen etterspørselsgruppe.

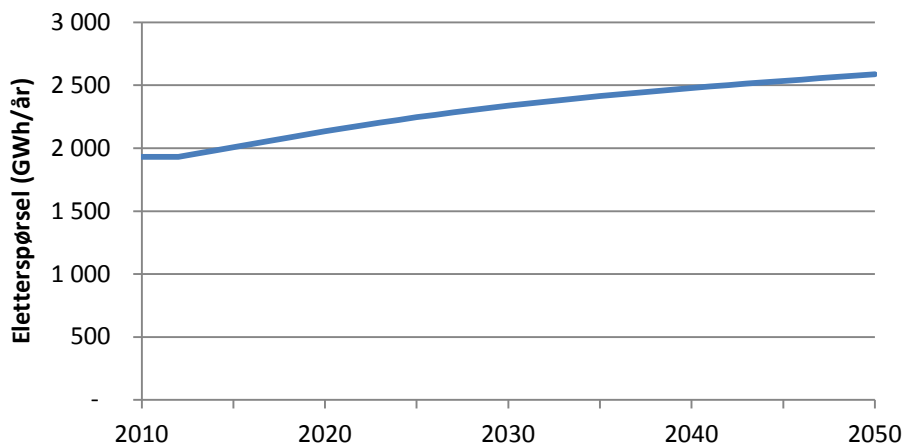
Figur 11 viser utviklingen i elforbruk i fritidshus, befolkningsmengde og elforbruk i fritidshus per innbygger fra 1993 til 2012. Den relative utviklingen er vist i Figur 12. Elforbruket per innbygger viser en sterk vekst i denne perioden da elforbruket har vokst betydelig sterkere enn befolkningsveksten tilsier. Veksten i elektrisitetsforbruk til fritidshus har vært ekstra høy fordi gamle hytter har blitt tilknyttet distribusjonsnett. Denne delen av økningen kan antas å minske fremover, da andelen fritidshus som ikke har nettilknytning, blir stadig lavere. Forbruksveksten er antatt å bestå hovedsakelig av nye fritidshus. Det er valgt å bruke befolkningsveksten for framskrivning av etterspørsel til fritidshus mot 2050. Etterspørselen vil da øke fra 1,9 TWh i 2010 til 2,6 TWh i 2050, se Figur 13.



Figur 11 Forbruk av elektrisitet i fritidshus, befolkningsmengde og elforbruk i fritidshus per person, 1993-2012



Figur 12 Relativ utvikling av elforbruk i fritidshus, elforbruk per person og befolkningsmengde, 1993-2012



Figur 13 Utvikling i elbehov til fritidshus for perioden 2010-2050, GWh/år

3.1.3 Indikatorer

Energibehov beregnes som aktivitet ganger indikator og for husholdninger er aktiviteten boligareal i m^2 og indikatoren er energibruk per areal, kWh/m^2 . Energiforbruk per areal deles minimum inn i etterspørsel etter varme og til elspesifikke formål, da utviklingen er forskjellig.

Formålsfordeling av netto energibehov er en viktig forutsetning for framskrivningene, da ulike virkemidler påvirker ulike deler av husholdningenes energibruk. Dessverre finnes det ikke et sikkert grunnlag å basere en formålsfordeling på. NVE presenterer en grundig gjennomgang av tilgjengelige data [8], og konkluderer med at av totalt gjennomsnittlig årlig forbruk på 21 000 kWh/husholdning, brukes 4500 kWh til elspesifikke formål, hvorav 1000 kWh er til belysning. 2600 kWh brukes til varmt tappevann. Resten av forbruket er til romoppvarming, se Tabell 5. Bruttoforbruk til romoppvarming er regnet om til nettoenergiforbruk basert på en

årlig totalvirkningsgrad fra SSBs beregninger på 92 % [9] og nyttiggjort energibruk til romoppvarming blir da i snitt 12 300 kWh.

Tabell 5 Formålsfordeling av energibehov i husholdninger, brutto energi og nyttiggjort energi, kWh/husholdning og år, samt andel av total

	Bruttoenergi		Nyttiggjort energi	
	kWh/husholdning	andel	kWh/husholdning	andel
Romoppvarming	13 900	66 %	12 300	63 %
Varmtvann	2 600	12 %	2 600	13 %
Belysning	1 000	5 %	1 000	5 %
Annet el.spesifikt	3 500	17 %	3 500	18 %
Varme	16 500	78 %	14 900	77 %
El spesifikt	4 500	22 %	4 500	23 %
Totalt	21 000	100 %	19 400	100 %

Da framskrivningene her er basert på en oppdeling av husholdningene i eksisterende og nye en- og flerfamiliehus, må basisforbruk samt formålsfordeling for disse fire husholdningstypene fastsettes.

Nettoenergi bruk i basisåret er basert på SSBs beregninger i «Husholdningenes energibruk» [9], hvor siste tilgjengelige år er 2009. SSBs tall for våningshus, eneboliger, rekkehus og blokkleiligheter er brukt for å finne totaltall for en- og flerfamiliehus. Disse tallene er brukt for eksisterende boliger sammen med ulike studier av formålsfordelingen beskrevet av NVE [8], og det er antatt at årlig elforbruk til belysning og annet el spesifikt forbruk er 5100 kWh/enfamiliehusholdning og 3000 kWh/flerfamiliehusholdning. Andelen til belysning er antatt å være 1000 kWh av 4500 kWh for gjennomsnittshusholdningen, hvilket tilsvarer et forbruk til belysning på ca. 1100 kWh/år i enfamiliehusholdninger og ca. 700 kWh/år i flerfamiliehusholdninger. Varmvannsforbruket på 2600 kWh for gjennomsnittshusholdningen pr år er vektet mot antall personer per husholdning og i snitt vil da en enfamiliehusholdning bruke ca. 2900 kWh/år og en flerfamiliehusholdning ca. 1700 kWh/år.

For nye husholdninger er det valgt å bruke energibehov til oppvarming basert på byggeforskriftene til TEK10. Da annet energibehov ikke er vesentlig påvirket av byggeforskriftene, er det valgt å anta at forbruket til varmtvann, belysning og annet el spesifikk er likt i nye og gamle boliger, se Tabell 6. Andelen for hvert formål i de ulike boligtypene er vist i Tabell 7.

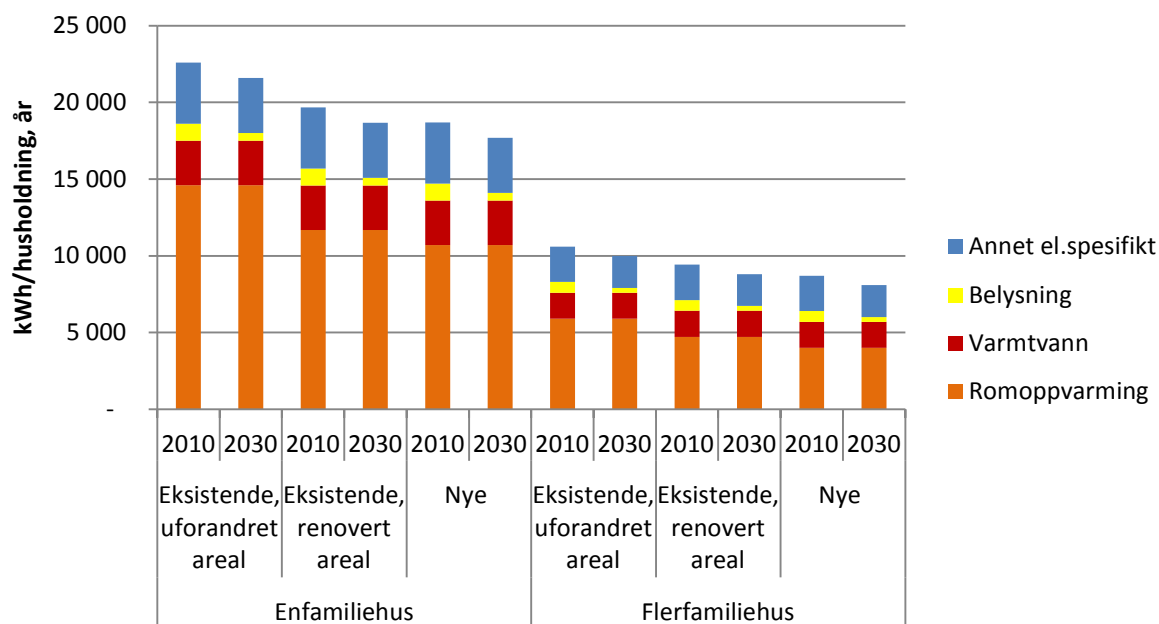
Tabell 6 Formålsfordeling av nyttiggjort energi i husholdninger i basisåret, kWh/bolig

	Eksisterende boliger			Nye boliger		
	Alle	Enfam.	Flerfam.	Alle	Enfam.	Flerfam.
Romoppvarming	12 300	14 600	5 900	7 800	10 700	4 000
Varmtvann	2 600	2 900	1 700	2 300	2 900	1 700
Belysning	1 000	1 100	700	900	1 100	700
Annet el.spesifikt	3 500	4 000	2 300	3 200	4 000	2 300
Total	19 400	22 600	10 600	13 800	18 700	8 700

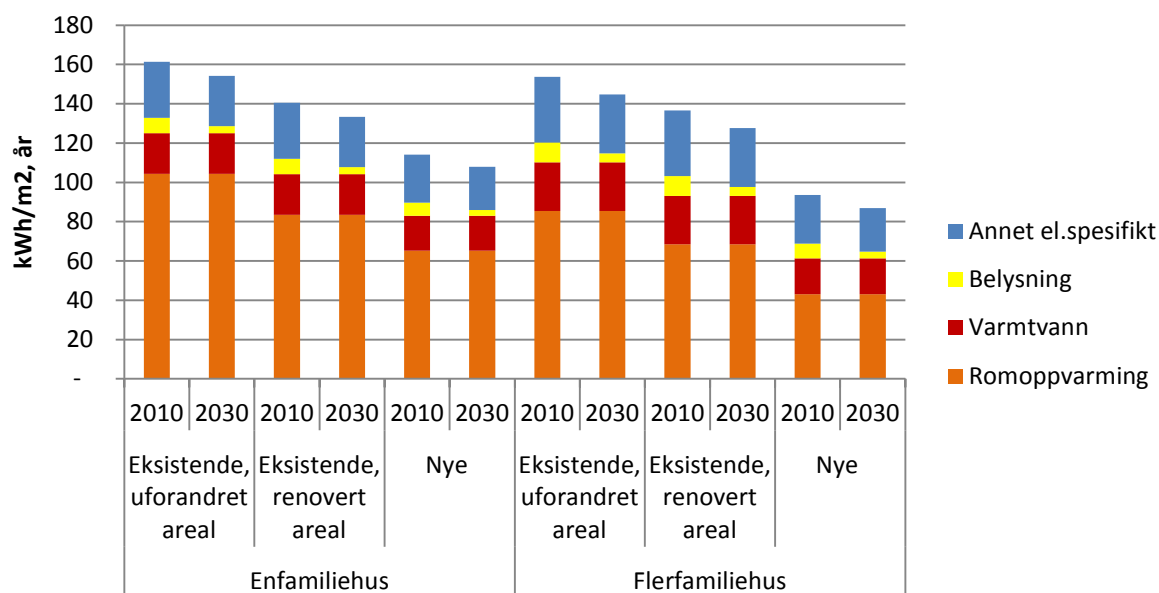
Tabell 7 Formålsfordeling av nyttiggjort energi i husholdninger i basisåret, andel i %

	Eksisterende boliger			Nye boliger		
	Alle	Enfam.	Flerfam.	Alle	Enfam.	Flerfam.
Romoppvarming	63.4 %	64.6 %	55.7 %	53.6 %	57.2 %	46.0 %
Varmtvann	13.4 %	12.8 %	16.0 %	16.7 %	15.5 %	19.5 %
Belysning	5.2 %	4.9 %	6.6 %	6.5 %	5.9 %	8.0 %
Annet el.spesifikt	18.0 %	17.7 %	21.7 %	23.2 %	21.4 %	26.4 %
Total	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Formålsfordelingen vil endre seg med tiden, basert på de antagelser om utviklingen som gjøres. Figur 14 og Figur 15 viser formålsfordelingen for ulike husholdningstyper i 2010 og 2030, henholdsvis per husholdning og per areal (m²). Fra 2030 og fram til 2050 vil formålsfordelingen være lik.



Figur 14 Energibehov fordelt på husholdningstype og formålene romoppvarming, varmtvann, belysning og annet el spesifikt forbruk i 2010 og 2030 (kWh/år og husholdning)



Figur 15 Energibehov fordelt på husholdningstype og formålene romoppvarming, varmtvann, belysning og annet el spesifikt forbruk i 2010 og 2030 (kWh/år og m²)

3.1.4 Sammenstilling av sentrale forutsetninger

For husholdninger beregnes energibehov som boligareal i m² (aktivitet) ganger indikatoren energibruk per areal, kWh/m². Energiforbruket fordeles på eksisterende og nye boliger, enfamilie- og flerfamiliehus samt behov for varme og til elspesifikke formål.

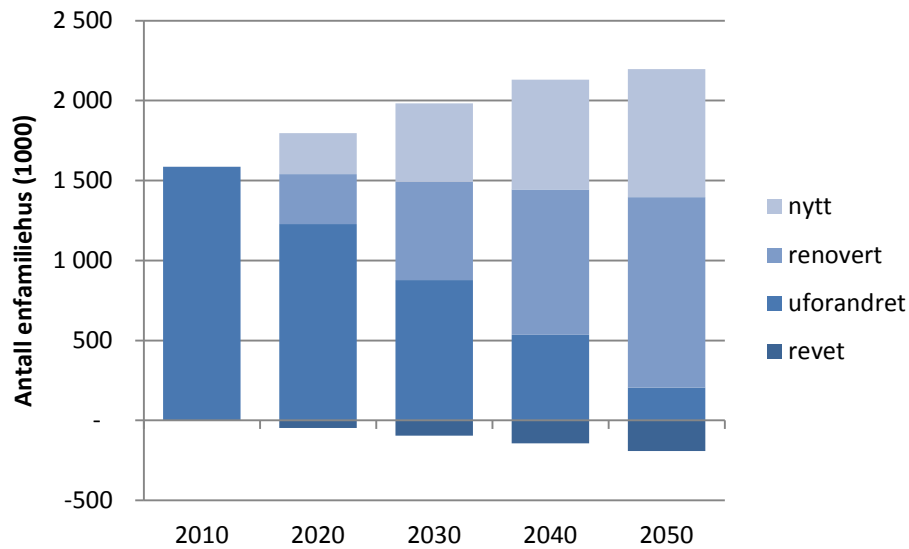
- Befolkningsutviklingen antas å følge MMMM-alternativet til SSB pr juni 2012
- Antallet personer per husholdning er antatt å avta med samme trend som de siste 9 årene og er derfor antatt å være 2,15 i 2020, 2,07 i 2030 og 2,0 i 2040. Etter 2040 er antallet personer per husholdning antatt å forbli 2,0 fram til 2050.
- 56 % av alle nye boliger er enfamiliehus og 44 % av alle nye boliger er flerfamiliehus
- Areal for nye en- og flerfamiliehus antas å bli 164 m²/bolig for enfamiliehus og 93 m²/bolig for flerfamiliehus
- Renoveringsraten er antatt til 2,0 % årlig og rivningsraten er antatt til 0,3 % årlig
- Formålsfordelingen per husholdning som er brukt er 4500 kWh til elspesifikke formål og 14 600 kWh til oppvarmingsformål for eksisterende boliger. For nye boliger antas el spesifikt forbruk å være 4100 kWh/husholdning og oppvarmingsbehovet 10 100 kWh/husholdning.

3.1.5 Resultat (behov)

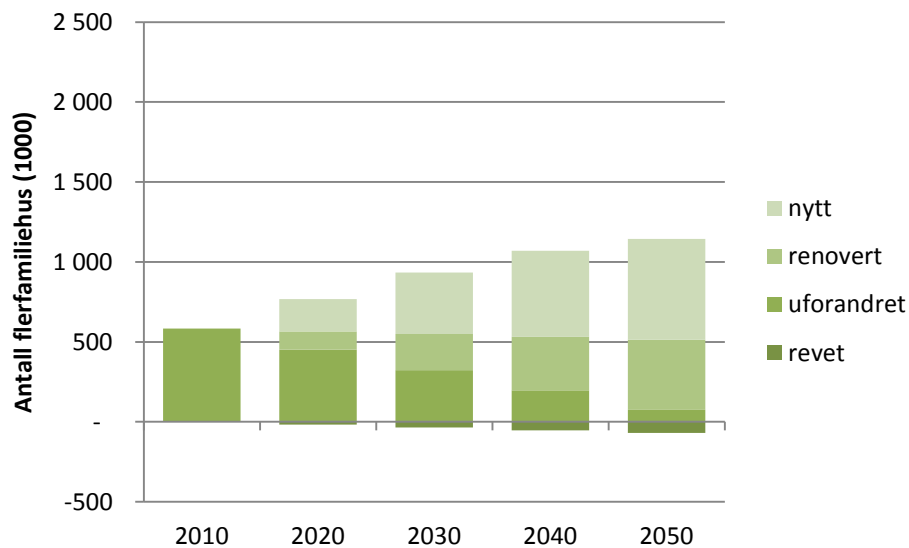
Med de forutsetninger som er beskrevet i forrige avsnitt blir utvikling i areal, energibehov og indikator som presentert nedenfor. Det er også gjennomført en sensitivitetsanalyse og en fordeling på regionnivå.

3.1.5.1 Areal

Med de forutsetninger som er beskrevet i avsnitt 3.1.2 vil antallet husholdninger og arealer for de ulike husholdningstypene utvikle seg som vist i figurene nedenfor. Totalt vil antallet husholdninger øke fra 2,17 mill. i 2010 til 2,92 mill. i 2030 og 3,34 mill. i 2050 fordelt på en økning av enfamiliehusholdninger fra 1,59 i 2010 til 2,20 i 2050 og flerfamiliehusholdninger fra 0,58 mill. i 2010 til 1,14 mill. i 2050.

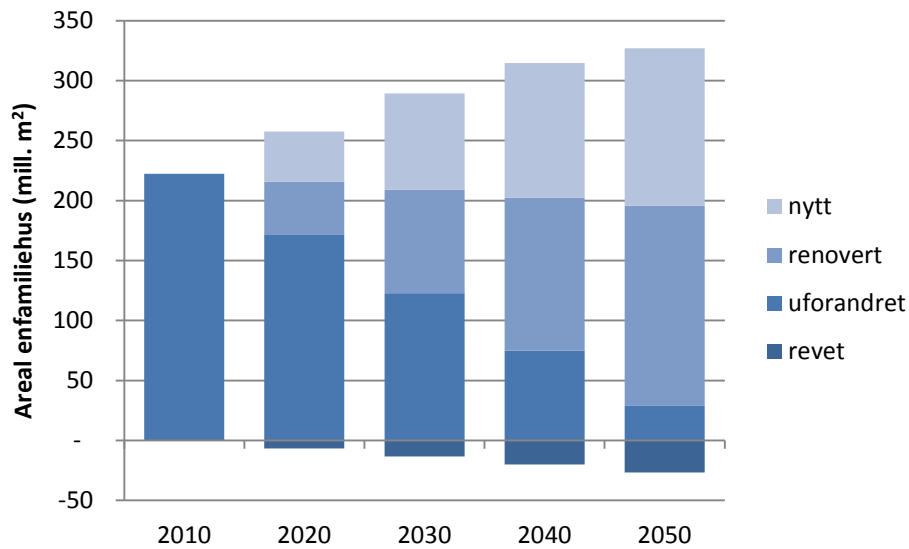


Figur 16 Antall enfamiliehusholdninger i perioden 2010-2050 fordelt på revet, nybygget, renoveret og uforandret (1000 husholdninger)

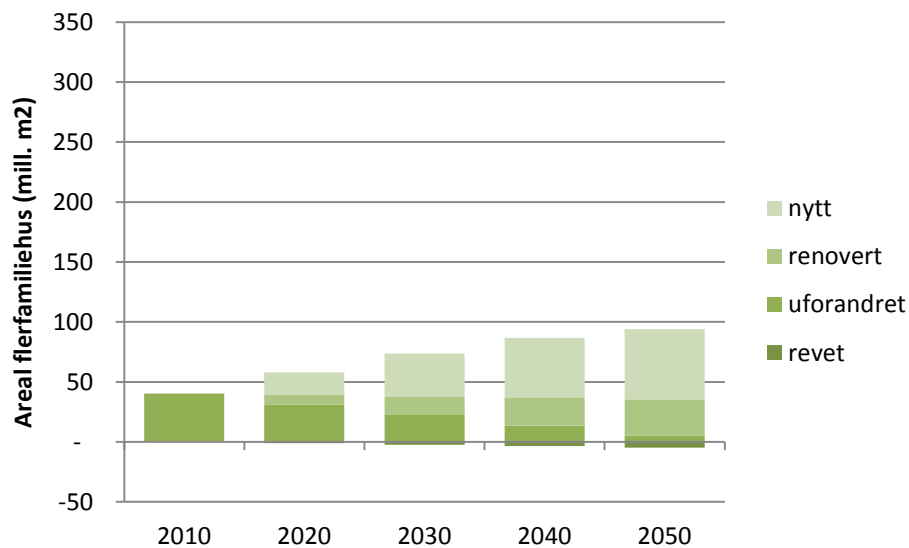


Figur 17 Antall flerfamiliehusholdninger i perioden 2010-2050 fordelt på revet, nybygget, renoveret og uforandret (1000 husholdninger)

Arealet øker totalt fra 263 mill. m² i 2010 til 421 mill. m² i 2050, fordelt på 327 mill. m² i enfamiliehusholdninger og 94 mill. m² i flerfamiliehusholdninger (sammenlignet med hhv 222 og 40 mill. m² i 2010).

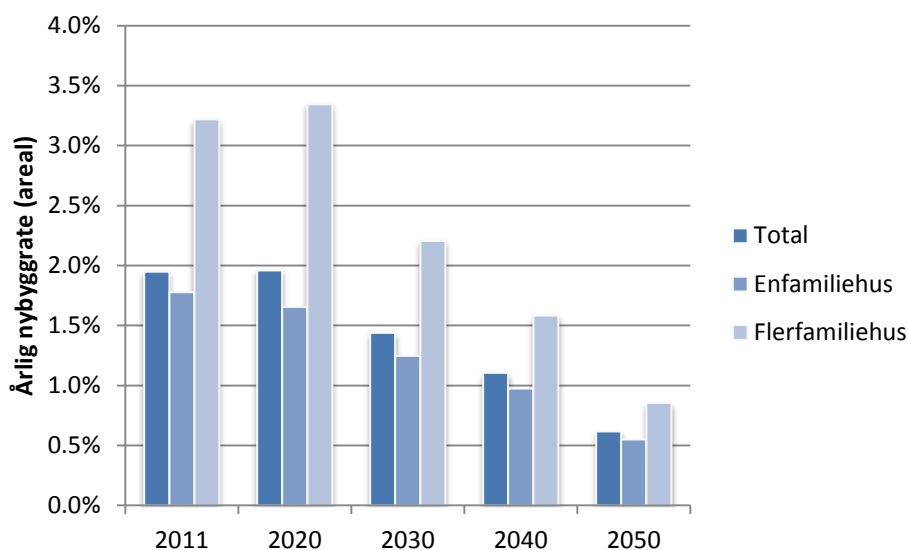


Figur 18 Areal i enfamiliehusholdninger 2010-2050 fordelt på revet, nybygget, renoveret og uforandret (mill. m²)



Figur 19 Areal i flerfamiliehusholdninger 2010-2050 fordelt på revet, nybygget, renoveret og uforandret (mill. m²)

Framskrivningene resulterer i årlige nybyggrater som vist i Figur 20. Nybyggraten er høyest for flerfamiliehus som blir 3,3 % i 2020 og faller til 0,9 % i 2050. For enfamiliehus blir nybyggraten 1,7 % i 2020 og 0,6 % i 2050 og totalt for alle husholdninger er nybyggraten 2,0 % i 2020 og 0,6 % i 2050.



Figur 20 Årlige nybyggrater (nybygget areal av totalt areal)

3.1.5.2 Energibehov

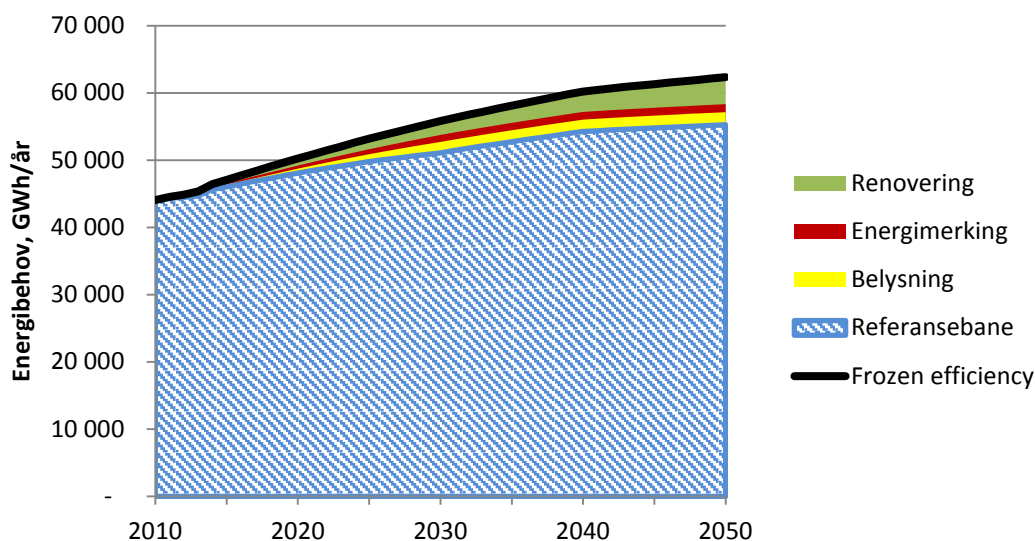
I referansebanen er det antatt at husholdninger som blir renovert bruker 20 % mindre energi til oppvarming enn eksisterende hus. Det tilsvarer omtrent at de er klassifisert med et energimerke et nivå høyere.

Energimerkedirektivet stiller energikrav til ulike typer utstyr og fører isolert sett til at energibruken for samme mengde utstyr går ned. Det er usikkert hvor mye mer utstyr som tas i bruk, og det er derfor vanskelig å estimere samlet energibesparelse som følge av direktivet. Det er her antatt at besparelsen er 5 % av el spesifikk etterspørsel i 2020 og 10 % i 2030 (deretter konstant).

Effekten av utfasing av glødepærer mm er tidligere estimert til 30 % lavere energibruk til belysning i 2020 sammenlignet med 2007 og 60 % lavere i 2030 [10]. Da en del av dette potensialet er gjennomført i 2010, som er basisåret i denne studien, er det her antatt at besparelsen i 2020 er 25 % av forbruket til belysning i 2010 og i 2030 er besparelsen 55 %.

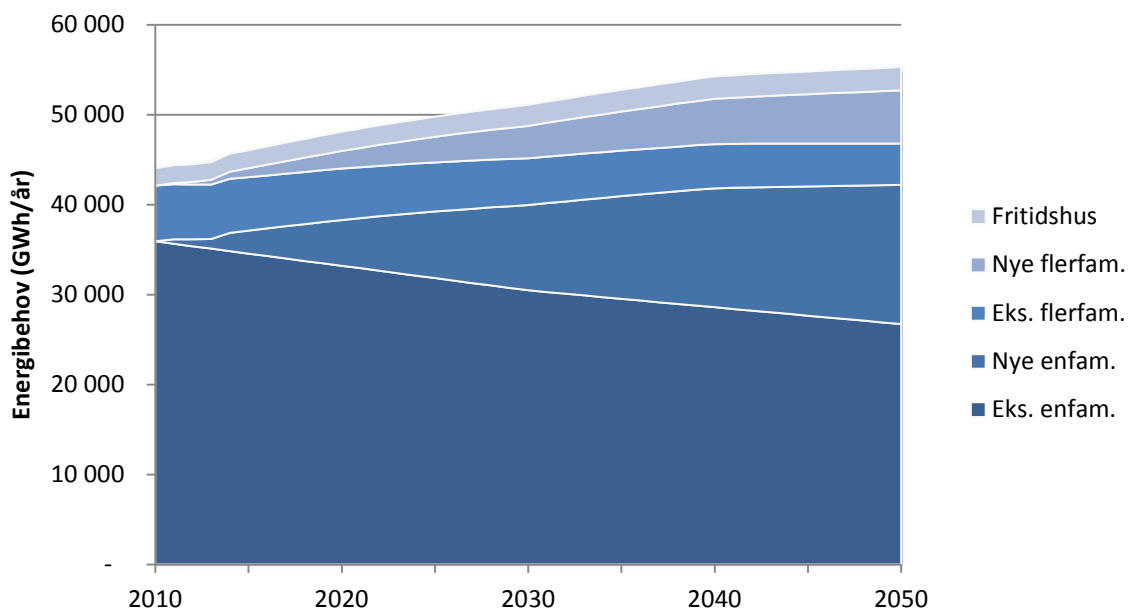
Følgende er inkludert i referansebanen: energieffektivisering på 20 % i de 2 % som årlig renoverer sine boliger, årlig effektivisering av el spesifikt utstyr som følge av energimerkedirektivet og redusert elbehov til belysning som følge av glødepæreforbudet, se Figur 21. De representerer en besparelse i 2050 på henholdsvis 4 TWh fra renovering, 1,2 TWh fra energimerking, og 1,8 TWh fra belysning. I forhold til «frozen efficiency» hvor ingen forbedring av energieffektivisering gjennomføres tilsvarer det en besparelse på 7 TWh i 2050 eller 11 % av netto energibehov.

I referansebanen øker energibehovet i husholdninger fra 44 TWh i 2010, til 51 TWh i 2030 og 55 TWh i 2050.

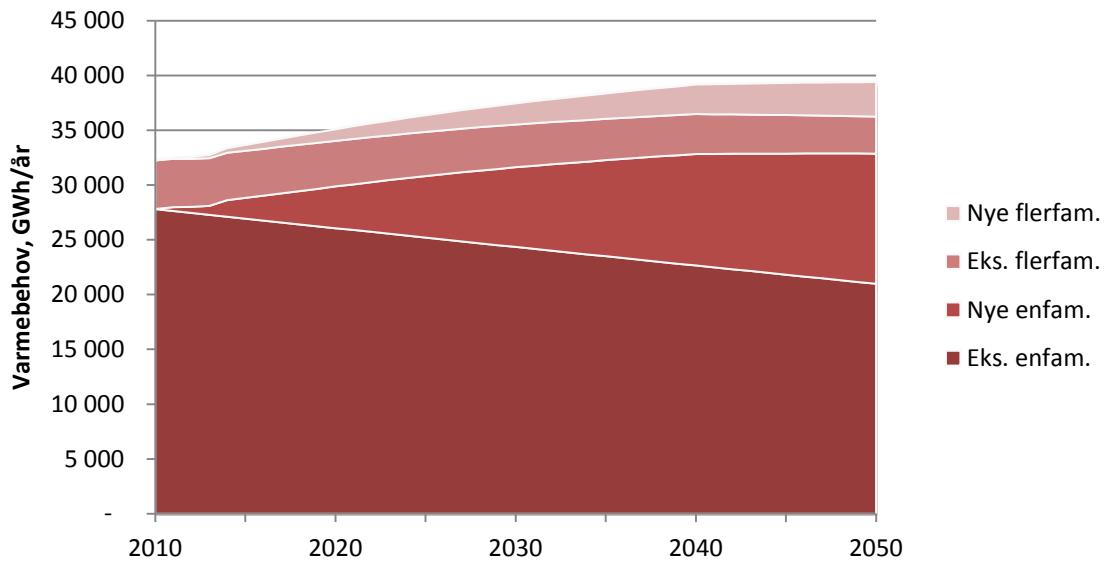


Figur 21 Energibehov totalt for husholdningssektoren, 2010-2050 (GWh/år)

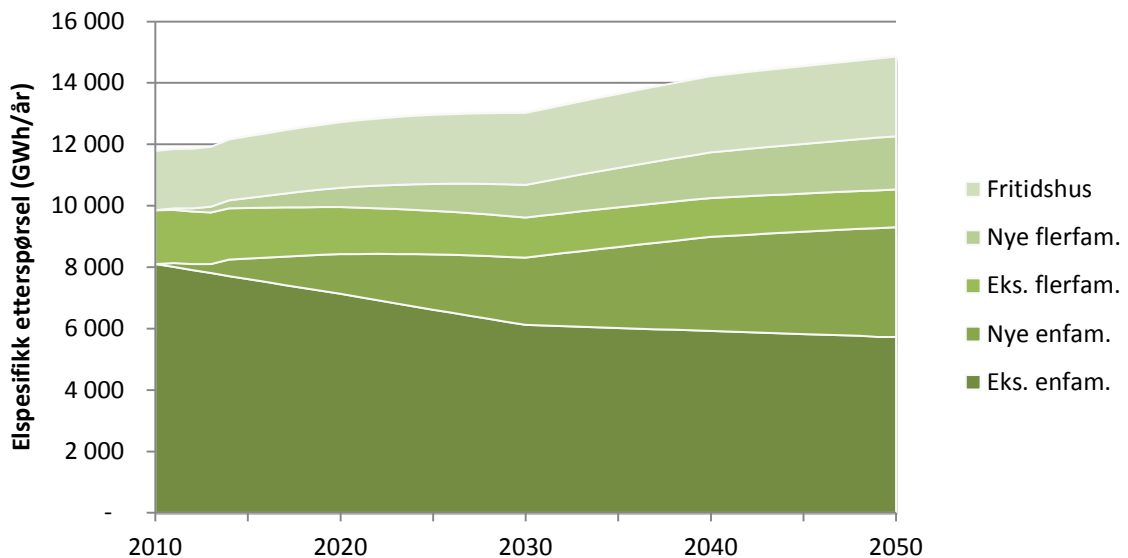
Energibehov i husholdningene vil med de tidligere beskrevne forutsetningene øke fra 44 TWh 2010 til 55 TWh i 2050 (netto energitjenestebehov), se Figur 22. Det tilsvarer en økning på 25 % og til sammenligning øker antallet husholdninger med 54 % og boligarealet med 60 %. Etterspørselen av oppvarming øker fra 32 TWh i 2010 til 39 TWh i 2050, se Figur 23. Den elspesifikke etterspørselen øker fra 12 TWh i 2010 til 15 TWh i 2050, se Figur 24. De første årene er basert på energistatistikken og fra 2014 viser figurene framskrivninger. Det elspesifikke behovet avtar raskere fram til 2030 på grunn av effekten av energimerking og glødepæreforbud som inngår i referansebanen (se tidligere beskrivelse).



Figur 22 Utvikling i totalt energibehov i husholdningene, 2010-2050, fordelt på eksisterende og nye en- og flerfamiliehus (GWh/år)



Figur 23 Utvikling i energibehov til oppvarming i husholdningene, 2010-2050, fordelt på eksisterende og nye en- og flerfamiliehus (GWh/år)



Figur 24 El spesifikk etterspørsel i husholdninger 2010-2050, fordelt på eksisterende og nye en- og flerfamiliehus (GWh/år)

3.1.5.3 Indikatorer

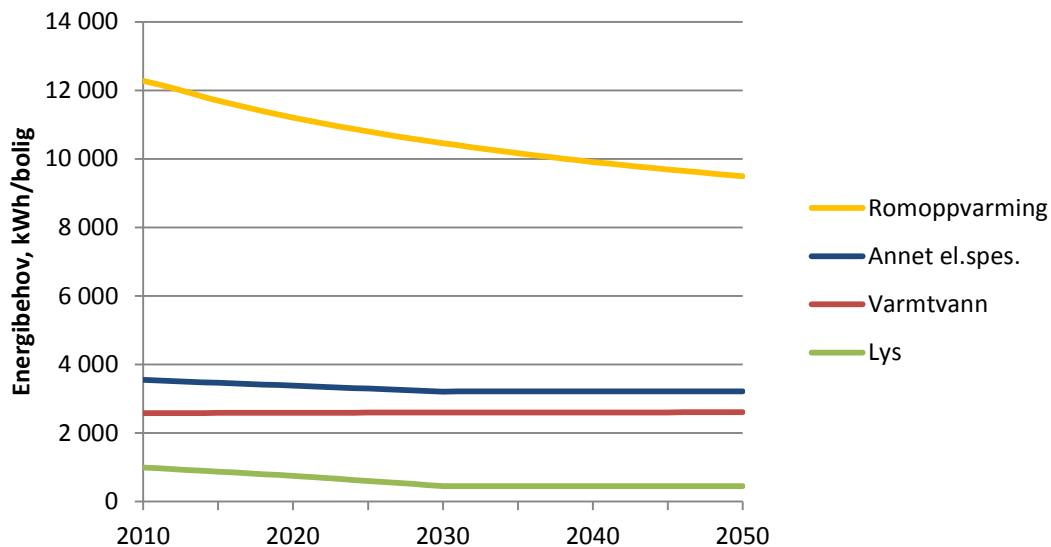
Energibehovet for hele boligmassen for hver av de fire formålene (romoppvarming, varmt tappevann, lys og annet el.spesifikt) er delt på antallet boliger, arealet og befolkningsmengden, se Figur 25 - Figur 27.

Energibehovet til romoppvarming reduseres for alle tre indikatorene (kWh/bolig, kWh/m² og kWh/person) på grunn av lavere energibehov til både nye og renoverte boliger.

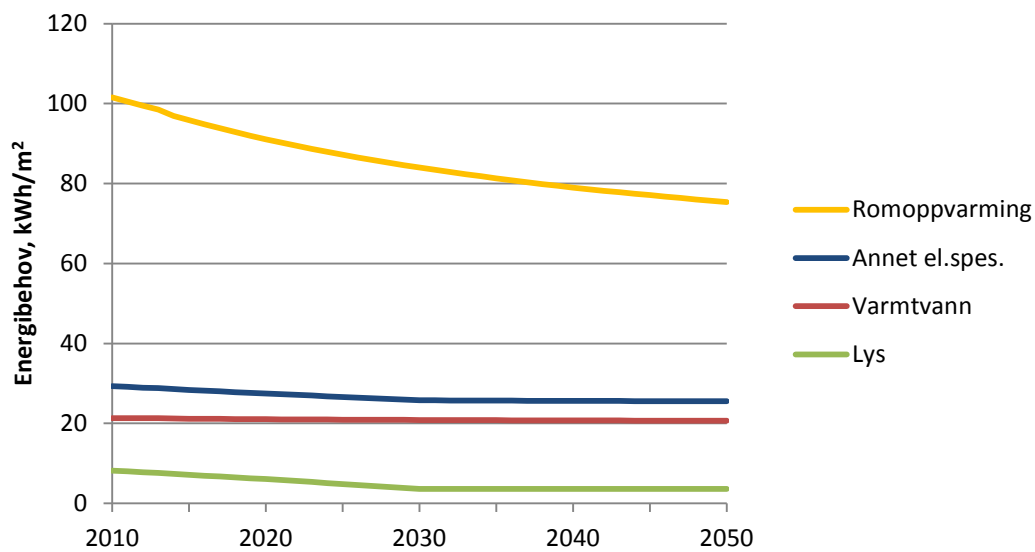
Energibehov til belysning viser en redusert trend frem til 2030 og deretter et konstant forbruk for de tre indikatorene.

Energibehovet til varmtvann er i forutsetningene holdt konstant per husholdning. Denne forutsetningen fører sammen med antatt befolkningsutvikling til at indikatoren kWh/person øker noe utover i perioden (+13 % fra 2010 til 2050). Konstant energibehov til varmtvann fører sammen med befolkningsutvikling og antagelser om husholdningsstørrelse og arealer for nye boliger til at indikatoren kWh/m² minsker noe utover i perioden (-3 % fra 2010 til 2050).

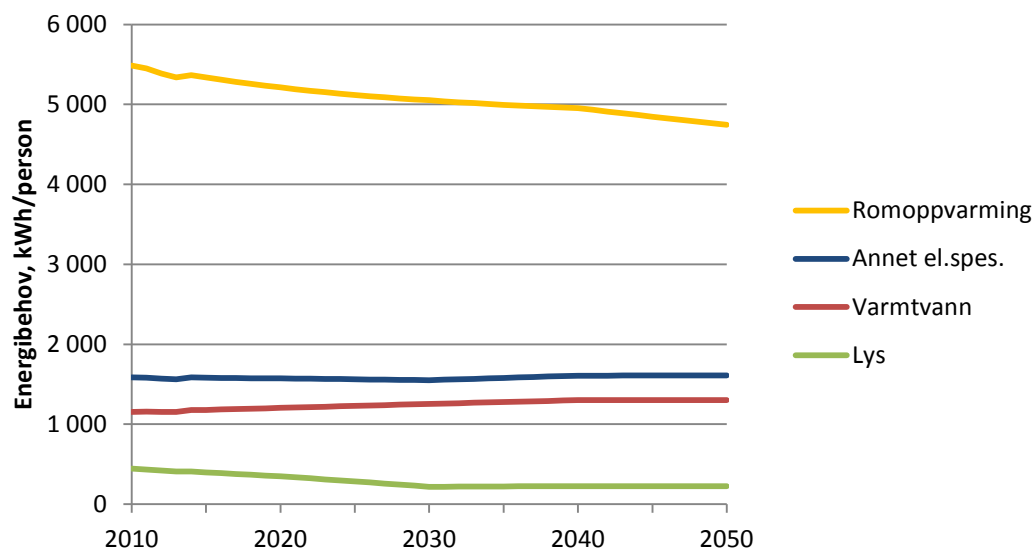
Energibehov til annet el spesifikt forbruk er også antatt å være konstant i utgangspunktet men i referansebanen er det også antatt at energimerkedirektivet fører til en liten reduksjon i etterspørselen fram til 2030. Disse forutsetningene resulterer i at kWh/bolig og kWh/m² blir redusert med henholdsvis 9 % og 13 % fra 2010 til 2030 (og 2050), samtidig som kWh/person øker med 2 % fra 2010 til 2030.



Figur 25 Energibehov per bolig 2010-2050 (kWh/bolig)



Figur 26 Energibehov per boligareal 2010-2050 (kWh/m²)



Figur 27 Energibehov per person i 2010-2050 (kWh/person)

3.1.5.4 Sensitivitetsanalyse

Sensitiviteten for noen av forutsetningene som er benyttet til framskrivningen av energibehov er variert for å gi et bilde av betydningen av de valg som er gjort. Befolkningsutviklingen er den viktigste parameteren med den metodikk som er benyttet. Hvis alle andre parametere holdes konstant vil en befolkningsutvikling som det lave (LLML) og det høye (HMH) alternativet til SSB 2012 resultere i henholdsvis et redusert energibehov på ca. 15 % eller en økt etterspørsel på ca. 26 % i 2050.

Antallet personer per husholdning er variert fra referansebanens 2,0 i 2050 til 1,85 (lik antagelsen i Perspektivmeldingen 2004) og holdt konstant på dagens nivå (2,21 personer/husholdning). Disse to variantene resulterer i henholdsvis et økt energibehov på 8 % eller en redusert etterspørsel på 9 %.

En halvert renoveringsrate fra 2 % per år til 1 % per år fører til et økt energibehov på 4 %. En økning av renoveringsraten til 3 % per år, gir 2 % lavere etterspørsel. Hvis rivningsraten ikke er 0,3 % per år som i referansebanen, men 0 % blir etterspørselen 1 % høyere. Hvis rivningsraten økes til 1 % årlig, reduseres etterspørselen med 2 %.

Antagelsene om nybygg er også variert, både arealet for nye boliger og andelen en/flerfamiliehus. Tabell 8 viser noen nøkkeltall for de ulike sensitivitetsanalysene og endringen av totalt energibehov og parameteren som er forandret i forhold til basisantagelsene. Alle tallene gjelder 2050.

Tabell 8 Sensitivitetsanalyse av noen parametere og resulterende verdier i 2050

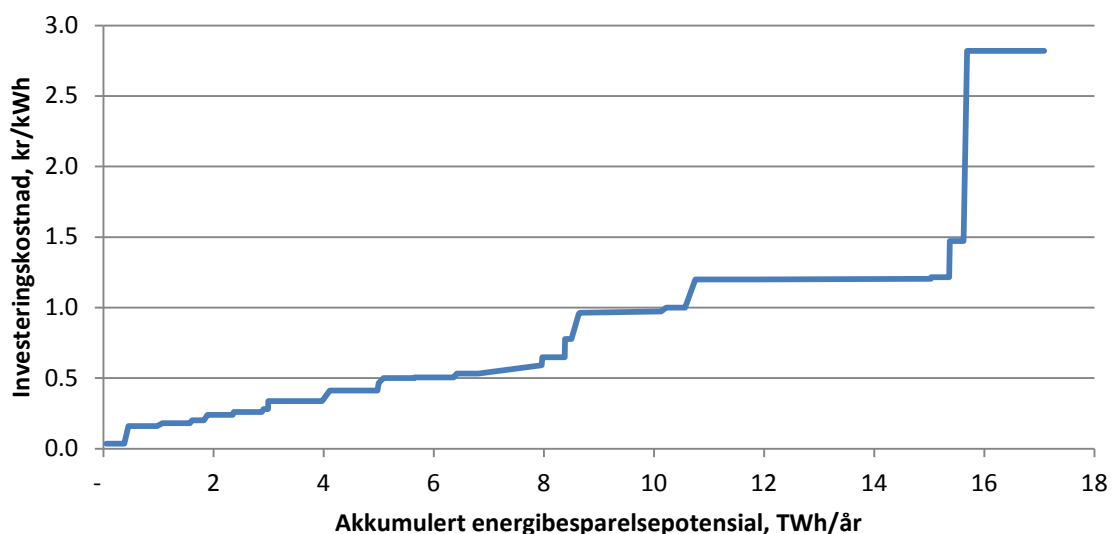
Parameter	Antall			Areal			Etterspørsel REF			Endring i forhold til basis	
	Boliger	Andel enfam	Andel nye	Totalt	Andel enfam	Andel nye	Total	Varme	El. spes.	Total ettersp	Parameter
Basis	3 341	66 %	43 %	421	78 %	45 %	52.68	39.41	12.27		
Befolknings-mengde LLML	2 823	68 %	32 %	352	79 %	34 %	44.96	33.97	10.34	-15 %	-15 %
Befolknings-mengde HHMH	4 197	64 %	54 %	535	76 %	57 %	65.46	48.40	15.45	24 %	26 %
Personer per husholdning konstant 2.21 fra 2013-2050	3 024	67 %	37 %	379	79 %	39 %	47.95	36.08	11.09	-9.0 %	11 %
Personer per husholdning 1.85 i 2050	3 611	65 %	47 %	457	77 %	49 %	56.73	42.25	13.27	7.7 %	-8 %
Andel enfamiliehus av nybygg 50 %	3 341	63 %	43 %	415	75 %	44 %	51.83	38.56	12.12	-1.6 %	11 %
Andel enfamiliehus av nybygg 60 %	3 341	67 %	43 %	425	79 %	46 %	53.25	39.97	12.37	1.1 %	18 %
Areal nye enfamiliehus 180 m ²	3 341	66 %	43 %	434	78 %	47 %	54.19	40.57	12.62	2.9 %	10 %
Areal nye enfamiliehus 150 m ²	3 341	66 %	43 %	410	77 %	44 %	51.36	38.39	11.96	-2.5 %	-9 %
Areal nye flerfamiliehus 80 m ²	3 341	66 %	43 %	413	79 %	44 %	51.86	38.97	12.03	-1.6 %	-14 %
Areal nye flerfamiliehus 110 m ²	3 341	66 %	43 %	432	76 %	46 %	53.76	39.98	12.59	2.0 %	18 %
Renoveringsrate 1 %	3 341	66 %	43 %	421	78 %	45 %	54.68	41.41	12.27	3.8 %	27 %
Renoveringsrate 3 %	3 341	66 %	41 %	420	78 %	43 %	52.07	38.85	12.26	-1.2 %	28 %
Rivningsrate 0 %	3 341	67 %	35 %	418	79 %	37 %	53.35	40.28	12.25	1.3 %	
Rivningsrate 1 %	3 341	63 %	59 %	427	75 %	62 %	51.38	37.66	12.31	-2.5 %	333 %

3.1.5.5 Geografisk fordeling

Framskrivningene av energibehov i husholdningene er beregnet for hele Norge. I TIMES-Norway er etterspørsel av energitjenester inndata for hver av de fem geografiske områdene i modellen. Det kunne vært beregnet en framskrivning med samme metodikk som er brukt for hele Norge, for hvert av de fem områdene, hvor ulike antagelse om utvikling i antall personer per husholdning, fordeling på en- og flerfamiliehus, arealer etc. gjøres for hvert område. Det vil imidlertid være mer ressurskrevende enn å lage en nasjonal framskrivning. Derfor er de totale tallene for hele landet fordelt på de fem områdene ved hjelp av kommunale befolkningsframskrivninger til 2040. I tillegg er det korrigert for ulikheter i normaltemperatur (normalgraddagstall) for de fem områdene. Det er ikke tatt hensyn til om årlig renoveringsrate eller rivningsrate er forskjellig i ulike deler av landet.

3.1.6 Energieffektivisering

Det er beregnet et potensial for økt energieffektivisering i eksisterende og nye husholdninger basert på ulike tilgjengelige studier; Enova's Potensial- og barrierestudie [6], Klimakur2020 [11], Siemens Oslo SmartCity [12] og Energimyndighetens energikalkulator [13]. Som inndata til TIMES-Norway blir potensialet beregnet for hvert analyseår som en %-andel av energibehov. For å illustrere potensialet er det laget en figur som viser akkumulert potensial som funksjon av investeringskostnaden (beregnet som investeringskostnad i kr delt på besparelse i kWh/år og delt på levetiden), se Figur 28. Potensialet i Figur 28 er basert på energibehov i 2020 og varierer med analyseår.



Figur 28 Akkumulert energieffektiviseringspotensial i husholdninger basert på energibehov i 2020 som funksjon av investeringskostnad (ekskl. varmepumper og solceller), TWh/år

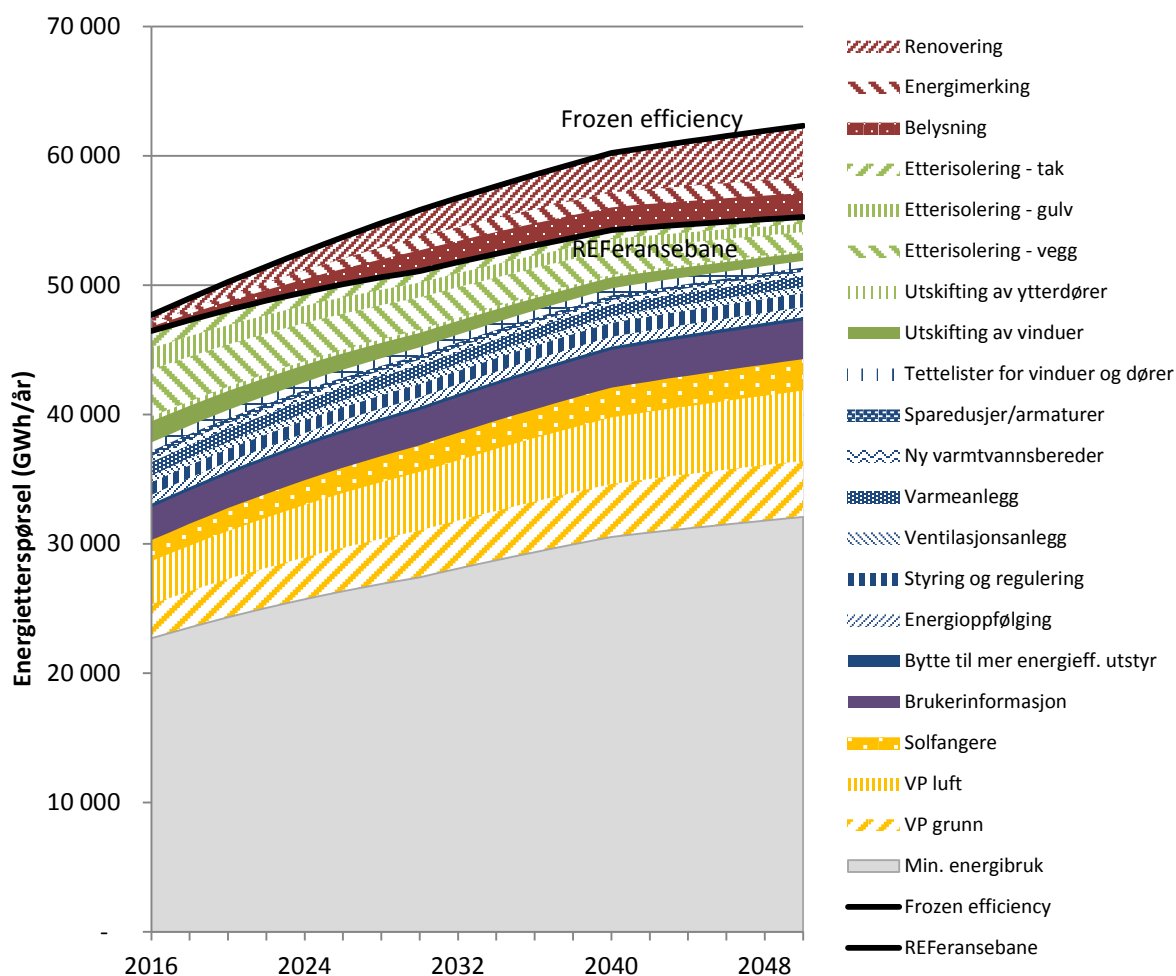
Tiltakene som er beskrevet som energieffektiviseringstiltak her må ikke være inkludert i det som er lagt inn i beregningene av referansebanen (inndata til TIMES-Norway), da disse tiltakene skal komme i tillegg og er modellert i TIMES-Norway. Energieffektiviseringstiltakene er gjort tilgjengelige i modellen fra 2016, mens potensialet er definert som null i 2010-2014. Det er knyttet usikkerhet til både kostnader og energibesparingspotensialer og disse varierer mye mellom ulike typer husholdninger. Det er behov for ytterligere bearbeiding av disse

tallene, men de som er brukt nå er ment å indikere mulig potensial og kostnad ved implementering av ulike typer energieffektivisering, på tross for den store usikkerheten.

I TIMES-Norway er varmepumper modellert som et teknologivalg på lik linje med andre sluttbrukerteknologier som panelovner og kjeler og varmepumper inngår derfor ikke i energieffektiviseringstiltakene beskrevet over. I flerfamiliehus er det mulig å velge ulike typer av varmepumper koblet til oppvarmingssystemet (men ikke små luft-luft varmepumper) og i enfamiliehus er det også mulig å velge luft-luft varmepumper. Varmepumper koblet til oppvarmingssystemet kan redusere innkjøpt energi med 45% og luft-luftvarmepumper kan redusere innkjøpt energi med 25%. Årsaken til forskjellen er at luft-luftvarmepumper ikke varmer opp alle rom i boligen og ikke bidrar til varmtvannsoppvarming.

Referansebanen er basert på vedtatt politikk og derfor er det TEK10 som er basis for beregningene av energibehov i nye bygg. Et av EE-tiltakene er «bedre TEK» og da er det lagt til grunn at etterspørselen blir tilsvarende lavenergihus istedenfor TEK10. Dette er bare beregnet for eksisterende hus, da vurdering av strengere tekniske forskrifter ved nybygg vil være interessant å analysere som et virkemiddel senere.

En skisse over mulighetene for energibesparelser som er inkludert i TIMES-Norway er presentert i Figur 29.



Figur 29 Skisse av muligheter for redusert energibruk i TIMES-Norway, 2016-2050 (GWh/år)

3.2 Tertiær sektor med primærnæringer og bygg & anlegg

3.2.1 Metodikk

I dette avsnittet er det valgt å inkludere framskriving av energibehov i primærnæringer og bygg & anleggssektoren med framskrivingene av tertiær sektor. Der hvor begrepene «totalt service» eller «totalt tertiær sektor» brukes er ikke primærnæringer eller bygg & anleggssektoren inkludert. Framskrivingene av energibehov er basert på en fordeling av nyttiggjort energibruk i basisåret fordelt på de ulike næringsgruppene og på tre formål (varme, kjøling og el.spesifikt forbruk). Etterspørselen i basisåret framskrives hvert år fram til 2050 ved hjelp av valgte drivere. For mange av næringsgruppene innenfor primær- og tertiærsektorene er areal en naturlig parameter, men ikke for alle. Det er derfor benyttet følgende fordeling:

- «Areal næringer»: for næringsgruppene undervisning, helse, hotell, kontorer og varehandel brukes areal som aktivitetsvariabel. Indikatoren blir da energibehov per areal (kWh/m²) fordelt på formålene varme, kjøling og behov til elspesifikke formål.
- «Arealuavhengige næringer»: for primærnæringer, bygg & anlegg og annen tjenesteyting (fritid og annen personlig tjenesteyting, dvs. f.eks. idrettsanlegg, museer vaskerier, frisører og mye mer) er areal er ikke vurdert som en naturlig parameter. Her brukes istedenfor befolkningen som aktivitetsvariabel. Indikatoren blir da energibehov per person (kWh/person).

For næringsgruppene hvor areal brukes som en driver, beregnes arealutvikling fordelt på:

- Uforandret areal av eksisterende bygg
- Renovert areal
- Revet areal
- Nytt areal

Framskrivingene baseres på årlige vekstrater etter følgende prinsipper for beregning av energibehov for hvert av formålene (varme, kjøling, el.spesifikt):

- Arealuavhengig næring: $E_t = E_{\text{basisår}} * (1 + \text{årlig vekstrate}) = A_0 * (1 + \text{vekstrate}) * I$
- Med areal som aktivitetsvariabel:
 - $E_{\text{Uforandrede bygg}} = A_{\text{uforandret}} * I_{2010}$
 - $E_{\text{Bygg som er renovert}} = A_{\text{renovert}} * I_{2010} * (1 - \% \text{forbedring})$
 - $E_{\text{Nye bygg}} = A_{\text{nytt}} * I_{\text{TEK10 energiramme varme/kjøling/el.spes.}}$
- Arealframskriving:
 - Totalt areal = $A_{2010} * (1 + \text{årlig vekstrate})$
 - Renovert areal = $(A_{2010} - A_{\text{revet}}) * \text{renoveringsrate}$
 - Revet areal = $A_{2010} * \text{rivningsrate}$
 - Uforandret areal = $A_{2010} - A_{\text{revet}} - A_{\text{renovert}}$
 - Nytt areal = $A_{\text{totalt}} - A_{2010} - A_{\text{revet}} - A_{\text{renovert}}$

3.2.2 Aktivitet / drivere

En metode å framskrive energibehov i tertiær sektor er ved å bruke framskrivning av timeverk eller bruttoprodukt fra en økonomisk modell, ofte sammen med antagelser om effektiviseringsfaktorer. Da en utvikling av disse parameterne ikke er tilgjengelig, må en annen metodikk brukes. Befolkningsframskrivinger har en sentral rolle i mange framskrivinger av både energibehov og økonomisk utvikling og er valgt som den grunnleggende driveren i vårt arbeid.

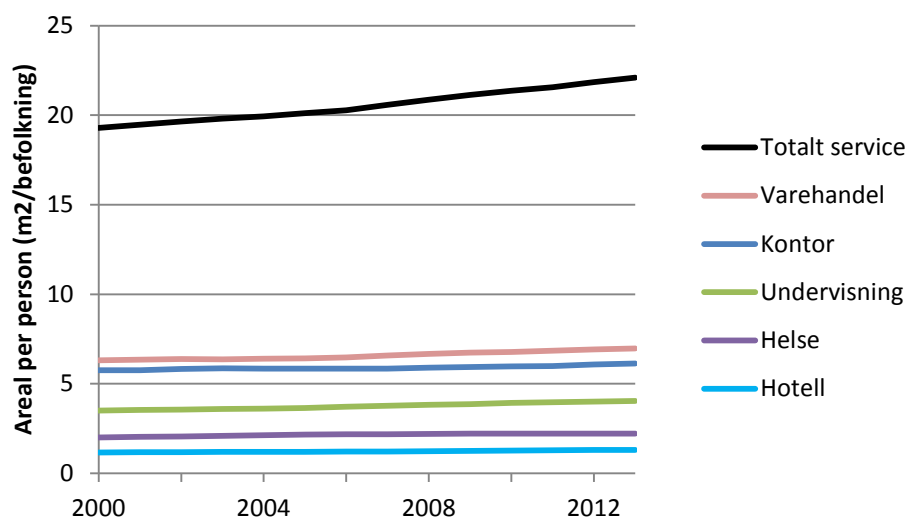
Areal er valgt som aktivitetsvariabel for næringsgruppene undervisning, helse, hotell, kontorer og varehandel. Utvikling av areal innenfor hver næringsgruppe blir påvirket av et stort antall drivere. En viktig driver for energibruk i næringsbygg er befolkningsveksten og framskrivning av denne er beskrevet i avsnitt 3.1.2.1. Innenfor primærnæringer, bygg & anlegg og annen tjenesteyting er det vurdert at befolkning er en bedre aktivitetsvariabel, da energibruken ikke er direkte knyttet til arealutnyttelse.

NVE har studert trender og drivere for energibruk i henholdsvis kontorbygg og forretningsbygg [14, 15]. Drivere er her definert som faktorer som påvirker energibruken slik at den endres, eksemplifisert ved befolkningsvekst, økonomisk utvikling, endring i næringsstruktur og endring i utetemperatur. Det er også beskrevet trender og forventet utvikling fordelt på energipostene i TEK (romoppvarming, oppvarming av tappevann, ventilasjonsvarme etc.). Analysene i NVE-rapportene er basert på andre typer drivere som byggeforskrifter, strengere krav til inn klima og komfort, mer effektiv belysning, mer utstyr etc. For kontorbygg er de viktigste driverne for økt energibruk dårlig drift og økt bruk av kjøling og ventilasjon. Det er definert at første hoveddriver for energibruk i kontorbygg er arealet og andre hoveddriver er spesifikk energibruk [14].

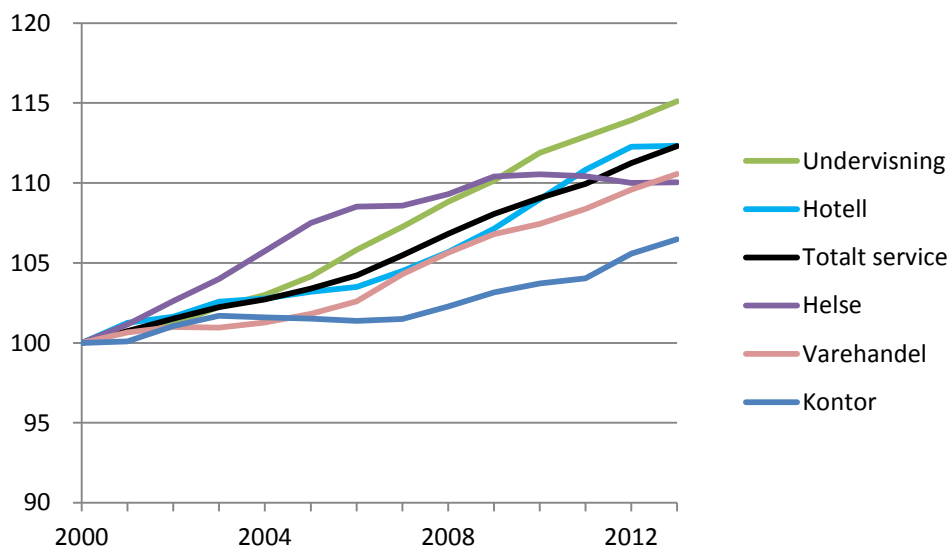
I NVE-rapporten for forretningsbygg [15] nevnes drivere for arealutvikling som befolkningsvekst, økonomisk vekst, arealkostnader, forskrift om rikspolitisk bestemmelse for kjøpesentre, sentralisering og økt netthandel. Av drivere som påvirker spesifikk energibruk diskuteres byggeforskrifter, fokus på energibruk og miljøbevissthet, driftsfokus, butikkstørrelse, energipriser, åpningstider og temperaturutvikling. De viktigste driverne for arealutvikling er befolkningsutvikling og økonomisk vekst. Viktige drivere for utvikling i spesifikk energibruk i forretningsbygg ble identifisert som byggeforskrifter, mer energieffektivt utstyr, økt energi- og driftsfokus, energipriser, åpningstider og endret matvareutvalg.

3.2.2.1 Befolkning og arealer

Utvikling av arealer er en av de viktigste parameterne for analyser av framtidig energibehov, fordi oppvarming er en vesentlig del av energibruken og en betydelig andel av aktuelle virkemidler er rettet mot et lavere oppvarmingsbehov. Arealutviklingen påvirkes av befolkningsutviklingen, men utviklingen er ikke «1-til-1» i alle næringstyper, se Figur 30 og Figur 31.



Figur 30 Areal for ulike næringsbygg delt på befolkningsmengde og totalt for tertiær sektor, 2000-2013 (m2/befolkning)



Figur 31 Relativ utvikling av areal per innbygger totalt for servicesektoren og for utvalgte næringsgrupper, 2000-2013

Det er generelt dårligere statistikkgrunnlag for næringsbygg enn for boliger. Arealdata er spesielt usikre og direkte tall for vekst i næringsbyggareal mangler. Samtidig er det den relative utviklingen som er viktig, og for nybygg finnes det bedre statistikk. Men dataene er usikre og må brukes i henhold til det. Med antagelse om en rivningsrate på 0,5 % årlig og statistikk for nybygg, har totalt areal for næringsbygg økt mer enn befolkningsveksten fra 2000 til 2013. Hvis rivningsraten økes til 1 % per år, sammenfaller utviklingen mellom totalt næringsbyggareal og befolkningsmengde bedre.

Med tanke på den store usikkerheten som ligger i arealberegningene, er det rimelig å anta at det har vært en sterk sammenheng mellom befolkningsvekst og arealutvikling, men at areal

per innbygger har vokst mer enn befolkningsveksten tilsier i perioden 2000-2013. Koblingen mellom befolkningsmengde og areal varierer noe i de ulike næringsgruppene. Spesielt «annet» har en betydelig høyere vekstrate enn befolkningsveksten. Tallene for årlig vekst i ulike perioder og næringsgrupper er vist i Tabell 9. Veksten i areal per innbygger har i 2000-2013 vært 1,60 ganger større enn befolkningsveksten.

Tabell 9 Areal per innbygger i 2013 og årlig vekst i areal per innbygger i utvalgte perioder

	Areal per innbygger, m ² /1000 pers	Årlig vekst	
		2000-2013	2007-2013
	2010		
Kontor	5,98	0,48%	0,64%
Undervisning	3,97	1,09%	0,89%
Varehandel	6,78	0,77%	0,70%
Hotell	1,28	0,90%	0,95%
Helse	2,23	0,74%	-0,07%
Annet (f.eks. idrettsanlegg, museer, vaskerier, frisører mm)	1,17	4,11%	3,11%
Totalt service	21,36	1,05%	0,90%
Total service ekskl. «annet»	20,19	0,90%	0,77%
Befolkningsvekst		0,56%	0,48%
Arealvekst (inkl. «annet»)/befolkningsvekst		1,87	1,89
Arealvekst (ekskl. «annet»)/befolkningsvekst		1,60	1,62

Usikkerheten i statistikkgrunnlaget og omleggingen av næringsgrupperingen i perioden, vanskeliggjør analysene. På grunn av mangel på god statistikk, over lang tid, er det valgt å anta at utviklingen i areal følger utviklingen i befolkningsmengde, men er noe sterkere enn befolkningsutviklingen de neste 10 årene. Snittet på 1,6 ganger høyere slik som den har vært i perioden 2000-2013 legges til grunn fram til 2015 for deretter og gradvis avta til 1,0 i 2025 og forbli på dette nivået fram til 2050. På grunn av usikkerheten i dataene er det valgt å bruke samme vekstrate i alle næringsgruppene. Den vil imidlertid få ulikt utslag på den enkelte næringsgruppe, dels fordi noen grupper framskrives med areal som beregnes med nye tekniske forskrifter og dels fordi forskjellen mellom TEK10 og eksisterende næringsbygg er større i noen næringsgrupper enn i andre.

Utviklingsraten for arealvekst i tertiær sektor antas å være 1,6 * befolkningsveksten i 2015, avtagende til 1,0 fra 2025 og framover.

3.2.2.2 Renoverings- og rivningsrater

Renoverings- eller rehabiliteringsraten finnes det ikke noen god statistikk for. Lavenergiutvalget antar i sine analyser at rehabiliteringsraten, regnet som hovedrehabilitering, er 1,5 % årlig [5]. I våre analyser inkluderes også en del mindre renovering hvor energibruken reduseres som en konsekvens av oppussingsprosjekter, uten

at hele boligen blir renoveret. Det er derfor valgt en noe høyere renoveringsrate på 2,0 % per år tilsvarende et renoveringsintervall på 50 år.

Det finnes heller ikke gode tall for rivningsrate, men det er en samlet vurdering i arbeidet med denne framskrivningen at rivningsraten bør være lav. I Lavenergiutvalget ble det antatt at 1,2 % av yrkesbyggmassen saneres/rives hvert år, hvilket tilsvarer en gjennomsnittlig levetid på 83 år [5]. I Enova's «Potensial og barrierestudie» ble det antatt en årlig rivningsrate på 0,5 %, basert på en antagelse om at det er sannsynlig at 80 % av dagens bygningsmasse fremdeles er i bruk i 2050 [16]. Rivningsraten er i vårt arbeid antatt å være 0,5 % per år, som en andel av total bygningsmasse i perioden 2010-2050. Det tilsvarer en gjennomsnittlig levetid på 200 år. Rivningsraten kan være mye høyere etter analyseperiodens slutt i 2050; det er det ikke tatt stilling til her.

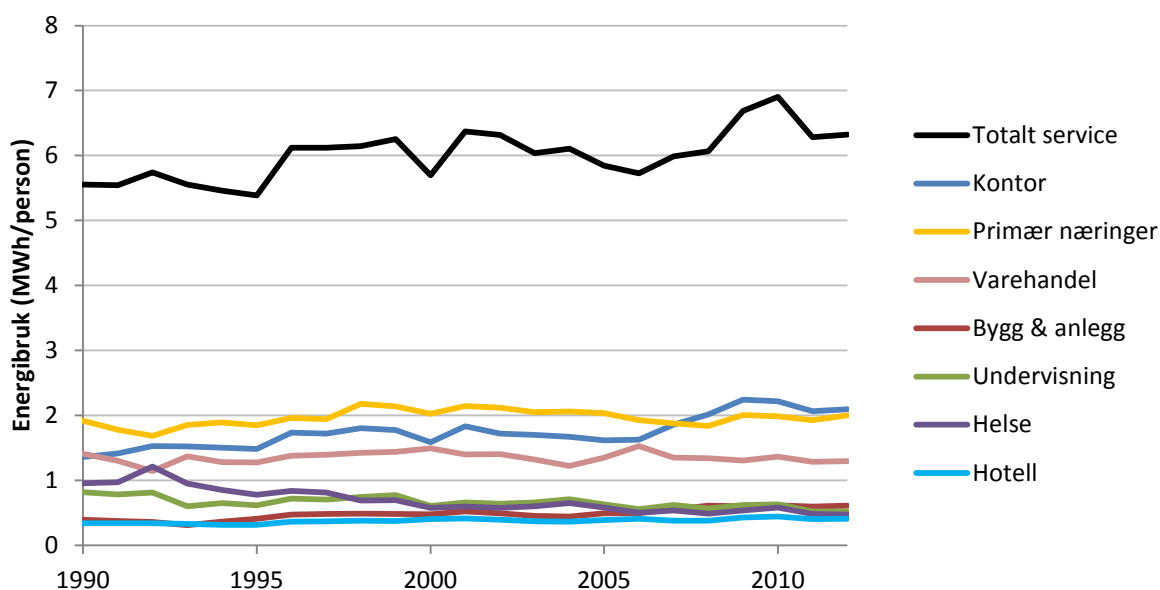
3.2.3 Indikator

Indikatoren som brukes for framskrivning i tertiær sektor er energibehov per areal (kWh/m²) og energibehov per person (kWh/person) for de næringer hvor areal ikke er valgt som aktivitet. TIMES-Norway drives av en etterspørsel av energibehov per næringssektor fordelt på behov av varme, kjøling og til elspesifikke formål. Energiforbruket må fordeles på disse tre formålene for hver av etterspørselsgruppene innenfor tertiær sektor. I motsetning til i husholdningssektoren er ikke næringsbygg delt inn i eksisterende² og nye bygg innenfor tertiær sektor i TIMES-Norway, men for framskrivning av energibehovet er det skilt på eksisterende og nye bygg.

3.2.3.1 Historisk energibruk

Figur 32 viser hvordan energibruken delt på Norges befolkning i utvalgte næringsgrupper innenfor tertiær sektor har utviklet seg. Inndelingen i næringsgrupper (standard for næringsgruppering) er ikke lik i hele denne perioden, da energistatistikk før 2008 er basert på den gamle inndelingen og energistatistikk fra 2009 og framover er basert på den nye inndelingen. Endringen i næringsgruppering innebærer blant annet at grafisk industri, materialgjenvinning m.fl. er flyttet fra industri til tjenesteyting. Det er derfor vanskelig å analysere utviklingen i energibruk i tertiær sektor. I tillegg har de siste årene vært spesielle, med finanskrisen i 2008/2009 og et veldig kaldt år i 2010 med større oppvarmingsbehov enn normalt.

² bygg som eksisterer i basisåret 2010



Figur 32 Energibruk per innbygger for primær- og tertiær sektor totalt og for utvalgte næringsgrupper, 1990-2013 (MWh/person)

3.2.3.2 Spesifikk energibehov og formålsfordeling

Formålsfordeling av netto energibehov er en viktig forutsetning for framskrivningene, da ulike virkemidler påvirker ulike deler av energibruk i tertiær sektor. Dessverre finnes det ikke et sikkert grunnlag å basere en formålsfordeling på. Det er her tatt utgangspunkt i energirammene i ulike byggeforskrifter. En analyse av fordeling ved hjelp av energirammer og statistikk for energibruk i ulike næringsbygg sammen med estimerte arealer har resultert i en formålsfordeling som vist i Tabell 10. Spesifikk energi for eksisterende bygg er beregnet totalt som sum energi til hver næringsgruppe delt på estimert areal. Deretter er det fordelt på formål ved bruk av tidligere byggeforskrifter.

Studier har vist et avvik mellom teoretisk beregnet energibruk og faktisk forbruk. Analyse av data fra Energimerkeordningen viser at kontorer bygget i perioden 2001-2012 i snitt bruker 44 % mer energi enn teoretisk beregnet [14]. For forretningsbygg er det også observert et økt faktisk forbruk sammenlignet med teoretisk beregnet, men avviket varierer stort mellom ulike typer forretningsbygg [15].

Hvor stort avviket mellom teoretisk beregnet energibruk og faktisk forbruk er for nybygg i dag og hvor stort det vil være i framtiden er svært usikkert. For å ta hensyn til det observerte avviket er det ved utarbeidelse av referansebanen antatt at reelt behov av energi er 20 % mer enn TEK10 tilsier for kontorer og hotell, hvor forskjellen mellom eksisterende spesifikk forbruk og TEK10 er størst, se Tabell 10. Spesifikk energibruk blir med denne korreksjonen for faktisk forbruk redusert med fra 22 % til 42 % for de ulike typene næringsbygg (se siste kolonne i Tabell 10). Til sammenligning av reduksjonen i spesifikk forbruk mellom eksisterende bygningsmasse og TEK10 fra 22 % til 52 % uten denne korreksjonen.

Tabell 10 Spesifikk energi med formålsfordeling for eksisterende og nye næringsbygg (hhv kWh/m² og andel i %)

	Eksisterende næringsbygg				Nye næringsbygg				Reduksjon
	Varme	El.spes.	Kjøling	Sum	Varme	El.spes.	Kjøling	Sum	
kWh/m² (uten korreksjon)									
Undervisning	100	69	-	169	90	41	-	132	22 %
Helse	137	130	-	267	89	100	-	189	29 %
Hotell	171	171	30	372	100	75	21	196	47 %
Kontor	115	145	23	284	45	75	16	136	52 %
Varehandel	114	113	34	262	83	92	34	210	20 %
kWh/m² (med korreksjon for avvik mellom faktisk forbruk og teoretisk beregning)									
Undervisning					90	41	-	132	22 %
Helse					89	100	-	189	29 %
Hotell					120	90	25	235	37 %
Kontor					54	90	19	163	42 %
Varehandel					83	92	34	210	20 %
Andel									
Undervisning	59 %	41 %	0 %	100 %	69 %	31 %	0 %	100 %	
Helse	51 %	49 %	0 %	100 %	47 %	53 %	0 %	100 %	
Hotell	46 %	46 %	8 %	100 %	51 %	38 %	10 %	100 %	
Kontor	40 %	51 %	9 %	100 %	33 %	55 %	12 %	100 %	
Varehandel	44 %	43 %	13 %	100 %	40 %	44 %	16 %	100 %	

3.2.4 Sammenstilling av sentrale forutsetninger

I tertiær sektor har flertallet av næringsgruppene areal som aktivitetsvariabel og indikatoren er energibehov per areal (kWh/m²) til varme, kjøling og elspesifikke formål. «Andre tjenesteytende næringer», primærnæringer og bygg & anleggssektoren har befolkning som aktivitetsvariabel og energibehov per person som indikator.

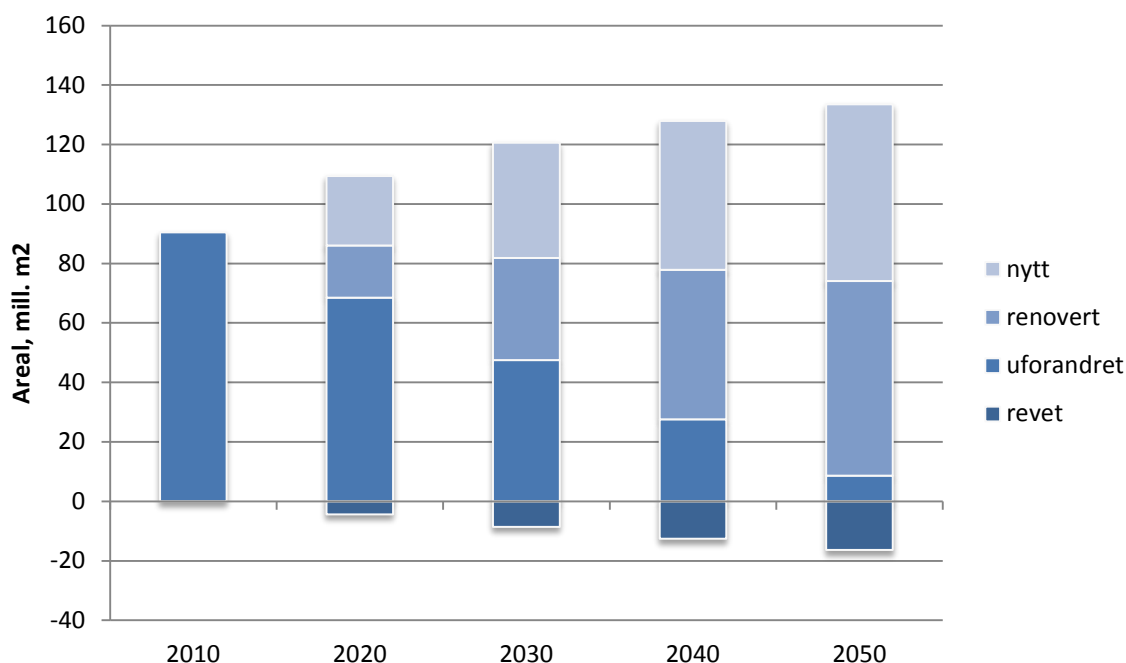
- Befolkningsutviklingen antas å følge MMMM-alternativet til SSB pr juni 2012
- Befolkningsframskrivingen er benyttet som den viktigste forutsetningen for framskriving av energibehov i servicesektoren
- Utviklingsraten for arealvekst i tertiær sektor antas å være 1,6 * befolkningsveksten i 2015, avtagende til 1,0 fra 2025 og framover.
- Renoveringsraten er antatt til 2,0 % årlig og rivningsraten er antatt til 0,5 % årlig
- Formålsfordelingen og spesifikk energibruk er basert på energirammene i ulike byggeforskrifter; for nye bygg TEK10 og for eksisterende bygg TEK87 og TEK97. For nye bygg er det antatt at faktisk forbruk er 20 % mer enn teoretisk beregnet.

3.2.5 Resultat (behov)

Med de forutsetninger som er beskrevet i forrige avsnitt blir utvikling i areal, energibehov og indikator som presentert nedenfor.

3.2.5.1 Areal

Med de grunnforutsetninger som er beskrevet her, vil totalt bygningsareal i «arealnæringene» undervisning, helse, hotell, kontor og varehandel øke fra 90 mill. m² i 2010, til 121 mill. m² i 2030 og 133 mill. m² i 2050, se Figur 33. Årlig nybygggrate er ca. 2,5 % i starten av perioden, 1,9 % i 2020, 1,1 % i 2030 og ca. 0,7 % per år i 2050. Til sammenligning brukte Lavenergiutvalget en årlig nybyggingsrate på ca. 1,94 %³ (av bygningsmassen i 2007) [5]. Med en renoveringsrate på 2 % per år og en rivningsrate på 0,5 % per år, vil 6 % av arealet i 2050 være dagens eksisterende bygg som er uforandret. Hvis årlig renoveringsrate er 1 % og rivningsraten er 0,1 %, vil 39 % av bygningsarealet være uforandret i 2050.



Figur 33 Utvikling av arealer fordelt på uforandret areal, renovert areal, nytt areal og areal som er revet i perioden 2010-2050, mill. m²

3.2.5.2 Energibehov

I referansebanen er det antatt at næringsbygg som blir renovert bruker 20 % mindre energi til oppvarming enn eksisterende bygg. Det tilsvarer omtrent at de er klassifisert med et energimerke et nivå høyere.

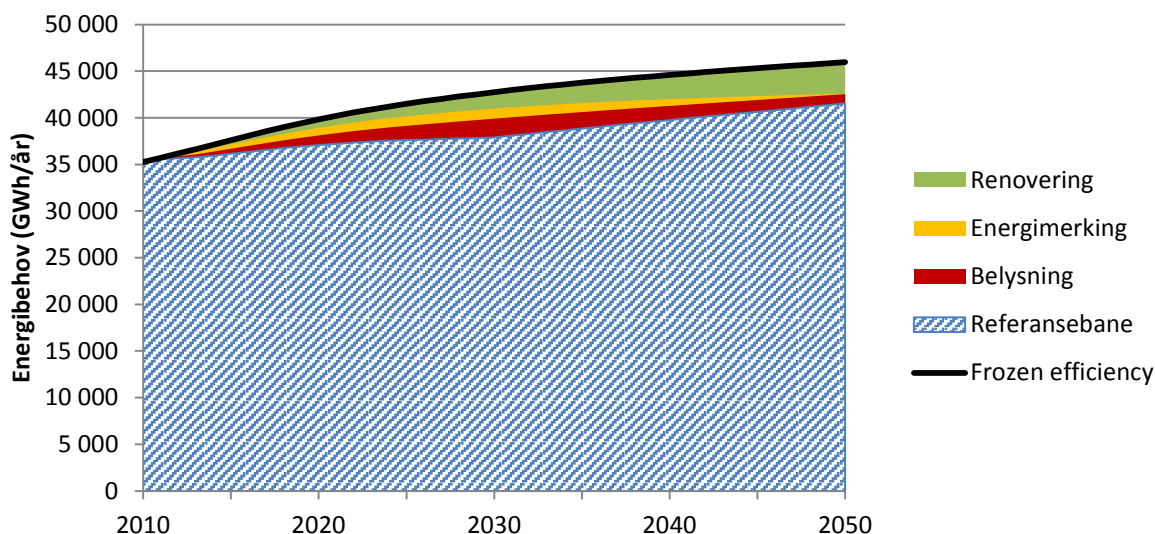
³ «..de neste 30 årene...», dvs. i perioden ca. 2007-2037

Energimerkedirektivet stiller energikrav til ulike typer utstyr og fører isolert sett til at energibruken for samme mengde utstyr går ned. Det er usikkert hvor mye mer utstyr som tas i bruk, og det er derfor vanskelig å estimere samlet energibesparelse som følge av direktivet. I september 2009 startet utfasingen av glødepærer og fra 1. september 2012 var alle typer glødepærer forbudt å produsere eller importere til EU. Fra 1. september 2016 skal energikravene strammes ytterligere inn (til energiklasse B for alle klare lamper). Effekten av utfasing av glødepærer er på tilsvarende måte som effekten av energimerkedirektivet svært usikker.

Energimerkedirektivet er antatt å redusere energibruken i uforandret næringsbyggareal med 1 % årlig fram til 2025 for deretter å avta til 0 % i 2050. Etter hvert som næringsbyggareal blir renovert er effektiviseringsgevinsten inkludert i «renovert» i Figur 34.

En svensk studie har estimert at 4,2 TWh kan spares ved å oppgradere belysning i svenske næringsbygg til moderne teknologi. Det er antatt at energibehov til belysning blir redusert med 1 % årlig som følge av utfasingen av glødepærer etc.. Denne antagelsen gjelder kun for uforandret byggeareal, dvs. det som ikke er nytt eller renovert. Det er antatt at energimerkedirektivet og glødepæreforbudet er en del av kravene ved nybygging eller renovering.

«Frozen efficiency» er definert som energibehovet hvis ingen bygg blir renovert og effekten av energimerkeordningen og glødepæreforbudet er null. Energiforbruket ville da ha vært 46 TWh i 2050, hvilket er 4,4 TWh mer enn i referansebanen.



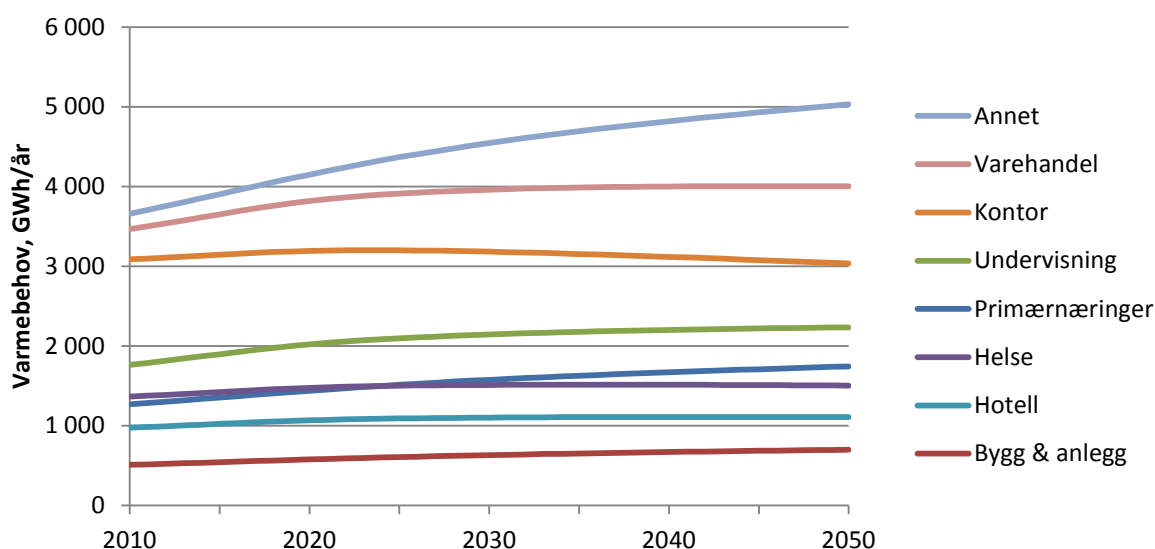
Figur 34 Framskrivning av energibehov i primær og tertiær sektor 2010-2050, «frozen efficiency»-scenario og referansebane, GWh/år

Basert på forutsetningene beskrevet tidligere vil totalt energibehov i tertiær sektor sammen med primærnæringene og bygg & anleggssektoren øke fra 35 TWh i 2010 til 42 TWh i 2050. Energiforbruket for hver av de 6 undergruppene innenfor tertiær sektor samt for primærnæringene og bygg & anleggssektoren er vist i Tabell 11.

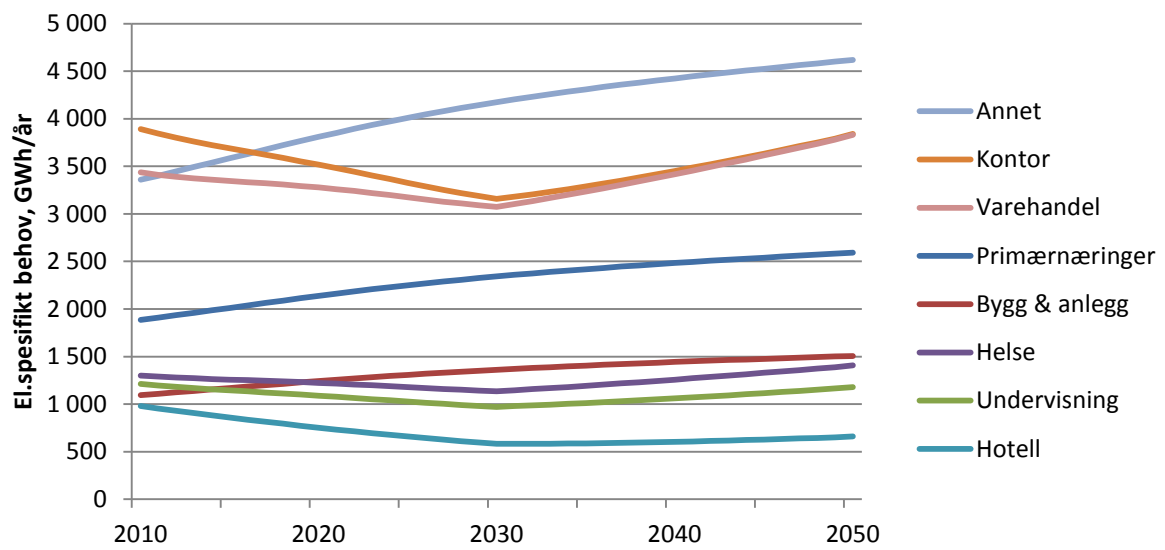
Tabell 11 Totalt energibehov i referansebanen per næringsgruppe, 2010-2050, TWh/år

	2010	2020	2030	2040	2050
Primær næringer	3.2	3.6	3.9	4.2	4.3
Bygg & anlegg	1.6	1.8	2.0	2.1	2.2
Undervisning	3.0	3.1	3.1	3.3	3.4
Helse	2.7	2.7	2.6	2.8	2.9
Hotell	2.1	2.0	1.9	1.9	2.0
Kontor	7.6	7.4	7.1	7.3	7.6
Annet	7.2	8.1	8.9	9.4	9.9
Varehandel	7.9	8.3	8.3	8.8	9.2
Totalt	35.3	37.1	37.9	39.8	41.6

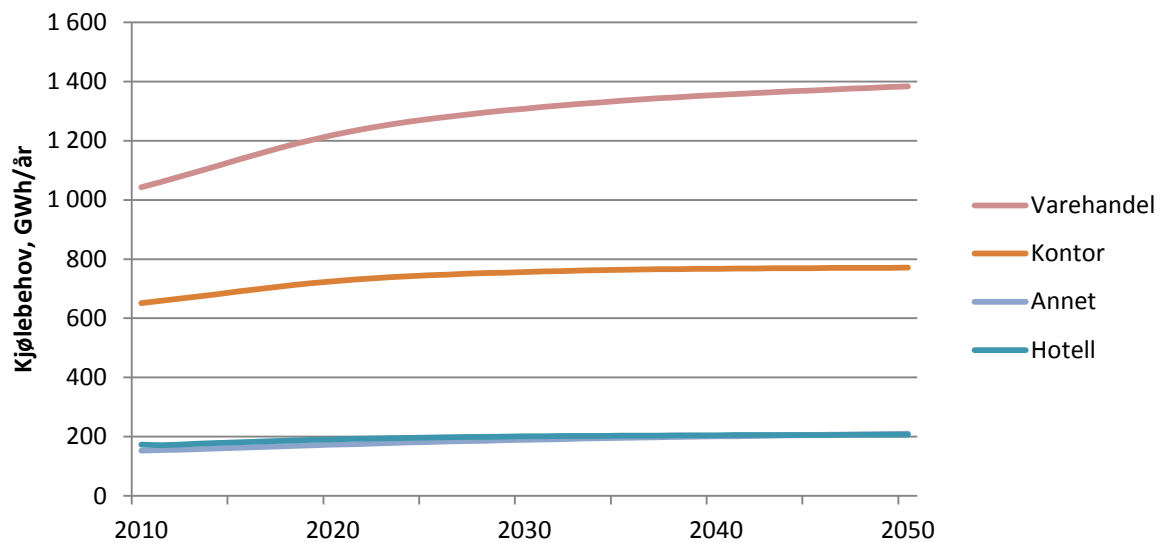
I referansebanen er det som tidligere beskrevet forutsatt en årlig renoveringsrate på 2 %, effekter av energimerkedirektivet og forbud mot glødepærer. Utviklingen i referansebanen for de ulike næringsbygg kategoriene fordelt på varme, el spesifikt, kjøling og totalt er vist i Figur 35 - Figur 38. For noen sektorer et effektiviseringen av nye bygg større enn energibehovet til nytt areal, slik at behovet ikke øker på tross for økt areal. For elspesifikt behov flere sektorer er effektiviseringen i eksisterende bygg frem til 2030 større enn behovet i nye bygg, slik at behovet er minskende. Men etter 2030 avtar effektiviseringen, med de tidligere beskrevne forutsetningene, og da fører det økte behovet til nybygg til at totalt elspesifikt behov øker.



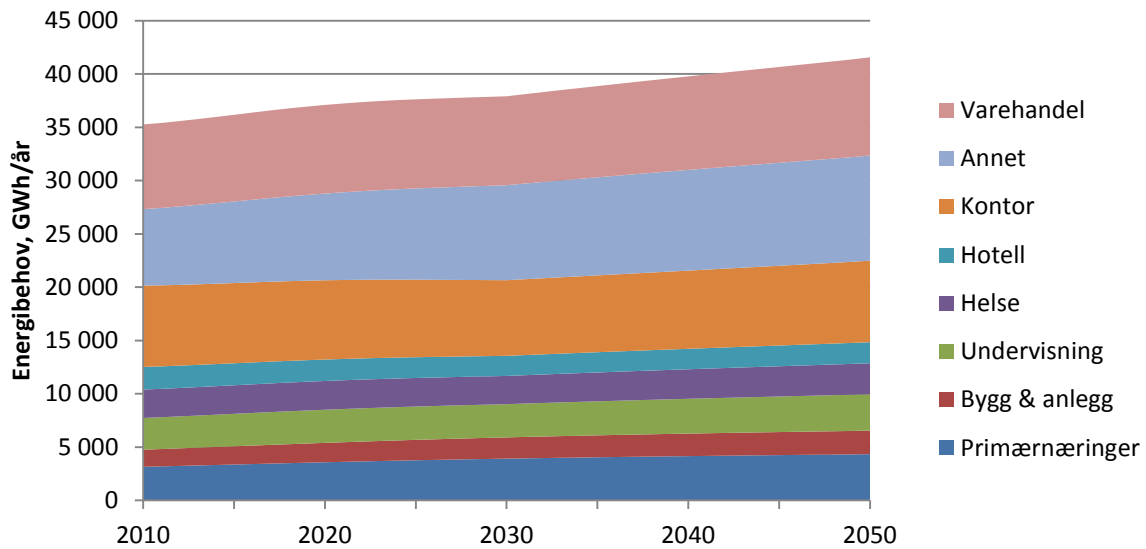
Figur 35 Utvikling av varmebehov 2010-2050 for ulike servicesektorer, primærnæringer og bygg & anleggssektoren (GWh/år)



Figur 36 Utvikling av el spesifikt behov 2010-2050 for ulike servicesektorer, primærnæringer og bygg & anleggssektoren (GWh/år)



Figur 37 Utvikling i kjølebehov 2010-2050 for de næringsbygg som med valgt formålsfordeling har et kjølebehov (GWh/år)



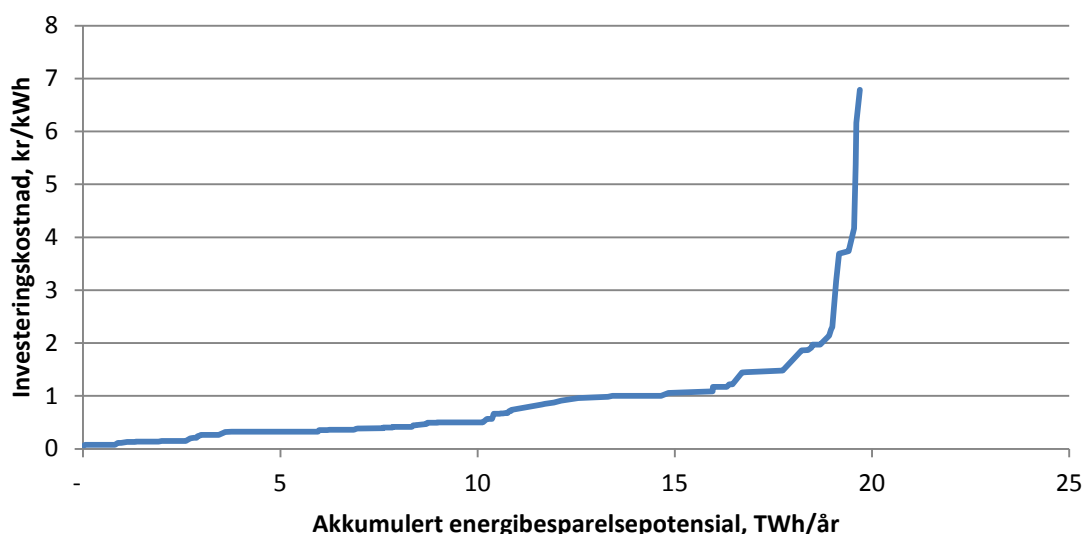
Figur 38 Utvikling av totalt netto energibehov 2010-2050 for tertiærnæringene sammen med primærnæringer og bygg & anleggssektoren (GWh/år)

3.2.5.3 Geografisk fordeling

Framskrivningene av energibehov er beregnet for hele Norge. I TIMES-Norway er etterspørsel av energitjenester inndata for hver av de fem områdene i modellen. Det kunne vært beregnet en framskrivning med samme metodikk som er brukt for hele Norge, for hvert av de fem områdene, hvor ulike antagelse om utvikling av arealer, formålsfordeling etc. gjøres for hvert område. Det vil imidlertid være mer ressurskrevende enn å lage en nasjonal framskrivning. Derfor er de totale tallene for hele landet fordelt på de fem områdene ved hjelp av kommunale befolkningsframskrivinger til 2040. I tillegg er det korrigert for ulikheter i normaltemperatur (normalgraddagstall) for de fem områdene. Det er da heller ikke tatt hensyn til om årlig renoveringsrate eller rivningsrate er forskjellig i ulike deler av landet.

3.2.6 Energieffektivisering

Det er beregnet et potensial for økt energieffektivisering i eksisterende og nye næringsbygg basert på ulike tilgjengelige studier (Enova's Potensial- og barrierestudie [17], Klimakur2020 [11], Siemens Oslo SmartCity [12], Energimyndighetens energikalkulator [13]). Som inndata til TIMES-Norway blir potensialet beregnet for hvert analyseår (som en %-andel av energibehov). Energieffektiviseringstiltak som reduserer varmebehovet er beregnet med grunnlag i uforandret areal, og andre typer energieffektiviseringstiltak er beregnet for alt areal. For å illustrere potensialet er det laget en figur som viser akkumulert potensial som funksjon av investeringskostnaden (beregnet som investeringskostnad i kr delt på besparelse i kWh/år og delt på levetiden), se Figur 39. Potensialet i Figur 39 er basert på energibehov i 2020.



Figur 39 Akkumulert energibesparelse i næringsbygg som funksjon av investeringskostnad basert på energibehov i 2020 (TWh/år)

I TIMES-Norway er varmepumper modellert som et teknologivalg (på lik linje med panelovner, kjeler, fjernvarme etc) og inngår derfor ikke i energieffektiviseringstiltakene beskrevet over. I næringsbygg er det mulig å velge ulike typer av varmepumper koblet til oppvarmingssystemet (men ikke små luft-luft varmepumper) og de kan dekke hele varmebehovet.

Referansebanen er basert på vedtatt politikk og derfor er det TEK10 som er basis for beregningene av energibehov i nye bygg. Et av EE-tiltakene er «bedre TEK» og da er det lagt til grunn at etterspørselen blir tilsvarende lavenergihus istedenfor TEK10 (dette er bare beregnet for eksisterende hus, da vurdering av strengere tekniske forskrifter ved nybygg vil være interessant å analysere som et virkemiddel senere).

3.3 Industri

3.3.1 Metodikk

Framskrivningen av energibehov i industrisektoren er basert på energibruken i 2010. I 2010 var energibruken i norsk industri ca. 83 TWh, hvorav over 49 TWh elektrisitet. Det er knyttet stor usikkerhet til utvikling av energibehov i norsk industri fram mot 2050. I prinsippet brukes en metodikk med uforandret aktivitet og indikator, men der hvor det er vedtatt en aktivitetsendring (økning eller reduksjon) er dette inkludert i referansebanen. Med en slik tilnærming kan en bedrift med økt aktivitet (økt produksjon) framover, kombinert med en like stor effektiviseringsforbedring, ha en uforandret etterspørsel av energi framover.

Som beskrevet i det generelle kapitlet om metodikk (kapittel 2), er referansebanen basert på vedtatt politikk. Det er tatt hensyn til det som er gjennomført av utvidelser og nedleggelse i perioden 2010-2013, og det også tatt hensyn til det som er besluttet, men ikke gjennomført, av nedleggelse og utvidelser i industrien. Det er ikke inkludert mulige eller planlagte utvidelser og nedleggelse i referansebanen. Disse mulige endringene analyseres i de to

alternative scenarier; høy og lav aktivitet i industrien. Referansebanen for utvikling av energibehovet i norsk industri blir derfor relativt uforandret mot 2050.

Etterspørsel etter elektrisitet og prosessvarme benyttes som input til energisystemmodellen TIMES-Norway. Modellen beregner total energibruk og bruk av ulike energibærere, investering i nye teknologier og i energieffektive tiltak. I TIMES-Norway er de store industribedriftene modellert individuelt, de mellomstore bedriftene er modellert i relativt homogene grupper, mens annen industri er modellert i en samlet gruppe. En mer detaljert beskrivelse av modelleringen finnes i Appendix.

I økonomiske modeller er det ofte en forutsetning om vekst i en industrinæring som helt eller delvis kompenseres av en effektivitetsforbedring (i økonomiske enheter). Et eksempel er forutsetningene som ble brukt i Energiutredningen 2012, se Tabell 12 hvor ratene for industrien er sammenstilt [18]. For eksempel øker aktiviteten i kraftintensiv industri med 1 % per år samtidig som elintensiteten blir redusert med 1 % per år, hvilket fører til at nettoeffekten er konstant forbruk av elektrisitet. Innen annen industri forventes en årlig økning i aktivitet på 2,0 % og en årlig endring i elintensitet på 1,2 %, hvilket fører til en årlig økning i elektrisitetsforbruk på 0,8 %.

Tabell 12 Endringsrater per år i produksjon, el.intensitet og el.forbruk, 2007-2030, for hovednæringer og utvalgte næringer i annen industri [18]

Industrinæring	Årlig endring i produksjon	Årlig endring i elintensitet	Årlig endring i el.forbruk
Kraftintensiv industri	1,0	-1,0	0,0
Treforedling	2,2	-2,4	-0,3
Annen industri	2,0	-1,2	0,8
Prod. av andre konsumvarer	2,2	-0,3	1,9
Foredling av fiskeprodukter	2,7	-0,8	1,8
Foredling av kjøtt og meieriprodukter	2,4	-1,1	1,2
Prod. av trevarer	2,4	-1,5	0,8
Raffinering av jordolje	0,4	-0,4	0,0
Prod. av verkstedprodukter	3,4	-1,6	1,8

Framskrivningene som presenteres her er basert på en vurdering av energibehovet i industrien, uten å direkte vurdere den økonomiske veksten. I TIMES-Norway er det inkludert ulike energieffektive tiltak som modellen kan velge å investere i. Gjennom å benytte energieffektive tiltak (eksempelvis mer effektiv pumpe- og viftedrift), blir industriens behov for innkjøpt energi redusert, samtidig om aktiviteten (produksjonsnivået) opprettholdes. Hvis man også bruker en generell energieffektiviseringsrate vil det medføre dobbelttelling av effektiviseringseffekten.

Analysene med TIMES-Norway er gjennomført uten energieffektive tiltak (referansebanene) og med energieffektive tiltak, slik at det er mulig å studere effekten disse tiltakene kan ha. En beskrivelse av energieffektive tiltak i industrien finnes i kapittel 4.3.4. I referansebanen er det ikke mulighet for å investere i energieffektive tiltak. Dette er begrunnet med at energieffektiviseringstiltak ikke blir gjennomført i den omfatning som rene økonomiske analyser skulle tilsi. Men deler av energieffektiviseringspotensialet blir sannsynligvis gjennomført og burde derfor kanskje også inngå i referansebanen. For å synliggjøre effekten av energieffektivisering er det valgt å holde hele potensialet for energieffektivisering utenom referansebanen.

3.3.2 Framskrivning av energibehov - referansebane

Ved utvikling av en referansebane for industriens energibehov er det tatt hensyn gjennomførte utvidelser og nedleggelse i perioden 2010-2013. Det er også inkludert det som er besluttet nedlagt eller utvidet. Det innebærer at følgende endringer i industrien er inkludert i referansebanen:

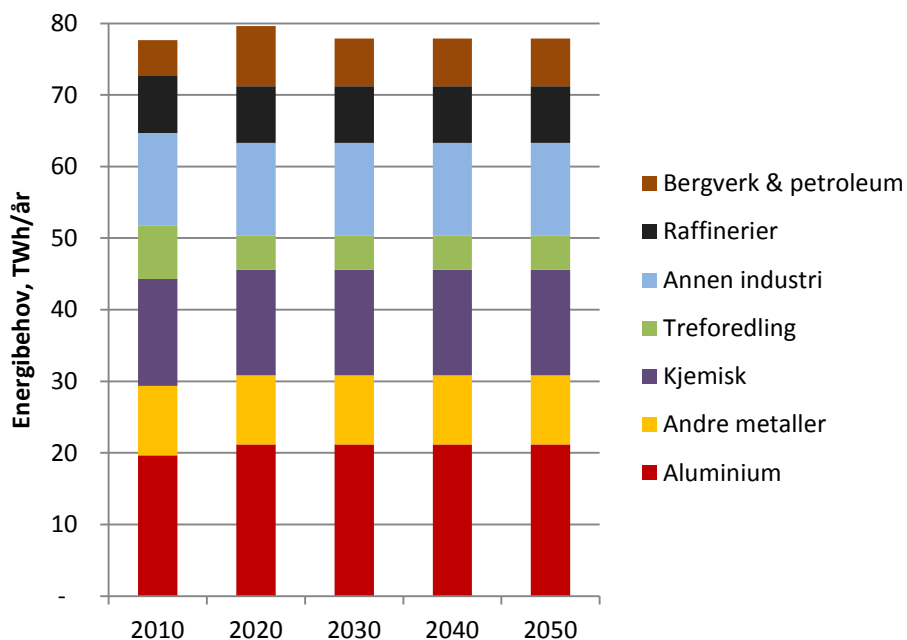
- Treforedling:
 - Södra Cell Tofte lagt ned 2013
 - Norske Skog Follum lagt ned 2012
 - Peterson Linerboard Moss lagt ned 2012
 - Hunsfos fabrikk lagt ned 2011
 - Södra Cell Folla lagt ned 2012
- Metaller:
 - REC Scanwafer Porsgrunn lagt ned 2012
 - Becromal lagt ned 2011
 - Hydro Sunndal har økt til 5 TWh i 2013, og øker produksjonen 2014-2015 (SU3).
- Petroleum:
 - Ormen Lange økt kompresjon 4 kv. 2016
 - Valhall oljeplattform kraft fra land fra 2011
 - Goliat oljeplattform kraft fra land fra 2015
 - Gjøa olje- og gassplattform kraft fra land fra 2010 og økende
 - Martin Linge kraft fra land fra 2016

I referansebanen er det lagt til grunn at følgende anlegg for olje- og gassutvinning får kraft fra land:

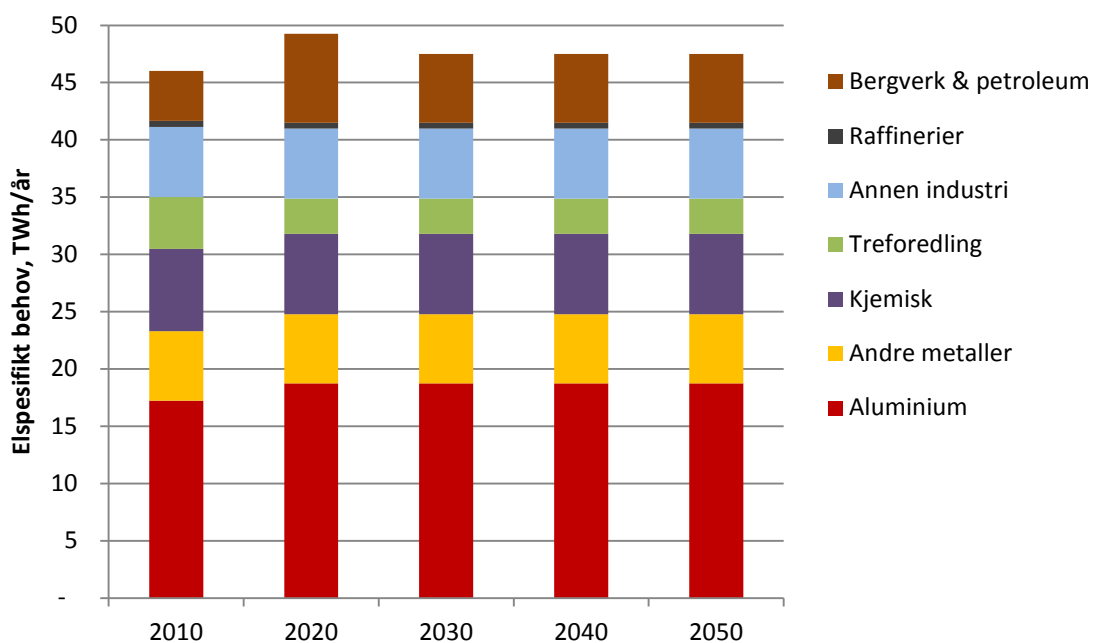
- Troll A
- Kollsnes
- Valhall
- Gjøa
- Goliat
- Ormen Lange
- Snøhvit
- Martin Linge

På grunn av forventninger om lavere produksjon av olje, gass og væsker fra slutten av 2020-årene, er det grunn til å anta en lavere energibruk mot 2050. Til sammen var forbruket av elektrisitet fra land til olje- og gassutvinning 4,9 TWh fra nettet og 6,3 TWh totalt i 2012 i

følge Energibalansen 2012 (unntatt elektrisitet til raffineriene). I dette inngår elektrisitet til landbasert virksomhet som terminalene Kollsnes, Kårstø og Sture. I referansebanen er det antatt at disse terminalene har et konstant forbruk fram mot 2050. I referansebanen er det lagt til grunn at kraft til petroleumssektoren øker med ca. 2,5 TWh fra 2012 til 2022, for så å reduseres med ca. 1,7 TWh til 2030, og deretter konstant til 2050.



Figur 40 Energibehov i industrien i referansebanen (TWh/år)



Figur 41 El spesifikt behov i industrien i referansebanen, 2010-2050 (TWh/år)

3.3.3 Alternative scenarier for industrisektoren

Utviklingen i framtidig industristruktur er diskutert med flere representanter for industrien og i workshop i regi av CenSES. Innspillene er inkludert i de to alternative scenariene for industriutvikling. Dette er gjort for å kunne analysere effekten av ulike framskrivninger av energibehovet i norsk industri. De to scenariene er ment å representere et utfallsrom for norsk industri fram mot 2050, og det er derfor gjort analyser med et økt energibehov og et redusert energibehov i industrien.

Redusert energibehov i industrien innebærer nedleggelse av produksjon i flere av de mest konkurranseutsatte næringene, mens økt energibehov innebærer utvidelse av produksjonskapasitet i eksisterende anlegg, og noe ny produksjon.

Det er en klar sammenheng mellom pris på elektrisitet og industriens konkurransekraft. I et scenario med høye energipriser vil det derfor være sannsynlig at energibehovet i industrien blir lavere. Tilsvarende vil lave energipriser kunne bidra til økt lønnsomhet og økt produksjon i norsk industri. Derfor er det viktig at det er konsistens mellom energipriser og industriutvikling i de scenarioene som analyseres. Samtidig er det mange andre faktorer som påvirker aktiviteten i industrien, som f.eks. produkt- og råvarepriser, som ikke inngår i modellen.

Økt aktivitet i industrien

Et scenario som reflekterer en sterk satsning på industriutvikling i Norge, i kombinasjon med lave el-priser, er analysert. Nedenfor er beskrevet de økninger i industriens energibehov som inngår i forhold til referansebanen (*økt etterspørsel er angitt i parentes*):

- Pilotanlegg Hydro Karmøy (1 TWh økning fra 2018)
- Nytt fullskala anlegg Hydro Karmøy (3 TWh økning fra 2025)
- Økt aluminiumproduksjon (0,5 TWh fra 2016 og 1,7 TWh fra 2020)
- Økt produksjon av andre metaller (silisium til solceller, Mg, ++) (1 TWh fra 2020)
- Melkøya/Snøhvit kraft fra land/nettet dekker hele kraftbehovet og tog 2 bygges like stort som tog 1 (3 TWh fra 2025)
- Elektrifisering av Utsirahøyden (2 TWh mer enn i referansebanen i 2025-2050)
- Økt produksjon innen kjemisk industri (gradvis økning til 1 TWh i 2035)
- Ny industriaktivitet (f.eks. datasenter, 1 TWh i 2020, 2 TWh i 2030, 3 TWh i 2040)

Dette gir en økning i elforbruk (fra nettet) på ca. 4,7 TWh i 2020 og ca. 14,2 TWh i 2030 og ca. 15,7 TWh i 2050 i forhold til referansebanen. I det høye etterspørselsscenarioet økes el spesifikt forbruk fra 46 TWh i 2010 til 62 TWh i 2030 og til 64 TWh i 2050. Total etterspørsel av energi øker fra 78 TWh i 2010 til 96 TWh i 2050. I 2050 er el spesifikk etterspørsel 18 TWh høyere enn i 2010.

Redusert aktivitet i industrien

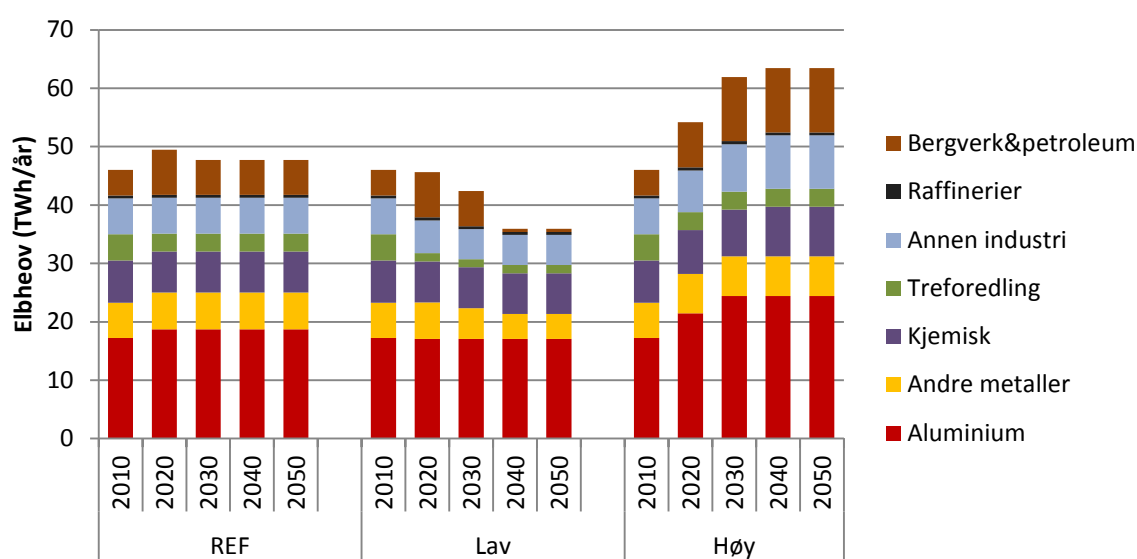
Det er også analysert et scenario hvor aktiviteten i norsk industri reduseres, og som dermed gir et redusert energibehov. Følgende reduksjoner i industriens energibehov inngår i forhold til referansebanen (*redusert etterspørsel er angitt i parentes*):

- Kraft fra nettet til olje- og gassutvinning reduseres gradvis fra 2030 (ca. 5,4 TWh i 2030, 0 TWh i 2040)
- Fortsatt nedleggelse av treforedlingsbedrifter, kun to store bedrifter i drift fra 2020 (1,7 TWh)

- Nedleggelse i metallindustri (1,7 TWh i 2020, 2,7 TWh i 2030, 3,7 TWh i 2040)
- Reduksjon i annen industri (fordelt på alle regioner) (0,5 TWh fra 2020, 1 TWh fra 2030)

Dette gir et redusert elforbruk på ca. 3,9 TWh i 2020, ca. 5,4 TWh i 2030 og ca. 11,8 TWh i 2040 i forhold til referansebanen. I det lave etterspørselsscenariet reduseres el spesifikt forbruk fra 46 TWh i 2010 til 42 TWh i 2030 og til 36 TWh i 2050. Total etterspørsel av energi blir redusert fra 78 TWh i 2010 til 70 TWh i 2030 og til 63 TWh i 2050. I 2050 er el spesifikk etterspørsel 12 TWh lavere sammenlignet med referansebanen. El spesifikk etterspørsel er 5 TWh lavere enn referansebanen i 2030.

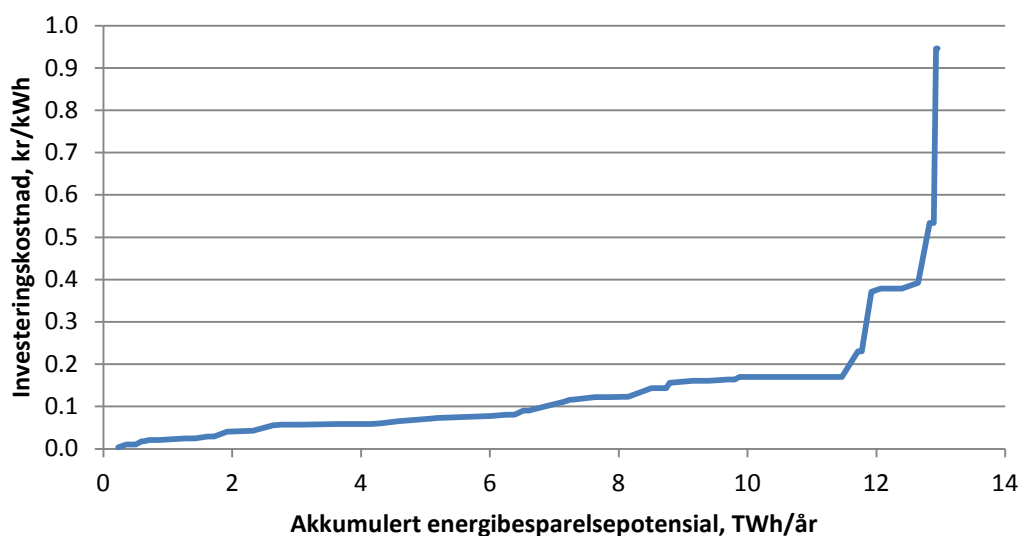
En sammenligning av utviklingen av el spesifikk etterspørsel i referansebanen, lavt etterspørselsscenario og høyt etterspørselsscenario er presentert i Figur 42.



Figur 42 Utvikling av el spesifikt behov i industrien 2010-2050 i referansebane, lavt og høyt etterspørselsscenario (TWh/år)

3.3.4 Energieffektivisering

I referansebanen har en del industri mulighet for å velge mellom ulike energivarer til varmeformål (substitusjonsmuligheter), men ikke å redusere etterspørsel av varme, elektrisitet til el-spesifikke formål eller råstoff. I et scenario er det lagt til en mulighet å investere i tiltak som kan redusere etterspørselen av varme eller elektrisitet til el-spesifikke formål. Tiltakene er lagt inn i TIMES-Norway som teknologier med kostnader, levetid og et øvre potensial for energibruk. Figur 43 viser akkumulert potensial for tiltak med en investeringskostnad under 1 kr/kWh (beregnet som investeringskostnad i kr delt på besparelse i kWh/år og delt på levetiden). I TIMES-Norway inngår også tiltak med en høyere kostnad.



Figur 43 Energieffektiviseringspotensial i industrien i TIMES-Norway (bearbejdet fra upubliserte data utarbejdet av Enova), basert på energibehov i 2020 (TWh/år)

3.4 Transport

Det er usikkerhet knyttet til utvikling av etterspørsel etter transport fram mot 2050. Det gjelder både transportomfanget, men også fordelingen på ulike transportmidler.

Samtidig er det nødvendig å lage en framskrivning som kan benyttes for analyse av fremtidig energibruk i transportsektoren, fordeling på ulike transportmidler og planlegging av ny infrastruktur. Utviklingen innen transport er diskutert med flere representanter for transportsektoren og i en egen workshop om transport i regi av CenSES.

Historisk har det vært en stor økning i etterspørselen etter transporttjenester, både persontransport og godstransport. Referansebanen for transportsektoren viser en fortsatt betydelig vekst.

3.4.1 Metodikk

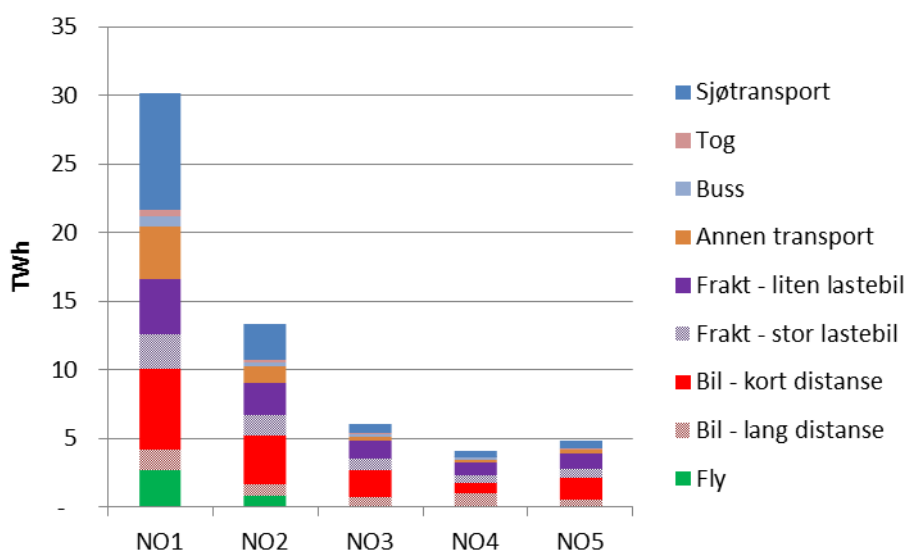
Framskrivning av transportbehovet fram mot 2050 er inndelt i framskrivning i ulike transportmidler for persontransport og for godstransport. Selve framskrivningen av transportbehovet er basert på arbeid ved Transportøkonomisk institutt (TØI) knyttet til utvikling av grunnprognoser for persontransport [19] og godstransport [20]. TØI's grunnprognoser for transportutvikling, både for persontransport og godstransport, ligger til grunn for nasjonal transportplan (NTP). Basert på diskusjon i CenSES workshop, ble det besluttet at disse grunnprognosene skulle danne grunnlag for utviklingen av en referanseframskrivning for transport.

Referansebanen for transportutvikling som benyttes i dette arbeidet, er basert på modellberegninger som det er knyttet betydelig grad av usikkerhet til. Usikkerheten er knyttet til forutsetninger som benyttes som input til TØI's transportmodeller, slik som befolkningsvekst, prisutvikling og økonomisk utvikling.

Behovet for transporttjenester (f.eks. antall kjøretøy-km) benyttes som input til TIMES-Norway. I modellen analyseres valg av kjøretøy og energibærere. Eksempelvis vil energibehovet til transport kunne reduseres betydelig, selv om behovet for transporttjenester øker, dersom det blir en overgang fra biler med forbrenningsmotor til batteri-elektriske biler, da de sistnevnte har mye bedre virkningsgrad.

For personbiler er det gjort en inndeling i biler for kort og lang distanse. Dette er gjort fordi vekstratene for korte og lange bilturer er forskjellig, men også fordi det muliggjør introduksjonen av biler med kort rekkevidde, slik som mindre batterielektriske biler. I referansescenariet er det lagt inn en begrensning på elektriske biler slik at disse kun kan dekke 50 % av transportbehovet. I et alternativt scenario er det ingen begrensning for elektriske biler.

Energibruken til transportformål i 2010 fordelt på transportmiddel og på geografiske områder er vist i Figur 44. Som det framgår av figuren er den største delen av transporten knyttet til Østlandsområdet (NO1).



Figur 44 Energibehov til transport fordelt på ulike transportmidler og geografisk region i 2010

De geografiske områdene i TIMES-Norway tilsvare Nord Pools prisområder, og følger omtrent fylkesinndelingen på følgende måte:

- NO1: Østfold, Akershus, Oslo, Hedmark, Oppland og Buskerud
- NO2: Vestfold, Telemark, Aust-Agder, Vest-Agder og Rogaland
- NO3: Møre og Romsdal, Sør-Trøndelag og Nord-Trøndelag
- NO4: Nordland, Troms, Finnmark
- NO5: Hordaland og Sogn og Fjordane

En mer grundig beskrivelse av regioninndelingen i TIMES-Norway finnes i Appendix. Der finnes også en beskrivelse av hvordan transportsektoren er modellert.

3.4.2 Framskrivning av transportbehov - referansebane

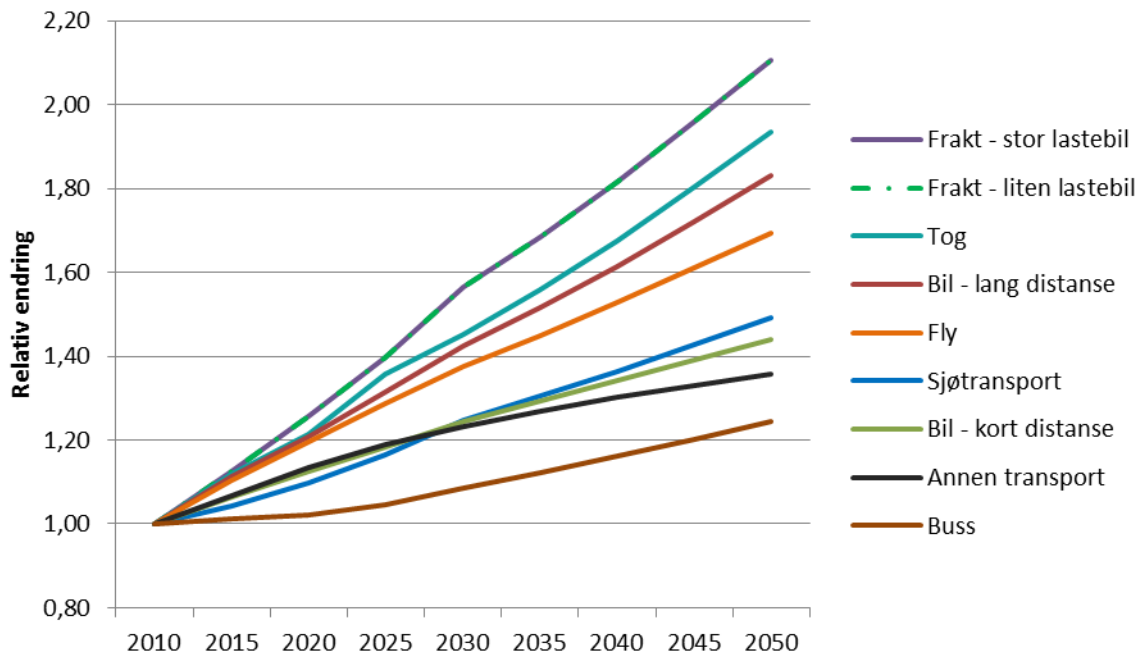
Viktige drivkrefter for etterspørsel etter persontransport er inntektsutviklingen og befolkningsutvikling. Etterspørselen etter lange reiser, særlig ferie- og fritidsreiser øker med økende inntekt. Med den forventede inntektsveksten, har derfor TØI lagt til grunn at lange flyreiser vil øke mest framover, men også lange bilreiser vil øke betydelig fram mot 2050. I motsetning til lange reiser, påvirkes ikke korte reiser i betydelig grad av inntektsutviklingen. Korte reiser påvirkes desto mer av befolkningsveksten. Den forventede veksten i befolkning fram mot 2050 vil gi en betydelig vekst i persontransport i hele landet.

For godstransport observeres en nær sammenheng mellom inntektsvekst og transportvekst. De siste ti-årene har den prosentvise veksten i godstransport vært større enn den prosentvise veksten i brutto nasjonalprodukt. I følge TØI vil veksten i godstransport forventes å være sterk fram mot 2050. Dette er basert på at den forventede økonomiske veksten og veksten i verdenshandelen vil gi økt etterspørsel etter godstransport.

Grunnprognosen for transport gjelder for perioden 2008-2043. I referanseframskrivningen er det valgt å trendforlenge utviklingen fra 2043 til 2050. Den årlige veksten i godsstrømmer er beregnet å bli 1,7 %, mens den årlige veksten i transportarbeidet er beregnet til 1,3 %. En lavere vekst i transportarbeidet enn i godsstrømmer innebærer at godstransporten blir mer effektiv.

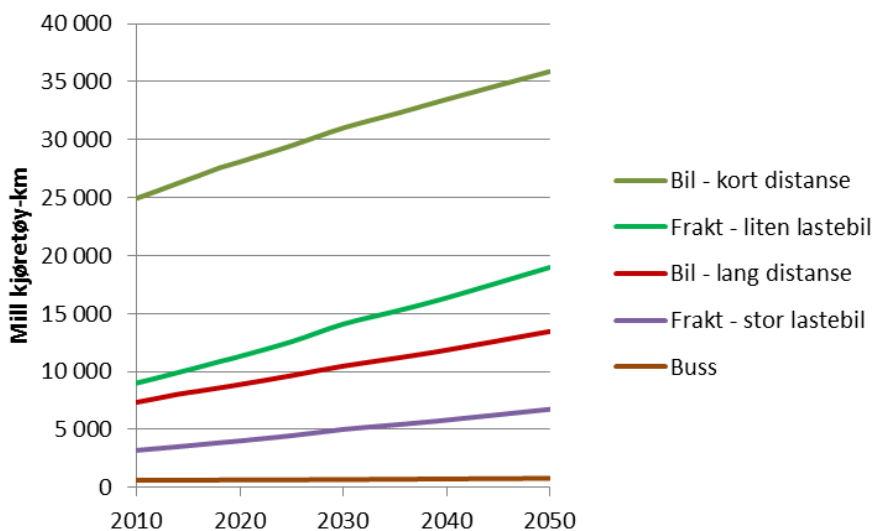
Veksten i innenriks godstransportarbeid fram mot 2050 er i grunnprognosen beregnet til totalt 1,6 % pr år. Den høyeste forventede veksten er knyttet til jernbanetransport som har en årlig beregnet vekst på 2,1 %. For sjøtransport er den beregnede gjennomsnittlige årlige veksten på 1,0 %. En gjennomsnittlig årlig vekst for perioden 2010 – 2050 på 1,6 % tilsvarer at innenriks godstransport vokser med 86 % i perioden.

Som det fremgår av Figur 45 gir grunnprognosene en kraftig vekst i alle transportformer, særlig for veitrafikk. Med en stor trafikkvekst innen godstransport og persontransport, vil det være behov for en betydelig kapasitetsutvidelse i deler av det sentrale veinettet. Framskrivningen er vist som relativ utvikling i de ulike transportformene, da ulike transportformer benytter ulike benevninger.



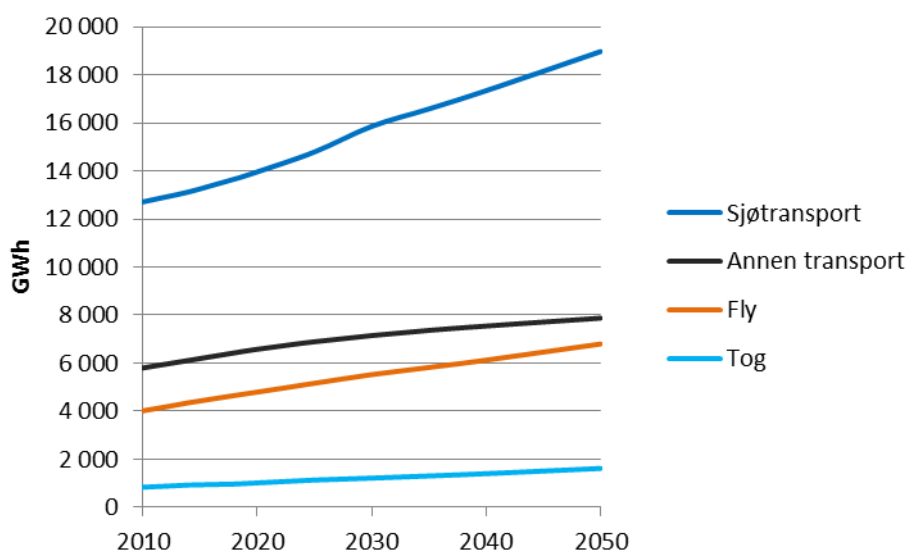
Figur 45 Relativ endring i ulike transportformer i referansebanen, fra 2010 til 2050

Vekstratene som er vist i figuren benyttes for å beregne input til TIMES-Norway. For transporttypene persontransport med bil, persontransport med buss, og for frakt av gods på vei benyttes kjøretøy-km som input-parameter. Med bakgrunn i vekstratene vist i Figur 45 får vi følgende transportbehov fordelt på bil (kort og lang), lastebil (stor og liten) samt for buss som vist i Figur 46 og Figur 47.



Figur 46 Utvikling i kjøretøy-km i referansebanen for persontransport i bil og buss og godstransport med stor og liten lastebil

Vekstratene fra Figur 45 er også benyttet for å beregne framtidig etterspørsel i sjøtransport, tog, fly og annen transport. For disse transportmidlene benyttes energibehov i GWh som input til TIMES analysene.



Figur 47 Utvikling i energibehov i referansebanen; sjøtransport, frakt av gods i stor og liten lastebil, tog, fly og annen transport, 2010-2050.

3.4.3 Kostnadsutvikling og effektivitetsforbedring

Det er stor usikkerhet knyttet til hvordan kostnadsutviklingen for kjøretøy vil bli framover, særlig for de nye biltyperne. Flere analysemiljøer har utarbeidet framskrivninger for denne kostnadsutviklingen, som de benytter i eget analysearbeid [21-23].

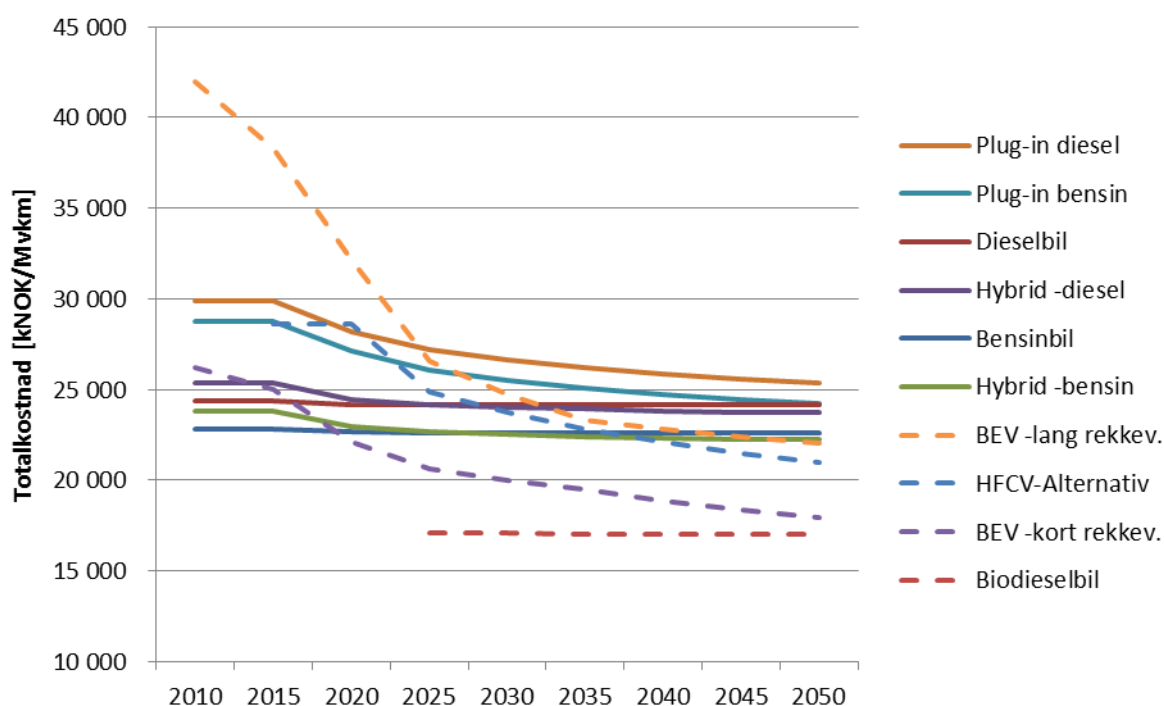
Investeringskostnaden (i faste kroner) vil i henhold til [22] gradvis øke utover i perioden for alle typer biler, og dette er begrunnet med at kjøretøy får stadig mer avansert utstyr, og at dette driver kostnaden noe opp. Investeringskostnadene vil i følge [21, 23] bli gradvis avtagende for alle typer biler, men kraftigst reduksjon for de nye typene kjøretøy, da kostnadene vil kunne falle betydelig når det blir storskala produksjon av hydrogen- og el-biler. Både UC Davis (UCD) og Joint Research Center (JRC) har benyttet læringskurver som gjør at investeringskostnaden for batteri- og hydrogenbiler faller kraftig utover i analyseperioden. Investeringskostnaden for hydrogenbiler vil ifølge JRC ligge ca. 20 % over tradisjonelle biler i 2050, mens i følge UCD vil investeringskostnaden være ca. 13 % høyere for hydrogenbiler enn bensinbiler i 2050.

I TIMES modellen er den eksisterende norske bilparken i 2010 med gjeldende kostnader, avgifter og virkningsgrader modellert, men det er ikke mulig å investere i tilsvarende biler framover. Modellen kan investere i nye biler, og den fremtidige utviklingen i investerings- og driftskostnader og virkningsgrad (effektivitet) for disse bilene er basert på arbeid utført ved JRC [23]. For hydrogenbiler er ikke JRCs kostnadsvurdering benyttet, da dagens kostnadsnivå for hydrogenbiler er høyere enn det som er antatt i data fra JRC. Kostnadsutviklingen som er benyttet i dette prosjektet er basert på opplysninger fra Toyota. For å få til denne prisutvikling for hydrogenbiler, innebærer det at flere bilprodusenter

produserer hydrogenbiler i stor skala. Dette vil på sikt gi stordriftsfordeler, og dermed kan enhetskostnadene reduseres ved produksjon.

I tillegg til investeringskostnadene er det lagt til engangsavgift og merverdiavgift for alle biler. (Engangsavgiften pålegges alle biler. Lastebiler og busser med lengde over 6 meter og med mer enn 17 seteplasser er unntatt). Avgiften skal beregnes på grunnlag av objektive kriterier og ivareta hensynet til miljø og sikkerhet. For personbiler beregnes engangsavgiften som hovedregel på grunnlag av kjøretøyets CO₂-utslipp, motoreffekt og vekt.

Gjeldene politikk er at elektrisk drevne biler (det vil si batteri- og hydrogenbiler) er fritatt for engangsavgift og merverdiavgift. Dersom dette hadde vært gjeldene politikk for hele analyseperioden ville totalkostnaden beregnet i kr pr millioner kjøretøy-km blitt som vist i Figur 48. I totalkostnaden inngår investeringskostnad, drifts- og vedlikeholdskostnad, og avgifter. Det er benyttet en gjennomsnittlig kjørerlengde pr år på 13.000 km for alle biler, med unntak av den elektriske bilen med kort rekkevidde, hvor det er benyttet en gjennomsnittlig årlig kjøreelengde på 10.000 km.

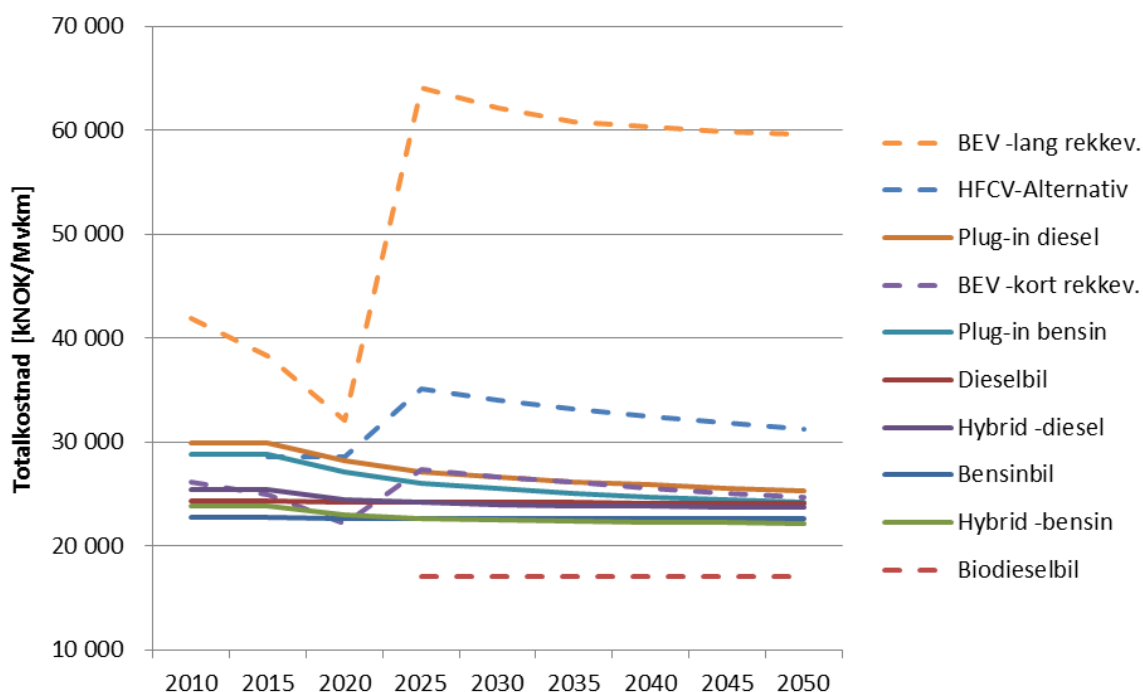


Figur 48 Utvikling av totalkostnad, inklusive avgifter, for ulike biltyper i kr pr millioner kjøretøy-km, når el og hydrogenbiler er fritatt for avgift i hele analyseperioden. Forklaring: BEV: Batterielektrisk bil, HFCV: hydrogen brenselcelle [23]

En biodieselbil er inkludert fra 2025, men denne er modellert slik at den kun kan benytte 2.generasjons biodiesel produsert i Norge (Norden). For øvrig er det modellert innblanding av biodrivstoff som enten er produsert nasjonalt, eller er importert. Innblandingsprosenten er minimum 5 % og maksimum 20 %. Som det fremgår av figuren er det en betydelig reduksjon i totalkostnad for nullutslipps-biler fram mot 2050. Det er valgt å legge inn en begrensning på bruk av el-biler til 50 % av totalt behov for personbiltransport i referansefremskrivningen. I et alternativt scenario med høy eletterspørsel, er det ikke inkludert en begrensning på elektriske biler.

I referansebanen er gjeldene politikk (med fritak for engangsavgift og merverdiavgift) for hydrogenbiler og elbiler videreført til 2020. Deretter får disse biltyperne samme avgifter som øvrige biler. Utvikling i totalkostnad er vist i Figur 49. Det kraftige hoppet i kostnader for hydrogen- og el-biler skyldes at det blir lagt på avgifter for disse bilene i perioden fra 2025. I modellen innebærer det at bilavgiftene vil være null fram til 2022, mens det blir full avgift fra 2023.

Det kan bli overgangsløsninger slik at ikke det blir full avgift for elbiler og hydrogenbiler etter 2020, men dette er ikke modellert i referansebanen. Analyser av effekten av å beholde lavere avgift på utslippsfrie biler helt frem til 2050, kan bidra med innsikt i hvor viktig det er å beholde lavere avgifter for å få en storskala implementering av utslippsfrie biler. Eksempelvis vil det være nødvendig med en politikk som støtter innkjøp av hydrogenbiler også etter 2020 dersom disse bilene skal få gjennomslag.



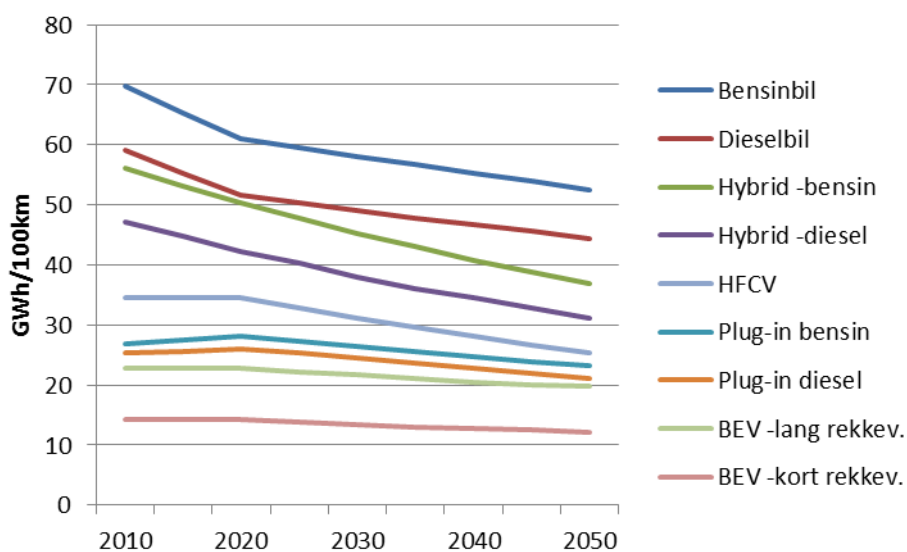
Figur 49 Utvikling av totalkostnad for ulike biltyper, når el- og hydrogenbiler er fritatt for avgifter til og med 2020

I henhold til revidert nasjonalbudsjett 2011, innbragte engangsavgiften i 2010 ca. 19,5 mrd. kroner i avgifter til staten. I analysene er det ikke tatt hensyn til et inntektstap som følge av en eventuell stor skala implementering av elektriske biler. Det er mulig å inkludere analyser som inkluderer provenynøytralitet, det vil si at statens samlede skatte- eller avgiftsinntekter (proveny) ikke påvirkes.

Fremtidig kostnadsutvikling for nye biler og nasjonal politikk for lavutslipps- og nullutslippsbiler vil være avgjørende for i hvilken grad vi vil få overgang til nye utslippsfrie biler. Det er derfor viktig å bemerke at norske myndigheter kan påvirke både transportveksten innenfor ulike transportformer, og den nasjonale transportinfrastrukturen gjennom investeringer i infrastruktur og gjennom utforming av rammebetingelser for sektoren. Myndighetene kan i tillegg påvirke den enkeltes etterspørsel etter

transporttjenester gjennom nasjonal politikk og virkemidler. Selv om internasjonale drivkrefter og trender vil legge føringer på transportutviklingen også i Norge, kan en aktiv nasjonal politikk bidra til endring i transportutviklingen framover. Politikken for nullutslippskjøretøy et eksempel på at det har blitt en mye raskere innfasing av el-biler i Norge enn i andre land. Endringer som følge av nye politiske virkemidler og rammebetingelser inngår ikke i dette arbeidet.

Som det framgår av Figur 50 er det lagt til grunn en effektivitetsforbedring i både konvensjonelle biler og biler basert på nye teknologier. Effektivitet er angitt i energibehov (GWh) som er nødvendig for å kjøre en gitt kjørelengde (100km). Forbedringene i effektivitet er basert på arbeid ved JRC [23]. Den forbedrede effektiviteten for de ulike biltyperne er benyttet både i referansebanen og i et alternativt scenario.

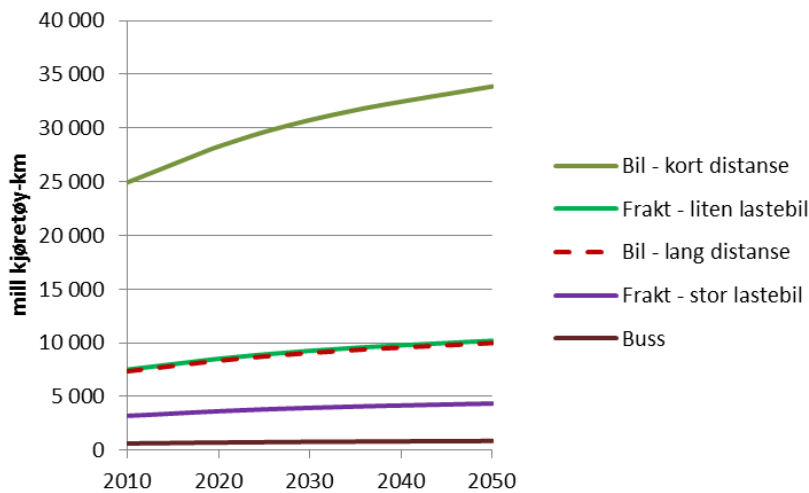


Figur 50 Utvikling i effektivitet målt i GWh/100 km for ulike biltyper

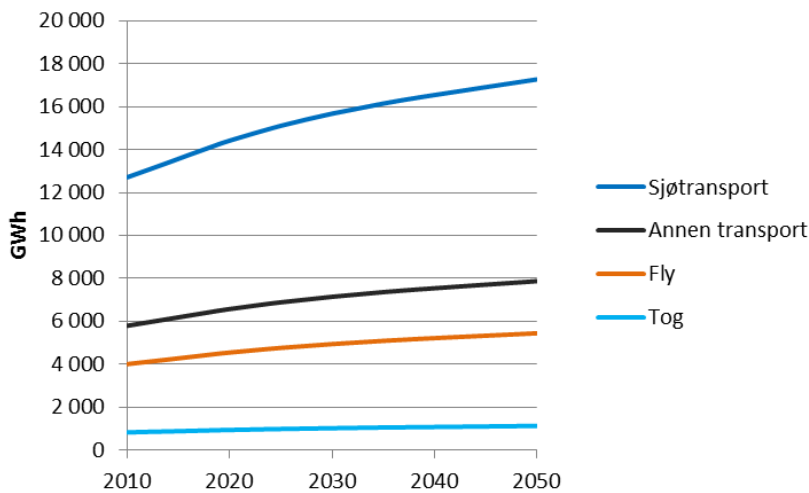
3.4.4 Alternativt scenario – redusert transportvekst

Grunnprognosene til TØI og Nasjonal Transportplan gir, som vist i Figur 45, en høy trafikkvekst til 2050. Det vil derfor være interessant å gjøre analyser med et alternativt scenario som innebærer en lavere trafikkvekst. Det er både personbilveksten og veksten i godstransport på vei som kan bli en utfordring framover, med stor trafikkvekst på vei i sentrale områder. Det er derfor valgt å analysere et alternativt scenario hvor veksten i transport følger befolkningsveksten. Dette innebærer at vi har samme transport av personer og varer i forhold til befolkningen som i dag. Dette ansees ikke som et ekstremt scenario, men et forholdsvis konservativt scenario.

Det alternative scenariet gir en etterspørsel etter transporttjenester som tilsvarer en 24 % lavere energibehov til sjøtransport, tog, fly og annen transport i 2050 sammenliknet med referansebanen, mens det totalt tilsvarer en reduksjon på 19 % i antall kjøretøy-km for personbil (kort og lang rekkevidde), lastebil (stor og liten) og buss, se Figur 51 og Figur 52.



Figur 51 Utvikling av transportbehov i kjøretøy-km i alternativt scenario



Figur 52 Utvikling av energibehov til transport i alternativt scenario, GWh

Det hadde i tillegg vært mulig å analysere et mer ekstremt scenario med ytterligere reduksjon i bruk av personbil, og hvor dette er kompensert med en økt bruk av kollektiv transport, ved økt bruk av sykkel og gange, og økt bruk av samkjøring. Reduksjon av godstransport på vei kan i et slikt scenario kompenseres med frakt av gods på tog og båt.

3.5 Samlet framskrivning av energibehov

Framskrivningene er delt opp i to trinn, hvor framskrivning av energibehov (energitjenestebehov) er det første og det er denne delen som er beskrevet tidligere i dette kapitlet. Neste trinn er å analysere hva som er teknisk-økonomisk optimal energibruk for hele energisystemet basert på gitte forutsetninger og ved bruk av energisystemmodellen TIMES-Norway. Forutsetningene og resultatene av analysene beskrives i etterfølgende kapitler.

Prinsippet for framskrivningene er å beregne etterspørsel som funksjon av en indikator ganger en aktivitet. For husholdninger og tertiær sektor er aktiviteten definert som et areal, som er beregnet fordelt på eksisterende (uforandret), renoverert og nytt areal. Indikatoren er energibruk per m² for ulike formål og byggtypen.

Befolkningsutviklingen er en viktig forutsetning for framskrivningene av etterspørsel i alle sluttbrukersektorer unntatt industri og antas å følge MMMM-alternativet til SSB pr juni 2012.

Arealet i husholdninger er beregnet ved hjelp av antagelser om antall personer per husholdning, fordeling på antall en- og flerfamiliehus, nybyggarealer for en- og flerfamiliehus, renoveringsrate og rivingssrate.

Framskrivningen av energibehov i industrisektoren er basert på energibruken i 2010. Referansebanen for utvikling av energibehovet i norsk industri er relativt uforandret mot 2050. Det er tatt hensyn til det som er besluttet av nedleggelse og utvidelser i industrien, men mulige eller planlagte utvidelser/ nedleggelse er ikke inkludert i referansebanen.

Etterspørselsframskrivningen i transportsektoren er basert på grunnprognosene for transportutvikling utarbeidet av TØI. Grunnprognosene gir en kraftig vekst i alle transportformer, særlig for veitrafikk.

De tidligere presenterte framskrivningene av etterspørsel av energitjenester (inndata til TIMES-Norway) for hver av sektorene er sammenstilt i Tabell 13.

Tabell 13 Sammenstilling av totalt energibehov, TWh/år og 1000 Mv-km/år

	2010	2030	2050	Enhet	Endring 2010-2050
Primærnæringer	3,2	3,9	4,3	TWh	+34 %
Bygg & anlegg	1,6	2,0	2,2	TWh	+38 %
Servicesektoren	30,5	32,0	35,0	TWh	+15 %
Husholdninger	43,6	50,5	54,3	TWh	+25 %
Industri	77,7	78,1	78,1	TWh	+1 %
Sum stasjonært	156,6	166,5	173,9	TWh	+11 %
Personbiler	32,3	41,5	49,4	Mv-km	+53 %
Busser	0,64	0,69	0,79	Mv-km	+24 %
Lastebiler (tunge og lette)	12,2	19,1	25,7	Mv-km	+108 %
Fly, tog, sjø og annet	23,4	29,7	35,3	TWh	+50 %

4 Analyseforutsetninger

Nedenfor presenteres de forutsetninger som er brukt i analysene med TIMES-Norway i dette arbeidet med energiframskrivning mot 2050. Fokus har vært på framskrivning av energibehovet og det er gjennomført innledende analyser av energibruk fordelt på energibærere- og teknologier. Ytterligere analyser med varierende forutsetninger er nødvendig for å studere framskrivninger av energibruk mer detaljert.

4.1 Energifriser og kraftutveksling

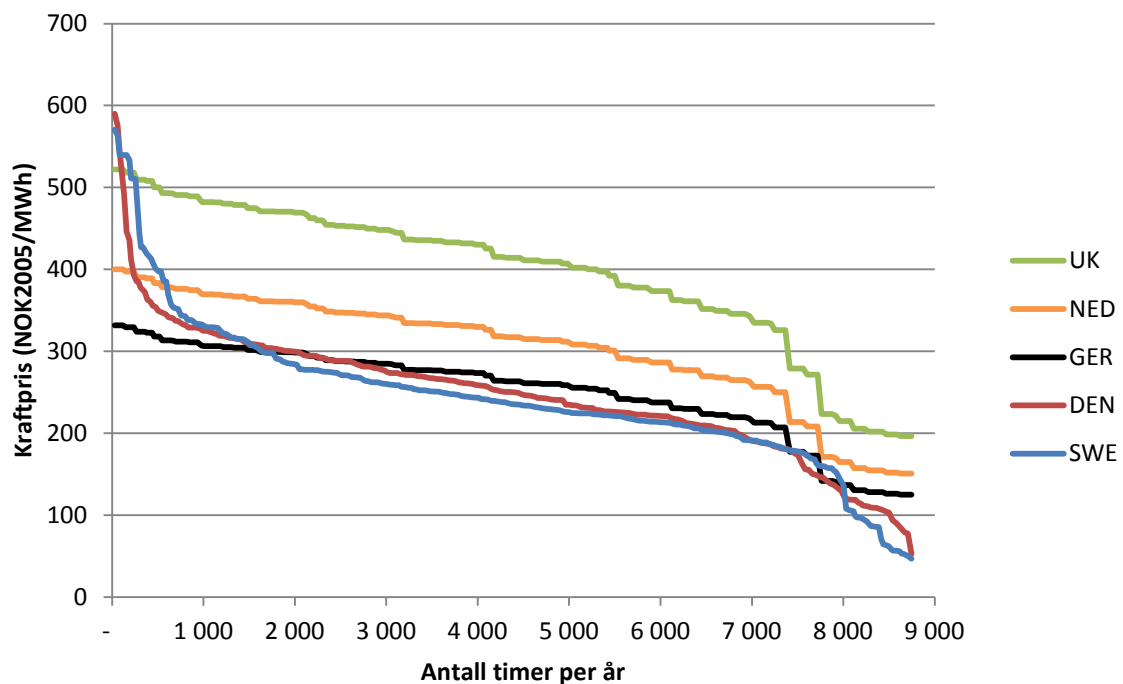
Årlig eksport- og importpris for krafthandel med naboland er beregnet basert på data fra Energinet.dk, som har forwardpriser⁴ for 2013-2016 [24]. I referansebanen til TIMES-Norway er forwardprisen for 2014 benyttet for 2010-2014 og forwardprisen for 2016 er benyttet for 2016-2050. I et scenario med høyere energipriser er framskrivningen til 2035 til Energinet.dk benyttet (se scenariobeskrivelse i kap. 5). En sammenstilling av krafteksportprisene som er brukt i analysene er presentert i Tabell 14. Det er benyttet en elsertifikatpris på 165 NOK/MWh fra 2014 til 2035 (NOK-2005).

Kraftimport og -eksport er begrenset av den eksisterende overføringskapasiteten, men det er mulig å investere i ny kapasitet, begrenset til de to nye kablene til Tyskland (2018), og Storbritannia (2020) som fikk konsesjon i 2014 [25]. Varighetskurvene over året er basert på statistikk for variasjonen i 2012 for hvert av prisområdene. Det er valgt å bruke et enkelt år istedenfor et gjennomsnitt for flere år for å ha en realistisk variasjon over året. Figur 53 viser en varighetskurve over kraftprisen for eksport til noen naboland, sortert etter synkende pris.

Tabell 14 Krafteksportpriser (årlig gjennomsnitt) for naboland med mulig kraftutveksling til Norge i TIMES-Norway (NOK2005/MWh). I Referansebanen brukes 2016-prisene i perioden 2016-2050. Prisene er basert på beregninger fra Energinet.dk [24].

År / Prisområde	2010- 2014	2016	2018	2020	2025	2030	2035- 2050
SE1	273	273	352	352	451	451	441
SE2	273	245	352	458	451	444	441
SE3	273	245	352	458	451	444	441
DK	276	255	356	456	461	466	469
FIN	273	245	352	458	451	444	441
RUS	273	245	352	458	451	444	441
NL	338	312	438	565	536	509	496
DE	279	259	357	456	467	479	484
UK	382	407	528	648	625	602	591

⁴ Hentet fra Nasdaq 30. april 2014



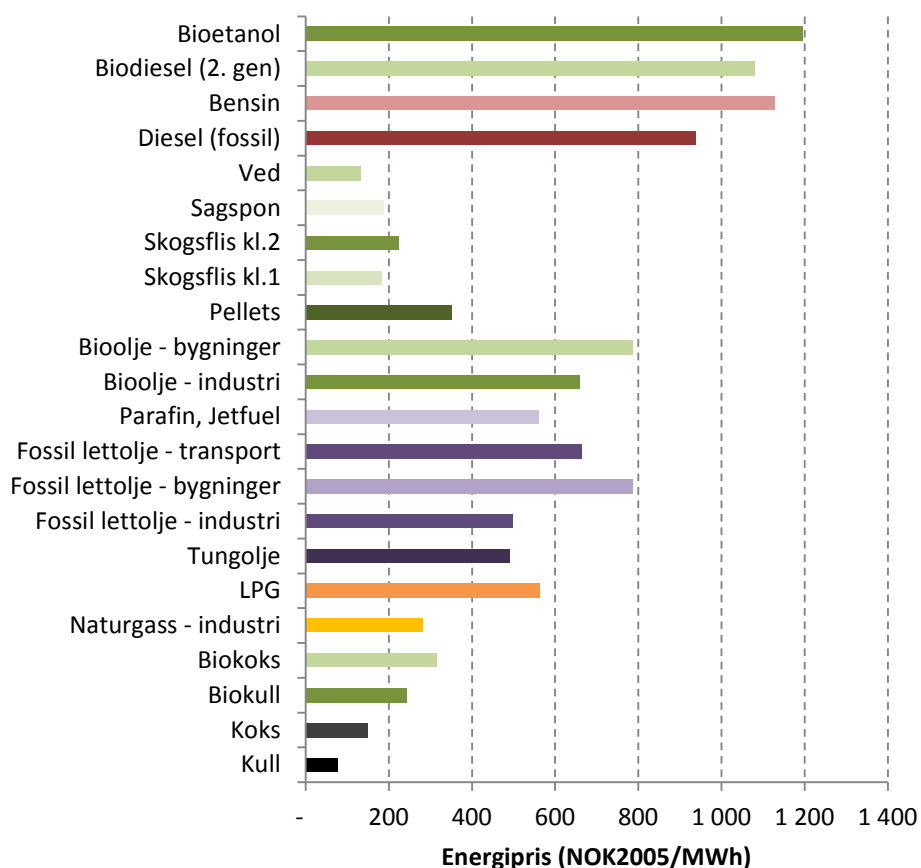
Figur 53 Kraftpris for eksport til noen naboland 2016-2050, sortert etter synkende pris (NOK2005/MWh)

Nettleiekostnader er differensiert på høyspentnett og ulike sluttforbrukere tilknyttet lavspenett, se Tabell 15. Kostnaden er konstant i hele analyseperioden 2010-2050 og er basert på historiske priser i perioden 2008-2012 [26].

Tabell 15 Nettleie fordelt på prioritert og uprioritert kraft for ulike sluttbrukere (NOK2005/MWh)

	Prioritert kraft	Uprioritert kraft
Industri, høyspent	25	25
Industri, lavspenett	144	59
Service og primærnæringer	189	101
Husholdninger	229	229

Priser på importert energi er basert på prisutviklingen av råolje og naturgass i World Energy Outlook 2013, «Current Policy scenario» fra 2012 til 2020 [27]. Prisen i 2016 er beregnet som et gjennomsnitt av prisen i 2012 og 2020 og denne prisen er brukt i analysene fra 2016 til 2050. Prisene på de fleste energibærerne er presentert i Figur 54.



Figur 54 Energipriser for utvalgte energibærere, inkl. avgifter men ekskl. MVA og leveransekostnader i husholdninger i 2016-2050 (NOK2005/MWh)

Analysen er også gjennomført med høyere priser på importert energi. Prisene er da basert på prisutviklingen frem til 2035 av råolje og naturgass i World Energy Outlook 2013, «Current Policy scenario» [27]. Råoljeprisen øker her fra 109 USD/fat i 2012 til 145 USD/fat i 2035. Fra 2035 til 2050 er utviklingen ekstrapolert og råoljeprisen blir da 176 USD/fat i 2050. Prisen på import av naturgass til Europa øker fra 11,7 USD/MBtu i 2012 til 14,0 USD/MBtu i 2035, og ekstrapolert til 2050 blir prisen 17,0 USD/MBtu. Kullprisen øker fra 99 USD/tonn i 2012, til 120 USD/tonn i 2035 og ekstrapolert blir prisen i 2050 145 USD/tonn. Krafteksportprisene er basert på beregninger av Energinet.dk, som har basert sine analyser på WEO 2013 [24].

For biodiesel er det antatt at det kan importeres og benyttes til innblanding i fossil diesel. Det er lagt inn mulighet for produksjon av 2. generasjon biodiesel basert på norsk skog fra 2025. Det er forutsatt at rene biodieselmotorer må benytte nasjonalt produsert drivstoff.

Avgiftene i TIMES-Norway er basert på vedtatte avgiftssatser frem til 2014 og fra 2016-2050 er de holdt konstante på 2014-nivå (omregnet til 2005-kr). Avgiftene på biodiesel er antatt å være lik fossil diesel etter 2020.

4.2 Diskonteringsrente

Den generelle diskonteringsrenten er 4 % i disse analysene med TIMES-Norway. Forrentningskravet er økt til 10 % for mange sluttbruksteknologier som oppvarmings-teknologier og energieffektiviseringstiltak. Noen sluttbruksteknologier i industrien har en rente på 15 %. For å studere effekten av endret diskonteringsrente, er det gjennomført en analyse med 7 % generell diskonteringsrente.

Diskonteringsrenten beskriver avkastningskrav som benyttes for å beregne verdien av fremtidige inntekter. Avkastningskravet gir uttrykk for den avkastning man forventer å oppnå. Det er nær sammenheng mellom usikkerhet knyttet til fremtidig inntekt og størrelsen på diskonteringsrenten. Jo mer usikkerhet som er knyttet til en fremtidig inntekt, jo høyere settes diskonteringsrenten. Dette er bakgrunnen for at ulike sluttbrukerteknologier i industrien har en høy rente. Med en lavere diskonteringsrente blir eksempelvis fornybar energiproduksjon med høy investeringskostnad og lave fremtidige driftsutgifter mer konkurransedyktige enn når diskonteringsrenten er høyere.

4.3 Modellering av andre gjeldende virkemidler

4.3.1 Enova's støtteordninger

Enova har programmer som gir økonomisk støtte til ulike teknologier, og disse er implementert i TIMES-Norway som reduserte investeringskostnader. Hvor lenge disse virkemidlene vil være tilgjengelige er høyst usikkert, men i referansebanen er følgende nivå for støtte lagt til grunn for perioden 2010-2020:

- Fjernvarmenett: 3,4 øre/kWh
- Fjernvarmeanlegg bioenergikjeler og industriell spillvarme: 2,9 øre/kWh
- Pelletskjeler og grunnvannsvarmepumper (eller tilsvarende) i flerfamiliehus og service: 2,9 øre/kWh
- Industri: bioenergikjel & varmepumper redusert investeringskostnad tilsvarende ca. 20 %
- Pelletskaminer/kjeler, grunnvannsvarmepumper og solfangere i enfamiliehus: redusert investeringskostnad med 20 %

Etter 2020 er det ikke inkludert noen støtte til disse teknologiene i TIMES-Norway.

Energieffektiviseringstiltak kan også få støtte gjennom Enova, men det er ikke inkludert i TIMES-Norway i referansebanen eller i scenariene analysert her.

4.3.2 Transport

For transportsektoren gjelder dagens avgiftspolitikken fram til 2020. Det innebærer at utslippsfrie biler (el og hydrogen) er fritatt for engangsavgift og merverdiavgift til 2020. Deretter får disse bilene samme avgifter som andre biler. Også etter 2020 er det forutsatt at engangsavgiften beregnes på grunnlag av kjøretøyets CO₂-utslipp, motoreffekt og vekt, slik at biler med lavt CO₂-utslipp får lavere avgift enn biler med høyere utslipp. Biodieselmotorer som bruker 2. generasjons biodiesel basert på norsk råstoff har i analysene en betydelig lavere

investeringskostnad enn konkurrerende teknologier, se Figur 48. Avgiftene på biodiesel er antatt å være lik fossil diesel etter 2020. Det er benyttet en begrensning på bruk av elektriske biler i referanseframskrivningen, slik at disse kun kan dekke 50 % av totalt behov for personbiltransport.

4.3.3 Eloppvarming

Det er lagt inn en begrensning i TIMES-Norway for bruk av elektrisk oppvarming for å imøtekomme forskriftskravene i TEK10. Dette er modellert som at det ikke er mulig å bruke elkjel eller panelovner i nye husholdninger og næringsbygg. Panelovner i husholdninger kan brukes i kombinasjon med andre oppvarmingsteknologier, men ikke som den eneste oppvarmingsteknologien i nye boliger.

For husholdninger innebærer dette at nye boliger ikke har mulighet å investere i elkjeler og (kun) panelovner, mens eksisterende boliger har en øvre begrensning tilsvarende forbruket i 2010. Det medfører at totalt kan andelen direkte elektrisk oppvarming i eksisterende boliger øke noe, da total etterspørsel reduseres utover i perioden på grunn av rivning.

Næringsbygg er ikke modellert som eksisterende og nye bygg, så her er det lagt inn en begrensning på alle bygg tilsvarende forbruket av eloppvarming i basisåret.

Det er ikke noen begrensning for bruk av elkjeler i industrien eller til fjernvarmeproduksjon.

5 Analyseresultat

5.1 Scenarier

Det er gjort analyser med TIMES-Norway med referansebanen og følgende scenarier:

REF	Referansebane med de forutsetninger som er beskrevet tidligere i denne rapporten. Vedtatt politikk er lagt til grunn og vedtatte nedleggelse/produksjonsøkninger i industribedrifter. Generelle energieffektiviseringstiltak er ikke inkludert, men noen effekter av vedtatt politikk inngår (se avsnitt 3.1.4 og 3.2.4). Lavenergi- og/eller passivhus er ikke inkludert. Elektriske biler er begrenset til å maksimalt dekke 50 % av transportbehovet.
REF-EE	Energieffektiviseringstiltak er mulige å investere i /ta i bruk i TIMES-Norway (se beskrivelse i avsnitt 2.2). Trafikkveksten er begrenset som følge av mer effektiv transporttjenester.
Frozen	Personbiler er dagens fordeling på bensin-, diesel- og elbiler med virkningsgradsforbedring av disse, men uten mulighet å investere i nye typer personbiler. For næringsbygg og husholdninger er det ikke antatt noen forbedring i forbindelse med renovering, og vedtatte tiltak på belysning og energimerking har ikke noen effekt på energibruken. Industrien er som i referansebanen.
Høy	Økt energibehov i industri inklusive olje- & gassutvinning (se avsnitt 3.3), ingen restriksjon på bruk av elbiler.
Lav	Lavere etterspørsel i industrien, mulighet å investere i energieffektiviserings-tiltak i bygg og industri, lavere transportvekst og høyere energipriser (basert på WEO2013 [27] og energinet.dk [24])

I samtlige scenarier unntatt i LAV er det brukt konstante energipriser fra 2016 til 2050, som beskrevet i avsnitt 4.1. I scenario LAV er utviklingen av priser for fossile energibærere og bioenergi basert på WEO 2013. Det er også krafteksportprisene, som i dette scenariet er betydelig høyere enn i de andre scenariene.

En sammenligning av scenarieforutsetningene er presentert i Tabell 16.

Tabell 16 Analyserte scenarier

Scenario	Industri	Husholdninger	Service	Transport	EE-tiltak	Energipriser
REF					Nei	Konstante 2016-2050
REF-E	EE	EE	EE	Lavere transportbehov (mer effektivt)	Ja	Konstante 2016-2050
FROZEN	-	Ikke effekt av renovering, energimerke-direktiv, glødepæreforbud	Ikke effekt av renovering, energimerke-direktiv, glødepæreforbud	Samme type biler som i dag (bensin & diesel)	Nei	Konstante 2016-2050
HØY	Høy aktivitet	-	-	Ingen begrensning for elbilandel	Nei	Konstante 2016-2050
LAV	Lavere aktivitet EE	EE	EE	Lavere transportbehov	Ja	Økende 2010-2050 (WEO2013)

5.2 Total energibruk

Etterspørsel av energitjenester for de ulike forbrukssektorene er sammenlignet med energibruk per sektor som er resultatet av analysene av referansebanen med TIMES-Norway, se Tabell 17. Samlet etterspørsel til stasjonært bruk øker med 11 % hvilket kan sammenlignes med økningen i (innkjøpt) energibruk på 8 %. Årsakene til forskjellen er dels av det er en del omvandlingstap som øker energibruken og dels at det brukes en del varmepumper, hvor omgivelsesenergi ikke er inkludert i «innkjøpt» energi.

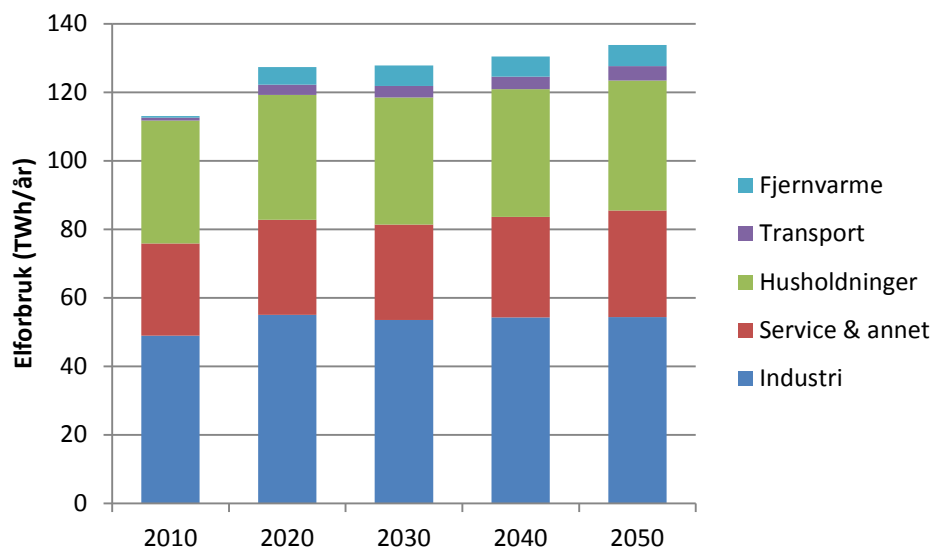
Etterspørselen av kjørte km med personbiler øker i referansebanen med 53 % mens energibruken blir redusert med 33 % på grunn av mer effektive biler. For annen transport er det ikke på nåværende tidspunkt inkludert så mange effektiviseringsmuligheter.

Total energibruk øker med 14 % fra 2010 til 2050 i referansebanen.

Tabell 17 Etterspørsel av energitjenester (inndata) og energibruk i basisframskrivningen (resultat) i 2010, 2030 og 2050 (TWh/år og Bv-km/år)

	Etterspørsel (inndata til TIMES-Norway)					Energibruk («innkjøpt») ⁵				
	2010	2030	2050	Enhet	Endring 2010-2050	2010	2030	2050	Enhet	Endring 2010-2050
Primærnæringer	3,2	3,9	4,3	TWh	+34%	3,2	3,9	4,3	TWh	+38%
Bygg & anlegg	1,6	2,0	2,2	TWh	+38%	1,6	2,0	2,2	TWh	+38%
Service	30,5	32,0	35,0	TWh	+15%	29,3	31,3	36,1	TWh	+23%
Husholdninger	44,0	51,1	55,3	TWh	+26%	46,5	50,2	52,0	TWh	+12%
Industri	77,7	78,1	78,1	TWh	+1%	80,7	78,9	78,7	TWh	-2%
Sum stasjonært	157,0	167,1	174,9	TWh	+11%	161,3	166,3	173,4	TWh	+8%
Personbiler	32,3	41,5	49,4	Bv-km	+53%	20,8	13,2	13,9	TWh	-33%
Busser	0,64	0,69	0,79	Bv-km	+24%	1,4	1,5	1,7	TWh	+19%
Lastebiler	12,2	19,1	25,7	Bv-km	+108%	15,8	21,6	29,2	TWh	+85%
Annen transport	23,4	29,7	35,3	TWh	+50%	23,4	29,7	35,3	TWh	+51%
SUM						223	232	253	TWh	+14%

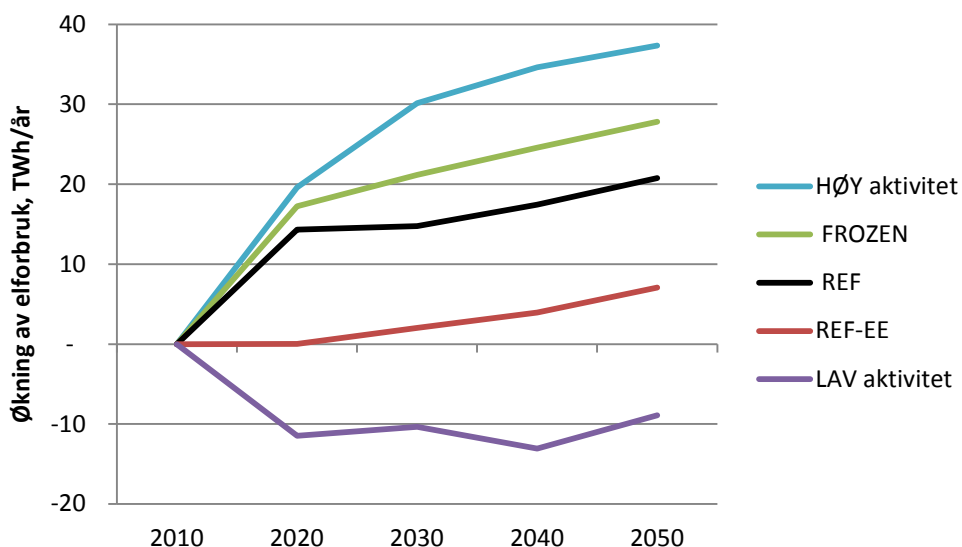
Elforbruket i referansebanen fordelt på hovedgrupper er vist i Figur 55. Både industri og fjernvarmeproduksjon øker bruken av elektrisitet betydelig, til stor del grunnet bruk av elkjeler.



Figur 55 Elforbruk per sektor 2020-2050 i referansebanen (TWh/år)

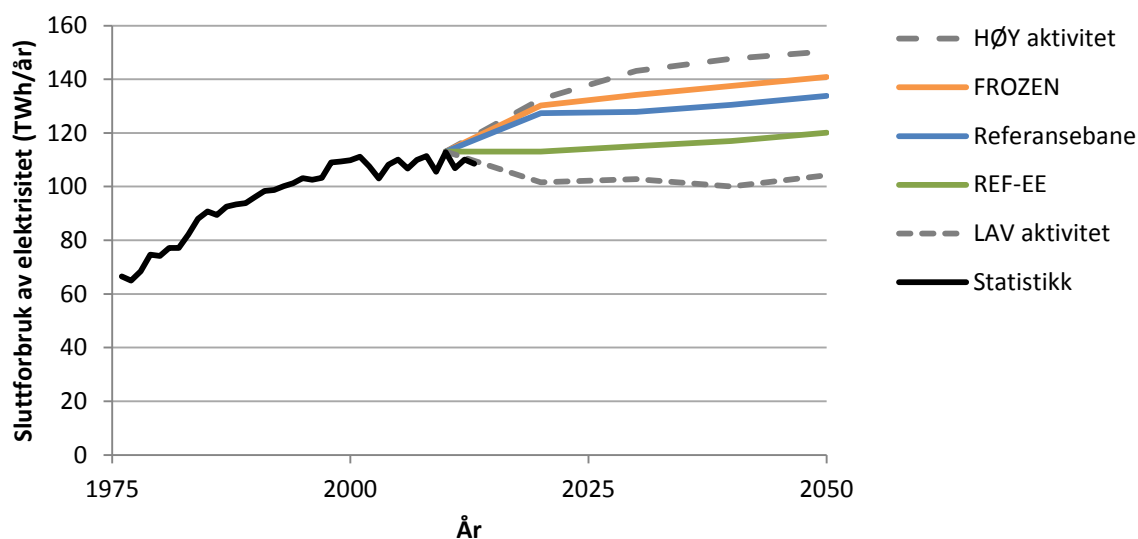
⁵ «omgivelsesenergi» til varmepumper inngår ikke

I alle scenariene, unntatt i LAV, øker elforbruket i perioden mot 2050, se Figur 56. Økningen er størst i scenariet med høyere industriaktivitet, hvor energieffektiviseringstiltak ikke er inkludert, og i dette scenariet øker sluttforbruk av el med ca. 37 TWh i 2050 (ekskl. nettap). I det lave scenariet er elforbruket ca. 9 TWh lavere enn i dag. Spesielt i industrien er den årlige økningen betydelig fram til 2020 scenariene «REF», «HØY» og «FROZEN», for deretter å avta.



Figur 56 Endring i elforbruk sammenlignet med 2010 for alle scenariene (TWh/år)

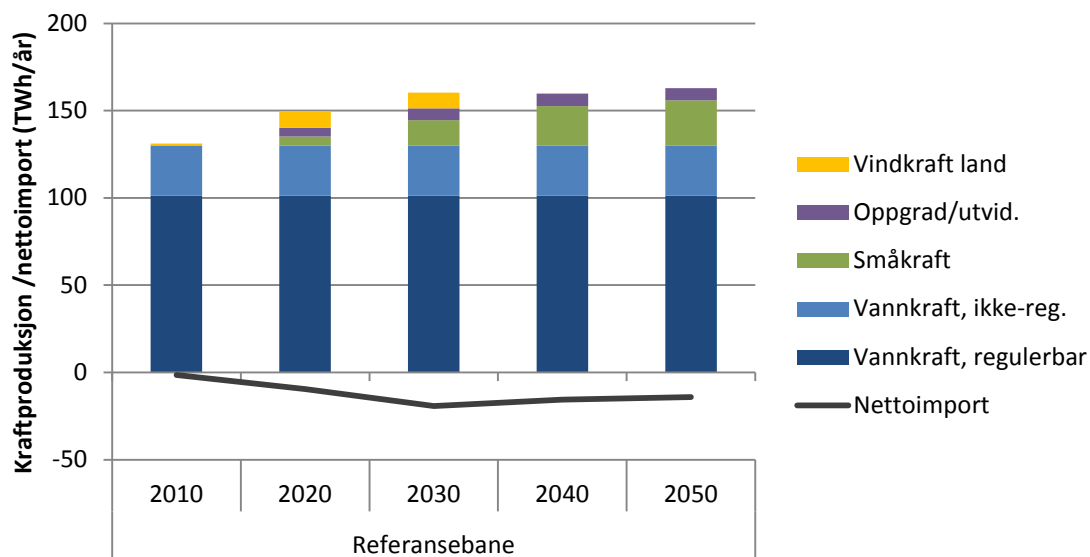
Historisk sluttbruk av elektrisitet er sammenlignet med de ulike framskrivningsscenariene i Figur 57. Sluttbruk av elektrisitet økte betydelig fram til slutten av 1990-årene og har deretter vært relativt konstant. Framskrivningene viser en økning av elforbruket i alle scenarier unntatt det med lav aktivitet med økte energipriser (inkl. kraftpriser). Årsakene til økningen vil bli beskrevet for hver sektor videre nedenfor. Samlet sett er det dels den sterke befolkningsveksten, som er betydelig større neste 40 år sammenlignet med de siste 40 årene, og dels at relativt lave kraftpriser fører til økt forbruk av elektrisitet både til varmepumper og elkjeler i industri og fjernvarme.



Figur 57 Historisk sluttbruk av elektrisitet sammenlignet med de ulike framskrivnings-scenariene (TWh/år)

5.3 Kraftproduksjon og eksport

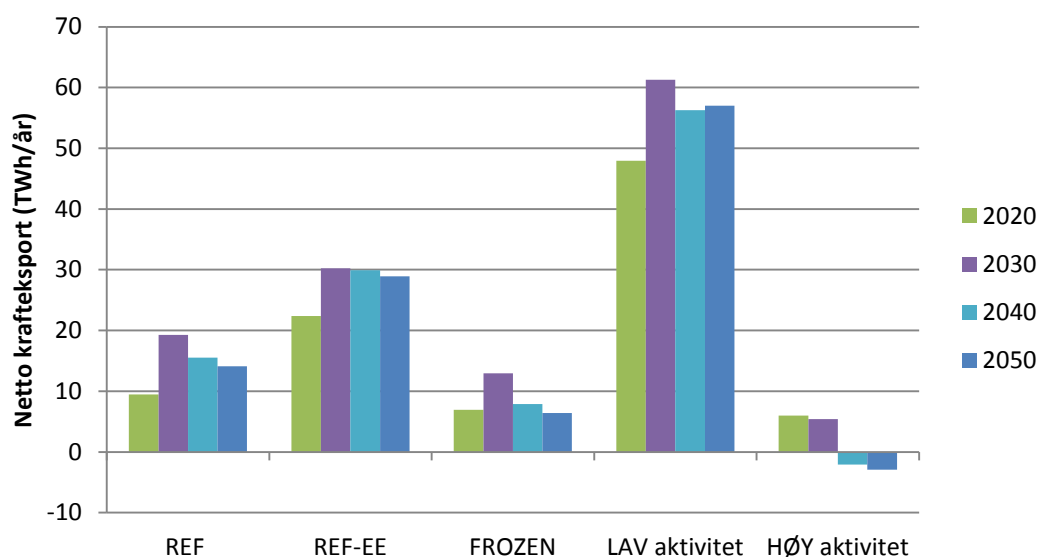
I referansebanen øker vannkraftproduksjonen med 33 TWh fordelt på 26 TWh småkraft og 7 TWh oppgradering/utvidelse av eksisterende magasinkraft, se Figur 58. Vindkraft på land øker til ca. 9 TWh i 2020-2030 og blir redusert til 0 TWh i 2050. I analysene er det brukt en levetid på 20 år for vindkraft. Investeringene i vindkraft kommer i perioden med elsertifikater og det blir ikke reinvestert etter utløpt levetid. Nettoeksporten av kraft til naboland er høyest i 2030 med 19 TWh for deretter å avta til 14 TWh i 2050.



Figur 58 Kraftproduksjon og nettoimport av kraft fra naboland, 2010-2050 (TWh/år)

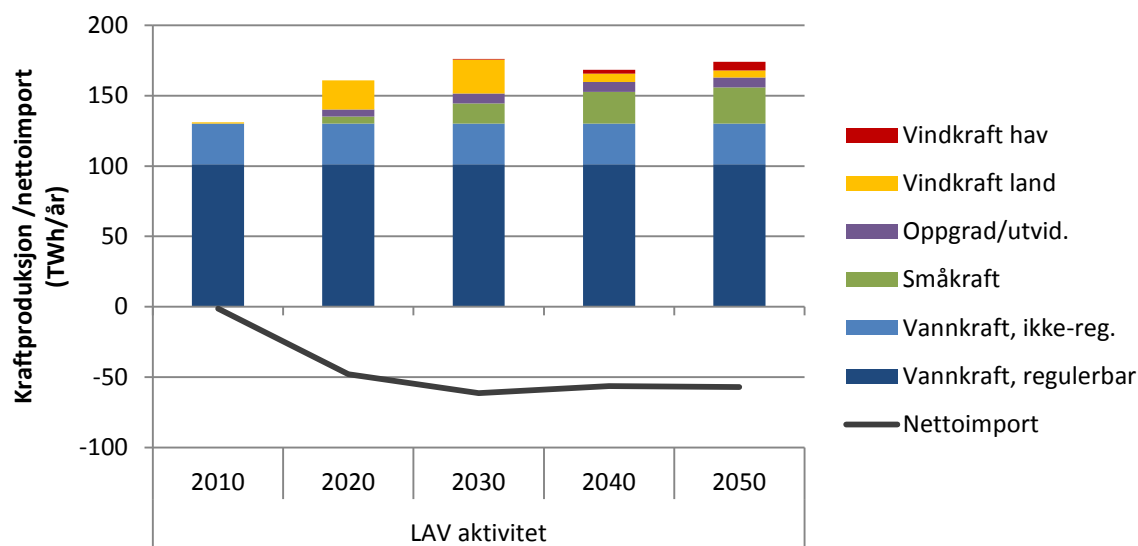
Nettoeksporten av kraft for de ulike analyserte scenariene er presentert i Figur 59. Høyest eksport skjer med høyere kraftpriser og redusert norsk sluttbruk som i LAV-scenariet. Også

ved implementering av energieffektivisering øker krafteksporten. I scenariet med høy aktivitet i industrien velger modellen å importere 2-3 TWh i 2040-2050 istedenfor å produsere mer i Norge (med konstante krafteksportpriser).



Figur 59 Netto krafteksport til naboland for de ulike analyserte scenariene, 2020-2050 (TWh/år)

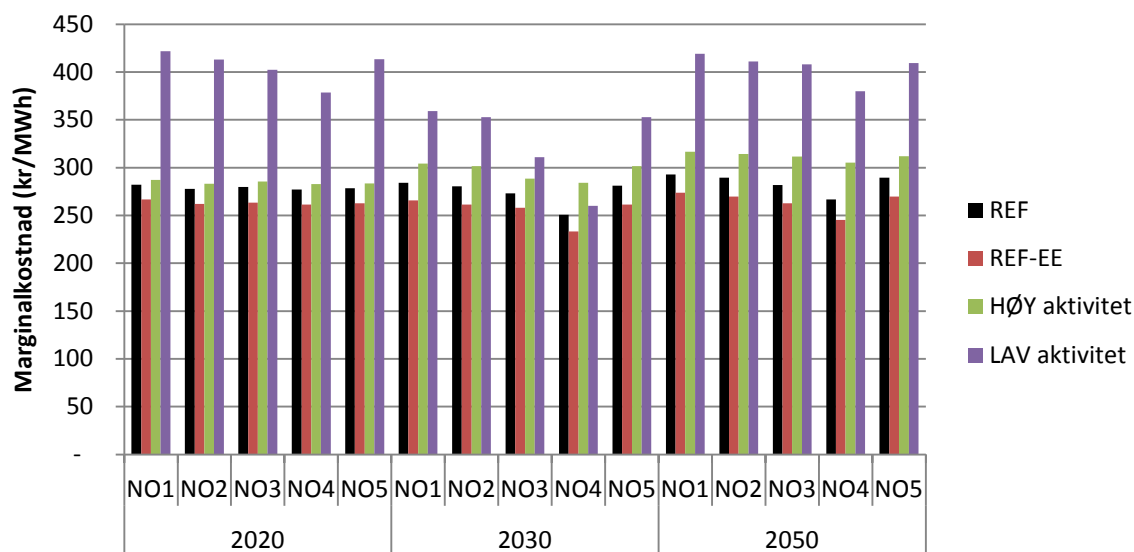
Med høyere krafteksportpriser som i LAV-scenariet blir det investert betydelig mer i vindkraft på land og det blir også investert i vindkraft til havs, se Figur 60.



Figur 60 Kraftproduksjon og nettoimport av kraft fra naboland 2010-2050 i scenariet med lav industriaktivitet og høyere energipriser, (TWh/år)

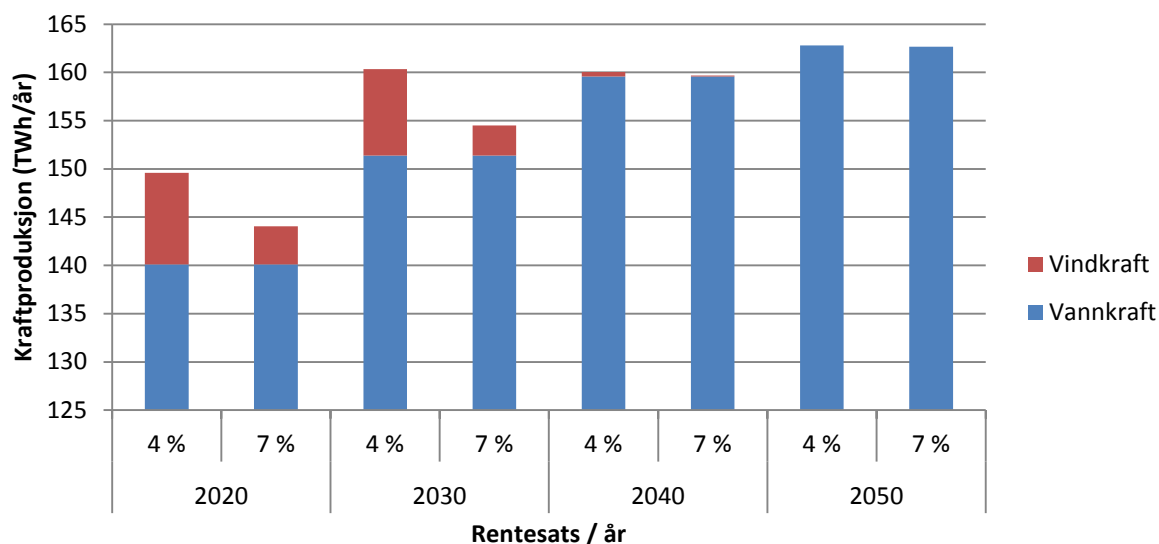
I Figur 61 vises marginalkostnadene for kraftproduksjon for ulike prisområder i 2020, 2030 og 2050, dvs. ekskl. nettinvesteringer. Marginalkostnadene er høyest i scenario LAV hvor energipriser (inkl. krafteksportpriser) er høyere enn i de andre scenariene. Scenario HØY gir

en økt pris på 2-3 øre/kWh i 2030 og framover. Marginalprisen er lavest i scenariet med energieffektivisering; ca. 2 øre/kWh lavere sammenlignet med referansebanen.



Figur 61 Marginalkostnadene for kraftproduksjon for ulike prisområder i 2020, 2030 og 2050 (NOK2005/MWh)

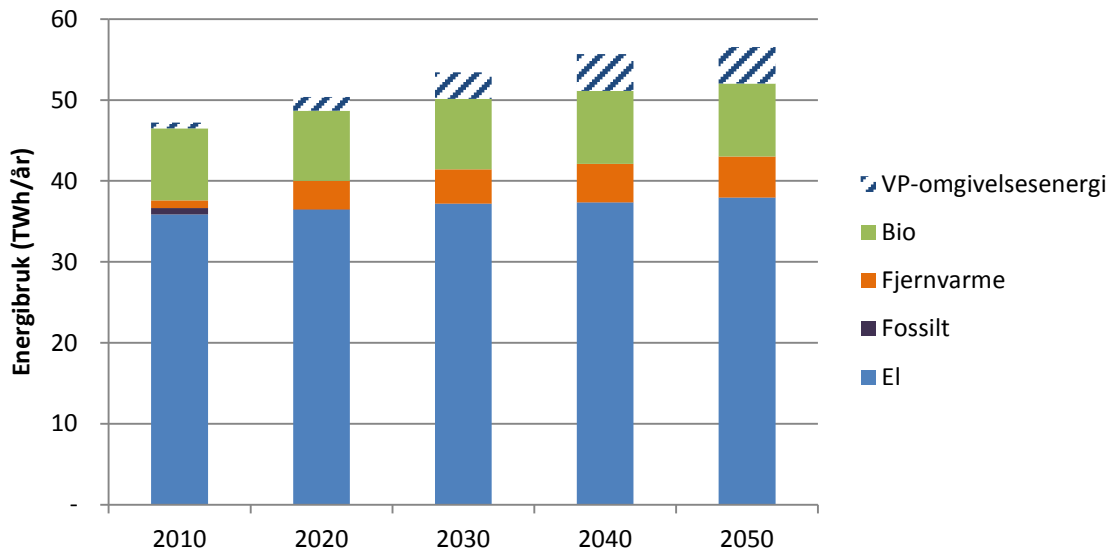
Figur 62 viser betydningen en økning av diskonteringsrenten har på produksjon fra (og investeringer i) landbasert vindkraft. En økning i renten på 3 % (fra 4 % til 7 %) gir en reduksjon i kraftproduksjonen på ca 6 TWh i 2020 - 2030.



Figur 62 Kraftproduksjon med henholdsvis 4 % og 7 % diskonteringsrente (Referansebane), TWh/år

5.4 Husholdninger

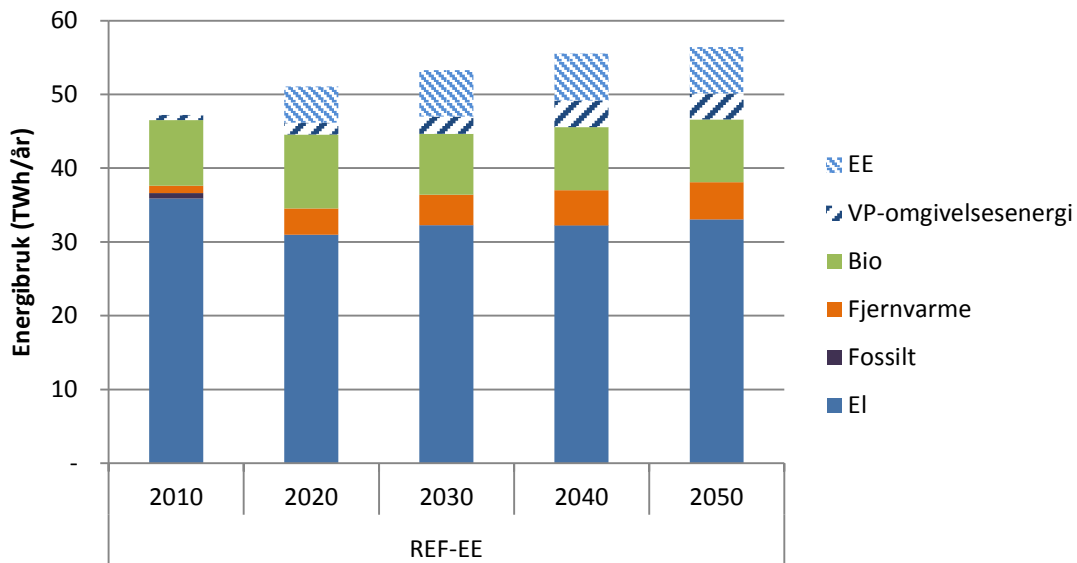
Energibruken i husholdningssektoren vil i referansebanen øke til 52 TWh i 2050 og i tillegg brukes 4,5 TWh «omgivelseenergi» i varmepumper, se Figur 63. Elforbruket i referansebanen er 38 TWh i 2050. Bruken av fjernvarme øker til ca. 5 TWh i 2050, mens olje- og gassforbruket nesten blir helt borte.



Figur 63 Energibruk i husholdningene i referansebanen 2010-2050 (TWh/år)

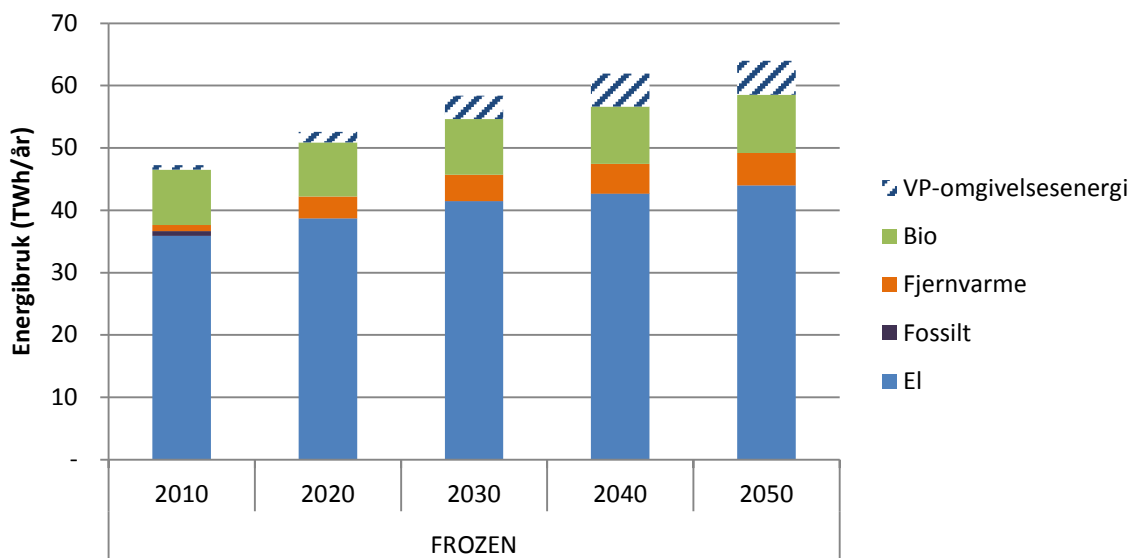
Hvis det er mulig å investere i energieffektiviseringstiltak, viser analysene at det er lønnsomt å investere i tiltak som reduserer energibruken med 6 TWh i 2050 (i tillegg til 4 TWh fra «omgivelseenergi» til varmepumper), se Figur 64. «Innkjøpt» energi er stort sett konstant i hele perioden og det samme gjelder for elforbruket. Adferdstiltak utgjør en stor del av de lønnsomme energieffektiviseringstiltakene (bruk av hvitevarer⁶, standby, slukke lys, lufting, innetemperatur, varmtvannsforbruk). Tettelister, og styrings- og reguleringstiltak er også lønnsomme, mens etterisloering eller skifte av vinduer og ytterdører ikke blir gjennomført.

⁶ skifte ekstrarfryser til energieffektiv fryser, endre fryse temperatur fra -20°C til -18°C, defrosting av kjøleskap og fryser, fylle oppvaskmaskin og vaskemaskin før bruk, erstatte tørketrommel med lufttørking, ikke vaske ved høyere temperatur enn nødvendig, sentrifugere mest mulig, bruke lokk på kokekjevler, koke opp vann i vannkoker istedenfor kjele, tine mat i kjøleskap etc.



Figur 64 Energibruk i husholdningene i referansebanen med mulighet for energieffektiviseringstiltak, 2010-2050 (TWh/år)

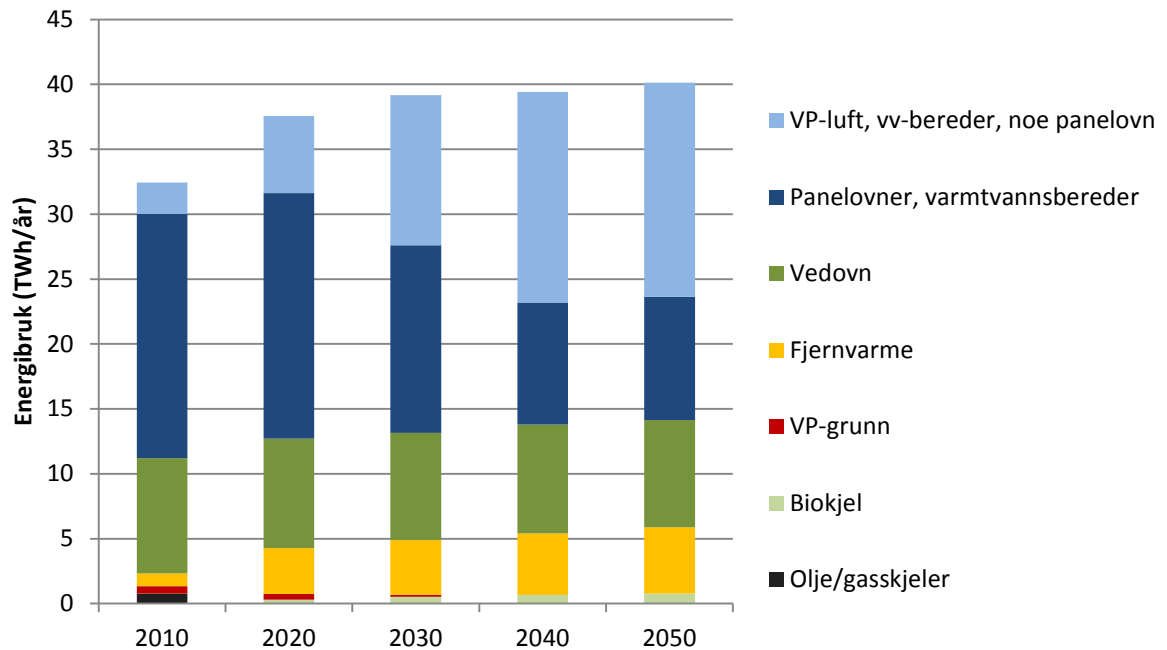
I referansebanen er det antatt en del effektivisering som følge av renovering og som konsekvens av energimerkedirektivet og forbudet mot glødepærer (se avsnitt 3.1.5.2). Hvis denne effekten uteblir, f.eks. fordi antallet apparater øker eller at bruken øker, så vil energibruken istedenfor utvikles som vist i Figur 65 for «Frozen efficiency»-scenariet. Det fører til at total enerbruk øker til 59 TWh i 2050 og elforbruket øker til 44 TWh (6 TWh mer enn i referansebanen).



Figur 65 Energibruk i husholdningene i «Frozen efficiency»-scenariet (TWh/år)

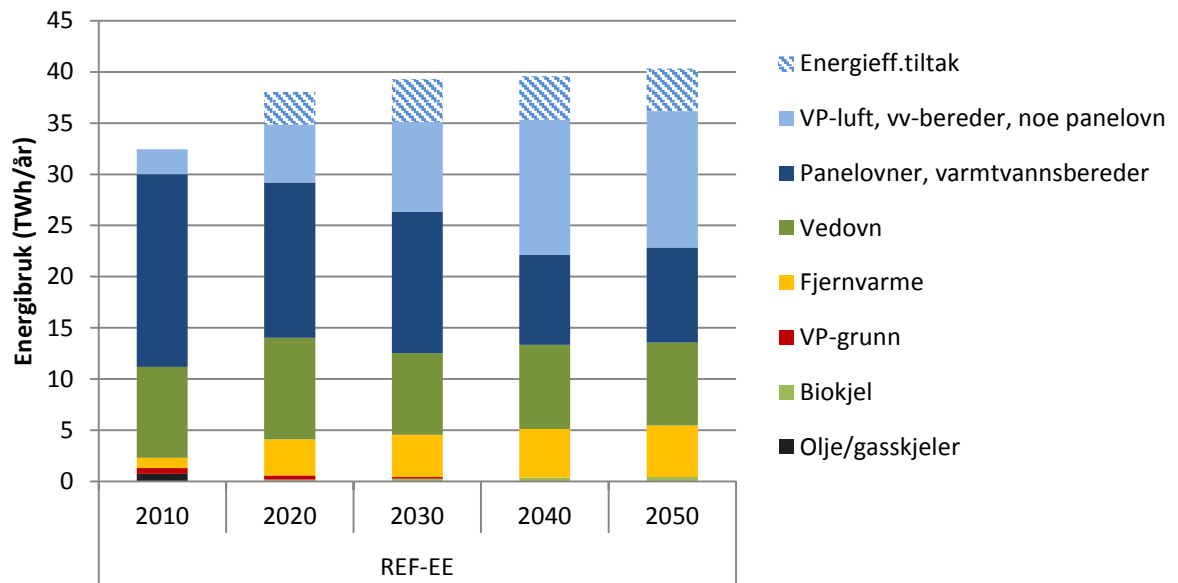
Analysene viser at med de forutsetninger som er gitt er det mest lønnsomt for husholdningene å bruke luft-luft-varmepumper som oppvarmingsteknologi i nye eneboliger og en kombinasjon av fjernvarme og bioenergikjeler i nye flerfamiliehus. Eksisterende flerfamiliehus bruker hovedsakelig fjernvarme, men også panelovner og bioenergikjeler i

2020-2030. Eksisterende enfamiliehus forsetter å bruke panelovner, kombinasjonen vedovn/panelovner (men bytter til ny teknologi) og øker bruken av luft-luft-varmepumper. Bruken av oppvarmingsteknologier for alle husholdninger er presentert i Figur 66. Vedovn, pelletsovn og luft-luft-varmepumper kan ikke dekke hele oppvarmingsbehovet, men husholdningene må i tillegg bruke elektrisk varmtvannsbereder og noe panelovner. I TIMES-Norway er det antatt at ved bruk av luft-luft-varmepumper i enfamiliehus så dekkes 25% av oppvarmingsbehovet av omgivelsesvarme, dvs. at luft-luft varmepumpen (omgivelsesvarme + varmepumpens elforbruk) kan dekke halvparten av oppvarmingsbehovet. Varmtvann er beregnet å utgjøre ca. 20% av energibehovet til oppvarming og panelovner resten.



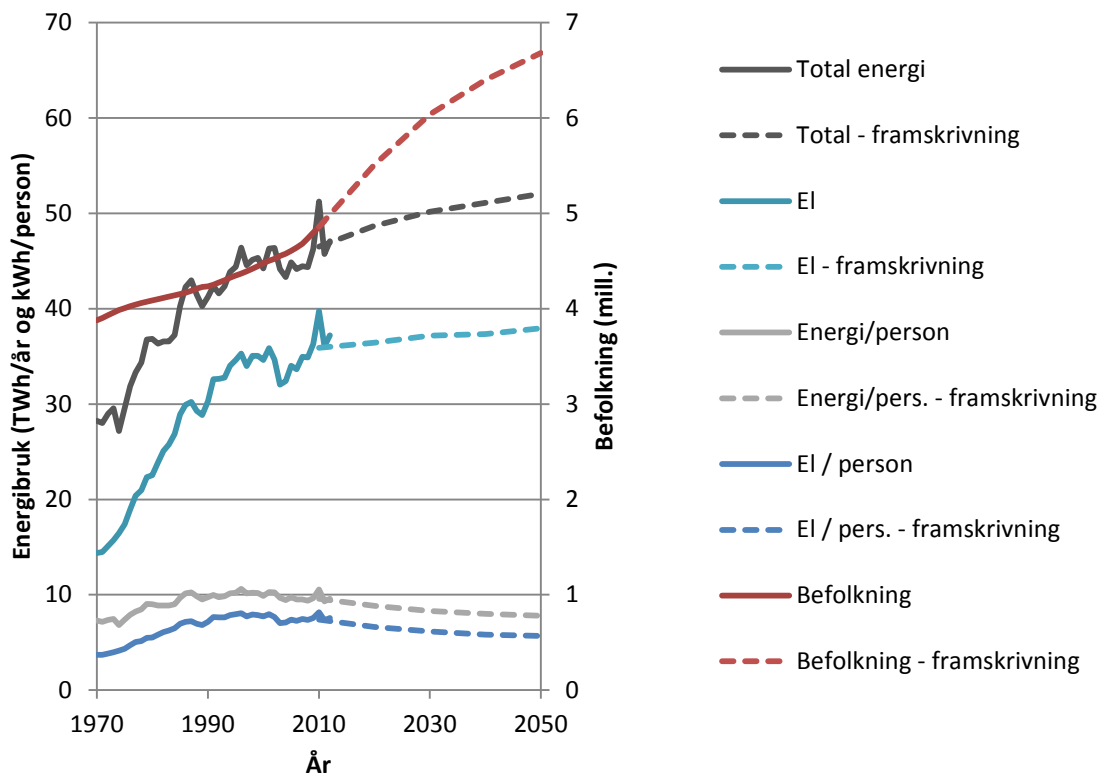
Figur 66 Oppvarmingsteknologier i husholdninger i referansebanen (TWh/år)

Med mulighet å velge energieffektiviseringstiltak så reduseres bruken av de fleste oppvarmingsteknologiene, men størst reduksjon er det for luft-luft varmepumper, se Figur 67.



Figur 67 Oppvarmingsteknologier i husholdninger i «Energieffektiviserings»-scenariet (TWh/år)

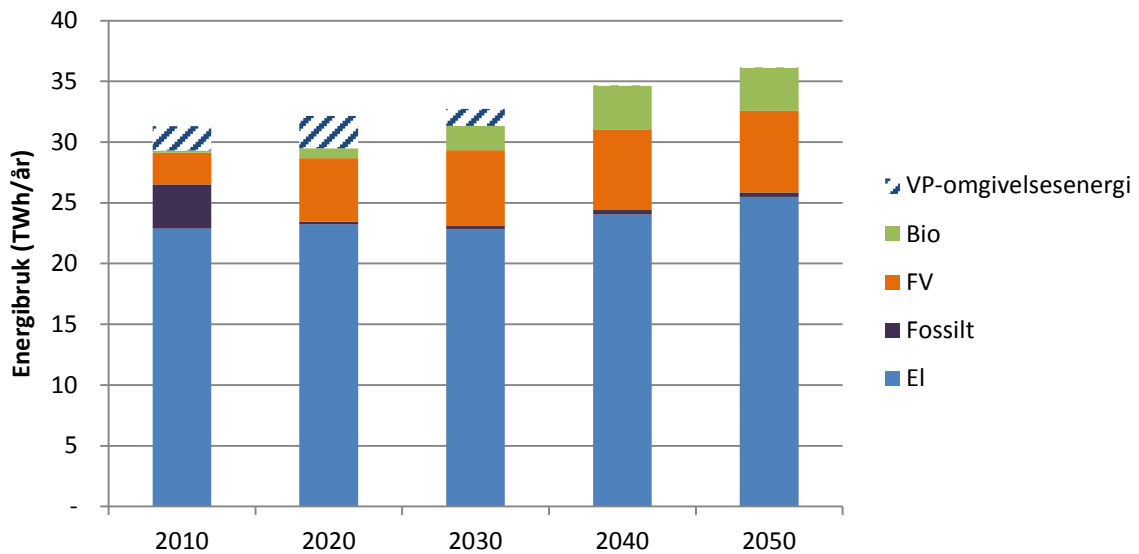
Historisk utvikling av total energibruk og elektrisitetsforbruk i husholdninger er sammenlignet med framskrivningen i referansescenariet i Figur 68. Historisk utvikling av befolkningens mengde og befolkningsframskrivningen som ligger til grunn for energiframskrivningen er også inkludert. Fra 1970 til 2010 økte befolkningen med 25% eller nesten en million mennesker. De neste 40 årene vil befolkningsøkningen være 82% eller 1,82 mill. i henhold til befolkningsframskrivningen. Energibruken og spesielt forbruk av elektrisitet i husholdningene økte betydelig frem til midten av 1990-årene. Deretter har energibruken stabilisert seg og energibruk per person er redusert. Framskrivningene gir redusert energibruk per person, men den sterke befolkningsveksten fører til en mindre økning både i total energibruk og elektrisitetsforbruk.



Figur 68 Historisk utvikling av total energibruk, elektrisitetsforbruk, befolkningsvekst, energibruk per person og elforbruk per person sammenlignet med framskrivning i referansebanen (TWh/år, kWh/person og mill. personer).

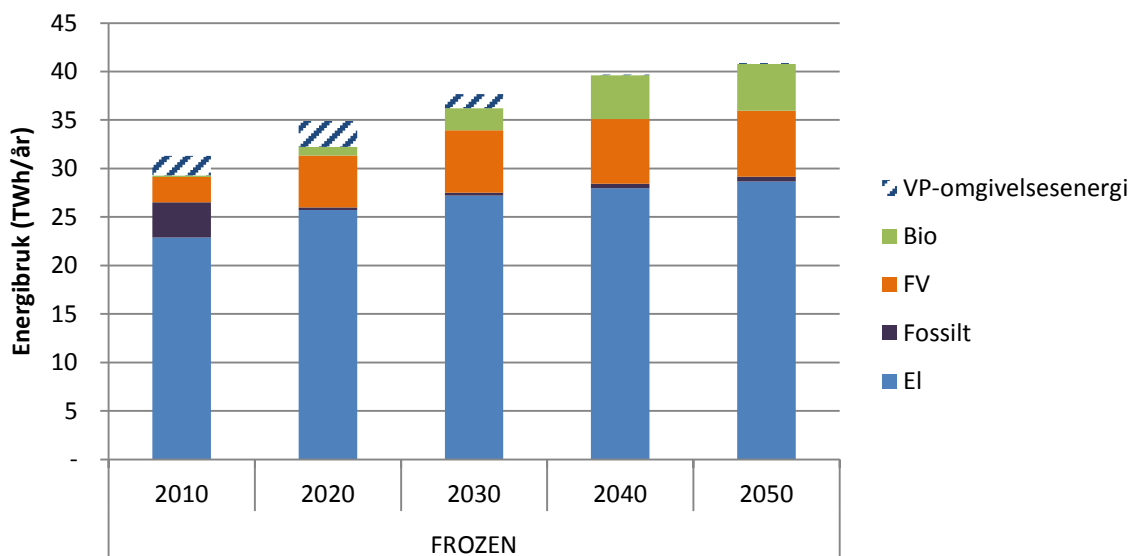
5.5 Tertiær sektor

Energibruken i tertiær sektor vil i referansebanen øke til 36 TWh i 2050 (når ikke bygg & anlegg og primærnæringene er inkludert), se Figur 69. Olje- og gassforbruket forsvinner nesten helt, samtidig som bruken av fjernvarme og bioenergi øker. Elforbruket blir med de gitte forutsetningene nesten 26 TWh i 2050, eller nesten 3 TWh høyere enn i dag.



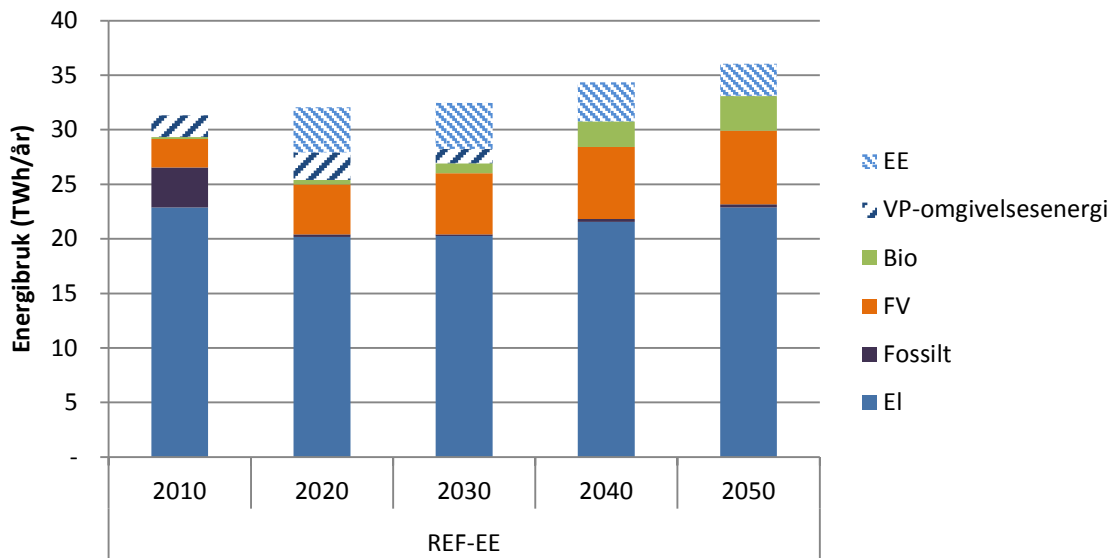
Figur 69 Energibruk i tertiær sektor i referansebanen fordelt på energibærere (TWh/år)

Referansebanens energibruk er 5 TWh lavere i 2050 sammenlignet med «Frozen efficiency»-scenariet og elforbruket er 3 TWh lavere, se Figur 70.



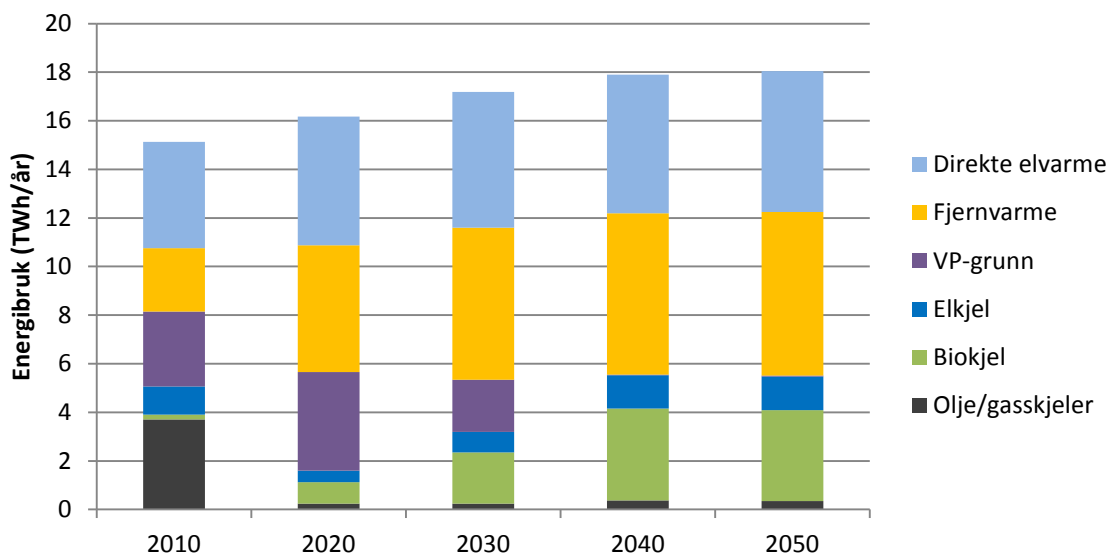
Figur 70 Energibruk i tertiær sektor i «Frozen efficiency»-scenariet fordelt på energibærere (TWh/år)

Med inkludering av energieffektiviseringstiltak i TIMES-Norway, er det lønnsomt å investere i tiltak som reduserer energibruken med 4 TWh i 2020 og 3 TWh i 2050, se Figur 71. Med høyere energipriser som i LAV-scenariet øker energieffektiviseringen, men endringen er liten. Det blir investert i energieffektiviseringstiltak i ventilasjonsanlegg, brukerinformasjon, energioppfølgingsystemer, varme- og kjøleanlegg i tillegg til varmepumper.



Figur 71 Energibruk i tertiær sektor i «Energieffektiviserings»-scenariet fordelt på energibærere (TWh/år)

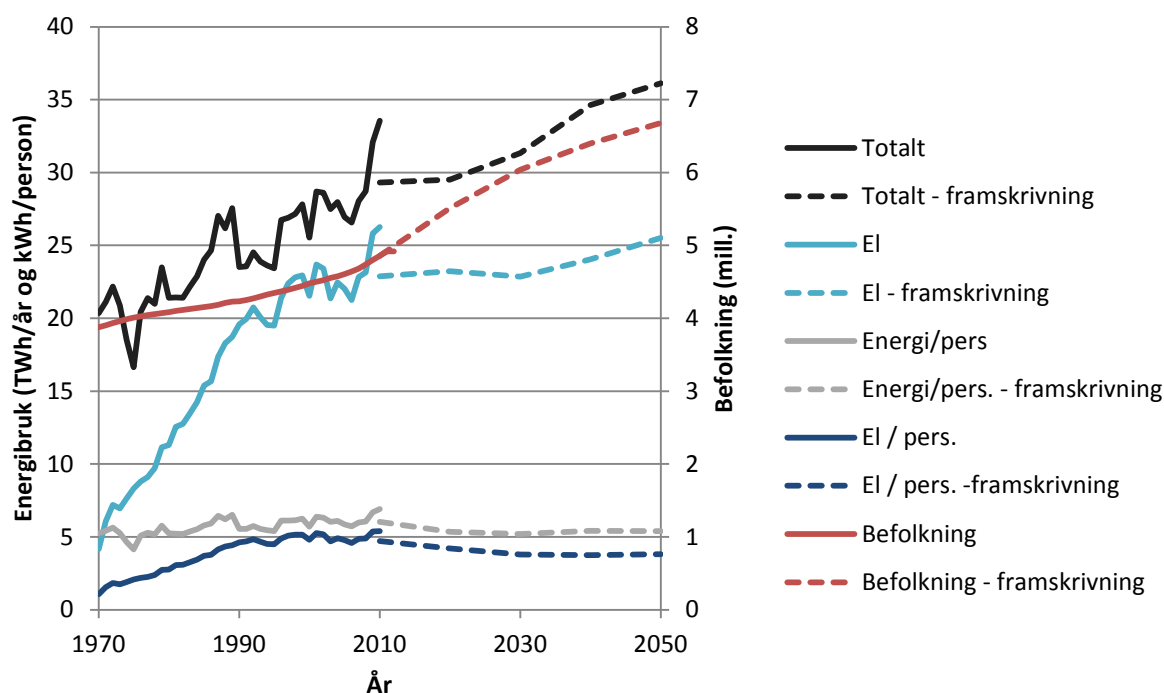
Olje- og gasskjeler i næringsbygg blir erstattet av fjernvarme og bioenergikjeler, se Figur 72. Varmepumper øker fra 2010 til 2020 men deretter blir det ikke reinvestert når levetiden er slutt.



Figur 72 Oppvarmingsteknologier i næringsbygg 2010-2050 (TWh/år)

Det er relativt stor usikkerhet i energistatistikken for servicesektoren, men et estimat for total energibruk og elforbruk fra 1970 til 2010 er presentert i Figur 73. Dette er sammenlignet med framskrivningen i referansebanen de neste 40 årene og også sammenlignet med befolkningsmengden historisk 1970-2010 og benyttet befolkningsframskrivning. Framskrivning av energibruk er basert på normal temperatur, mens 2010 var et kaldt år med

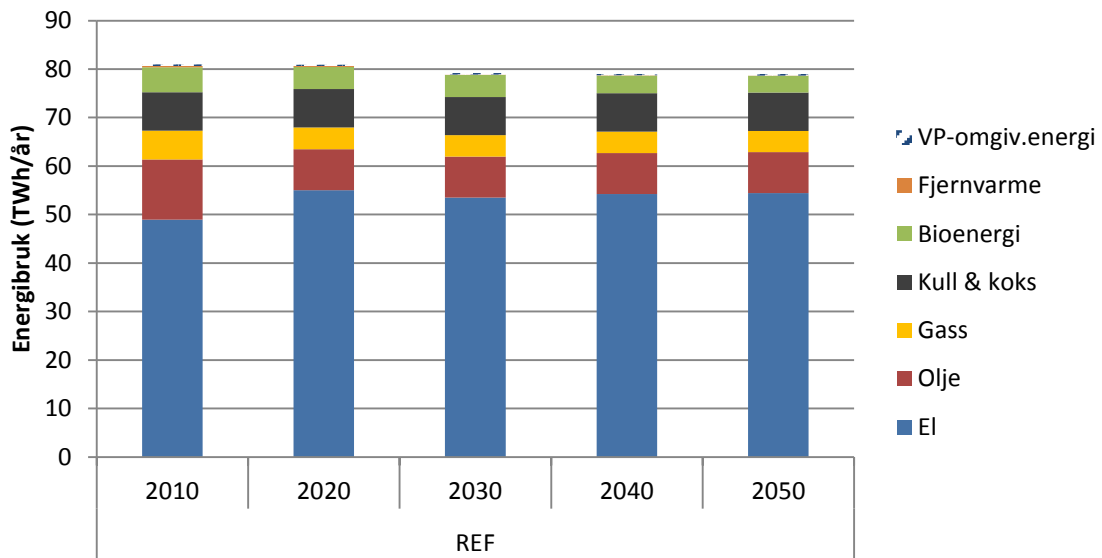
høyere energibruk enn normalt. Både total energibruk og elforbruk har økt betydelig de siste 40 årene, og vil i referansebanen fortsette å øke men i betydelig lavere takt. Energiforbruk per person blir i referansebanen redusert fram til 2030 og er deretter konstant.



Figur 73 Historisk utvikling av energibruk, elforbruk, befolkning og kWh/person i servicesektoren 1970-2010 og framskrivning 2010-2050 (TWh/år, kWh/person og mill. personer)

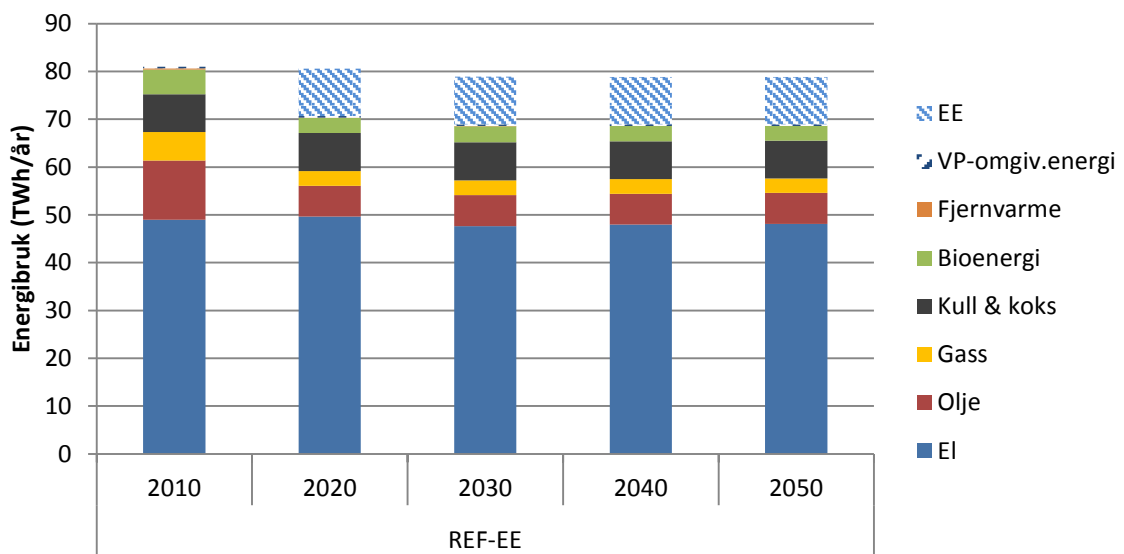
5.6 Industri

Referansebanen for industriens energibehov er basert på gjennomførte utvidelser og nedleggelse i perioden 2010-2013 og besluttede nedleggelse eller utvidelser. Det resulterer i en relativt konstant utvikling fra 2010 til 2050, se Figur 74. Total energibruk blir redusert fra 81 TWh i 2010 til 79 TWh i 2050. Elforbruket øker fra 49 TWh i 2010 til 53-55 TWh i 2020-2050. Bioenergiforbruken minsker noe på grunn av nedgang i treforedlingsindustrien, men spesielt annen industri velger å erstatte olje- og gasskjeler med bioenergikjeler, så totalt blir bioenergiforbruken 3-4 TWh i 2020-2050. Hvis forutsetningene endres og bioenergi prisen øker med 20% blir bruken av bioenergikjeler betydelig redusert. Da brukes istedenfor mer elkjeler.



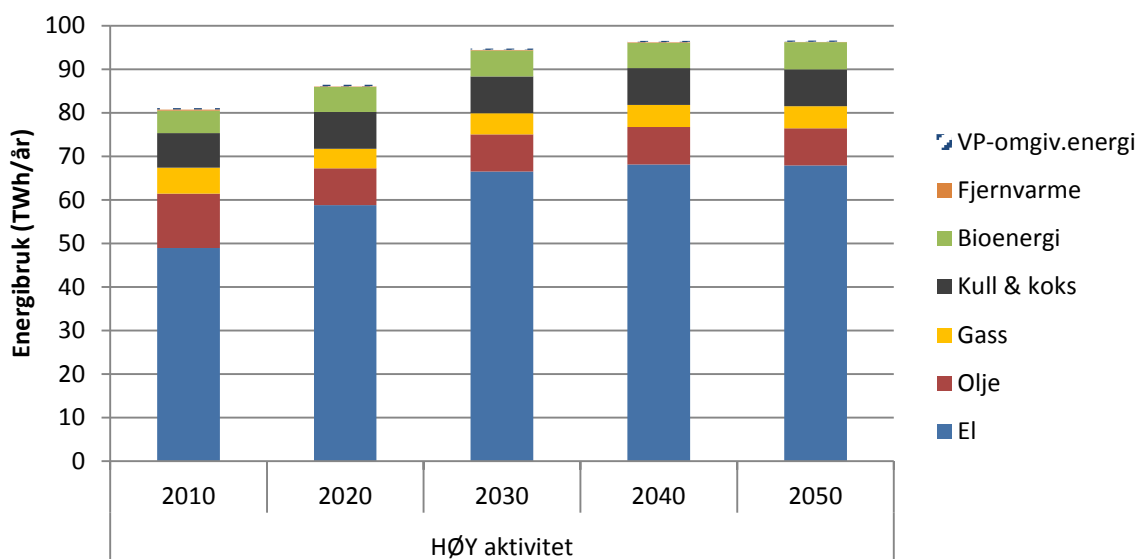
Figur 74 Energibruk i industrien 2010-2050 i referansebanen fordelt på energibærere (TWh/år)

Hvis industrien gjennomfører de energieffektiviseringstiltak som er lønnsomme med de forutsetninger som analysene er gjennomført med, vil energibruken bli redusert til 69 TWh i 2050. Elforbruket blir redusert til 48 TWh, se Figur 75.

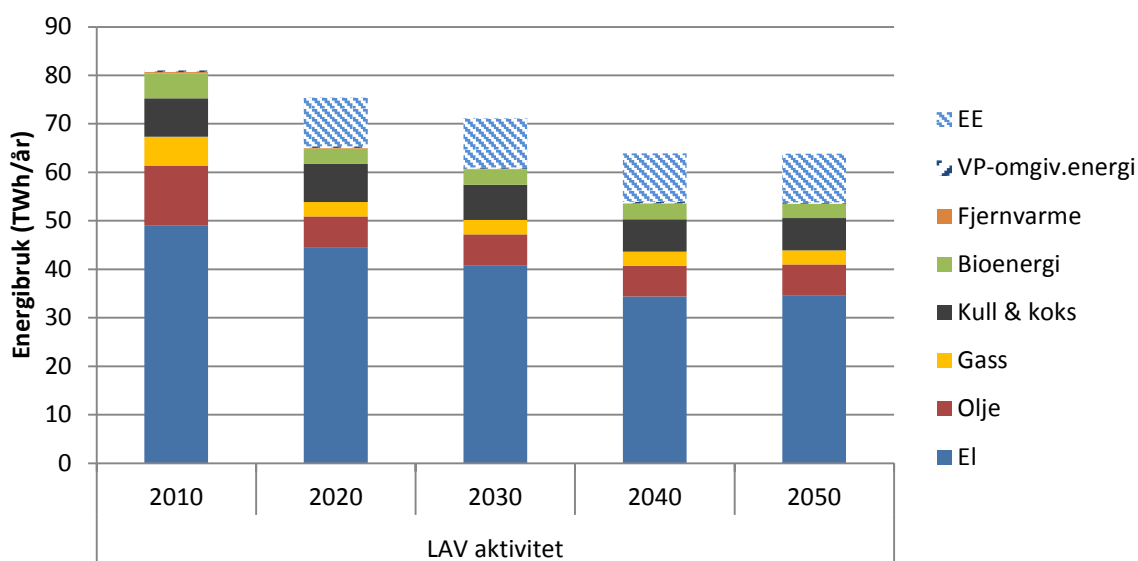


Figur 75 Energibruk i industrien 2010-2050 i referansebanen med mulighet for energieffektivisering, fordelt på energibærere (TWh/år)

Da utviklingen i industrien er svært usikker er det også analysert scenarier med henholdsvis et høyt aktivitetsnivå (og samme energipriser som i referansebanen) og et lavt aktivitetsnivå (med høyere framtidige energipriser), se beskrivelse i avsnitt 3.3.3 og avsnitt 5.1. I scenariet med høy industriaktivitet øker elforbruket til 70 TWh i 2050 og total energibruk til 96 TWh. I scenariet med lavere industriaktivitet viser analysene et elforbruk på 35 TWh i 2050 og et totalt energibruk på 54 TWh, se Figur 76 og Figur 77.

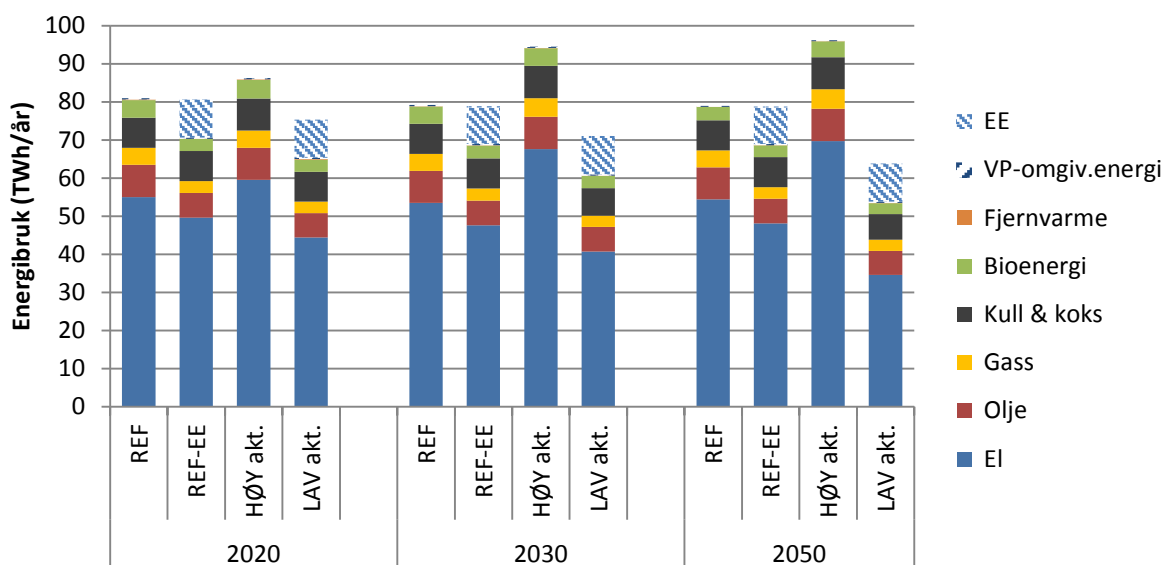


Figur 76 Energibruk i industrien 2010-2050 i scenariet med økt industriaktivitet fordelt på energibærere (TWh/år)



Figur 77 Energibruk i industrien 2010-2050 i scenariet med lavere industriaktivitet fordelt på energibærere (TWh/år)

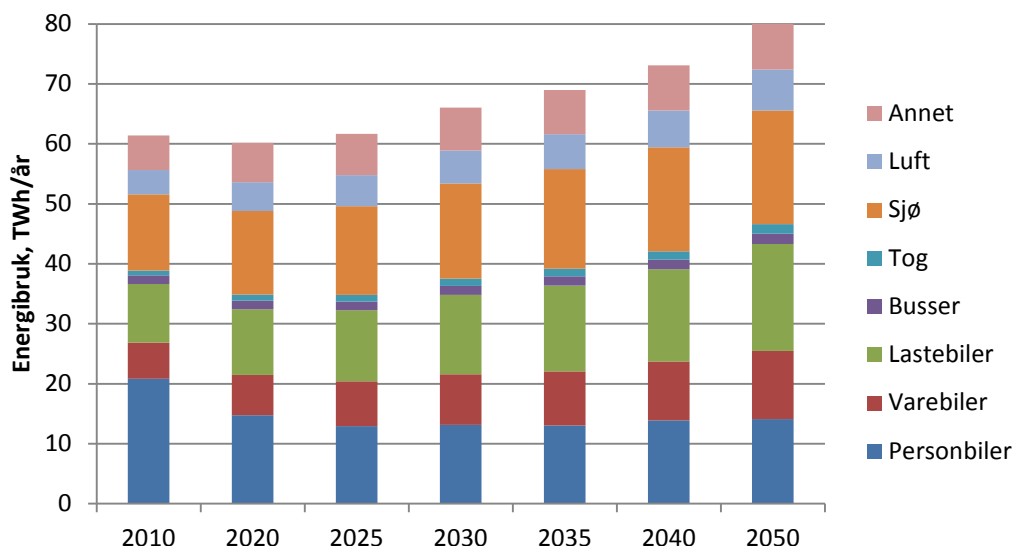
Elforbruket varierer stort mellom de ulike industriscenariene, se Figur 78. I scenariet med høy industriaktivitet viser analysene et økt elforbruk på ca. 15 TWh i 2050 sammenlignet med referansebanen og ca. 22 TWh mer enn hvis energieffektiviseringstiltak er mulige med referansebanen. Med lav aktivitet og høye energipriser blir elforbruket redusert med 20 TWh i 2050 sammenlignet med referansebanen og med 13 TWh ved sammenligning med referansebanen med energieffektiviseringstiltak.



Figur 78 Energibruk fordelt på energibærere i 2020, 2030 og 2050 for ulike industriscenarier (TWh/år)

5.7 Transport

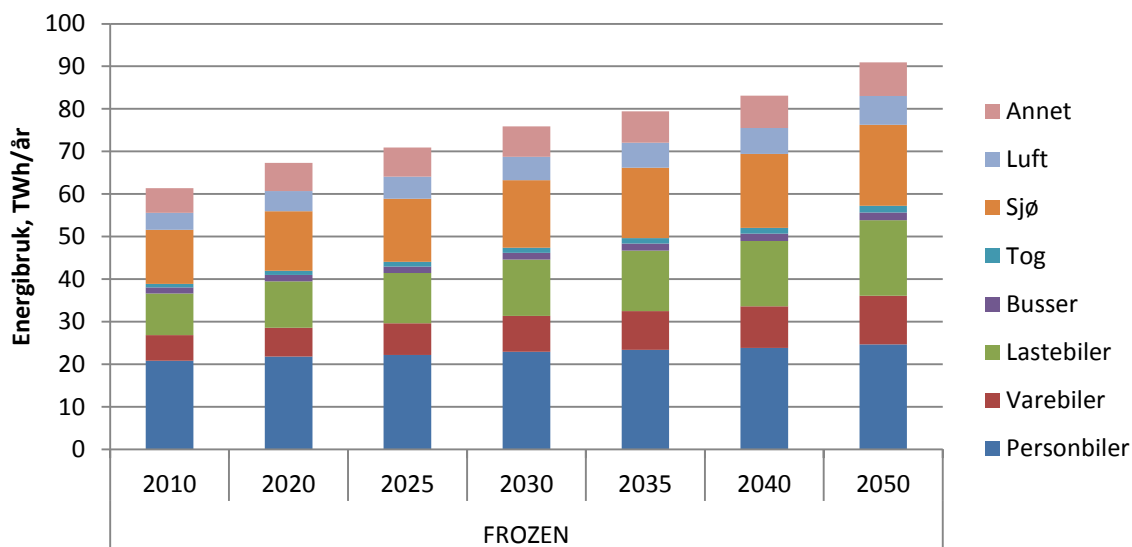
I basisframskrivningen for transport reduseres total energibruk i sektoren som følge av valg av mer energieffektive kjøretøy. Figur 79 viser hvordan energibruk i de ulike transportsegementene endres i analyseperioden. Energibruken reduseres fra 61 TWh i 2010 til 60 TWh i 2020, for deretter å øke gradvis til 80 TWh i 2050.



Figur 79 Utvikling i energibruk i basisframskrivningen til ulike transportformer

I «Frozen»-scenariet legges det til grunn at fremtidige personbiler benytter dagens fordeling på bensin-, diesel- og elbiler, og det er dermed ikke mulig å investere i nye typer personbiler

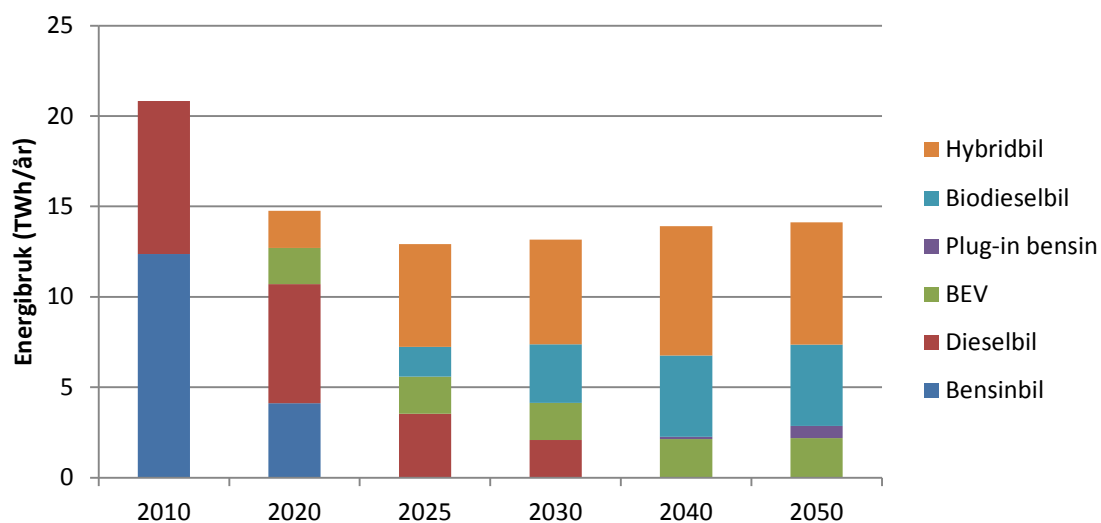
i dette scenariet. Nye bensin- og dieslbiler i «Frozen» har samme virkningsgradsforbedring som i basisframskrivningen. Energibruk til transport i «Frozen» øker gradvis fra 2010, til 91 TWh i 2050, som vist i Figur 80.



Figur 80 Utvikling i energibruk i «Frozen»-scenario, 2010-2050

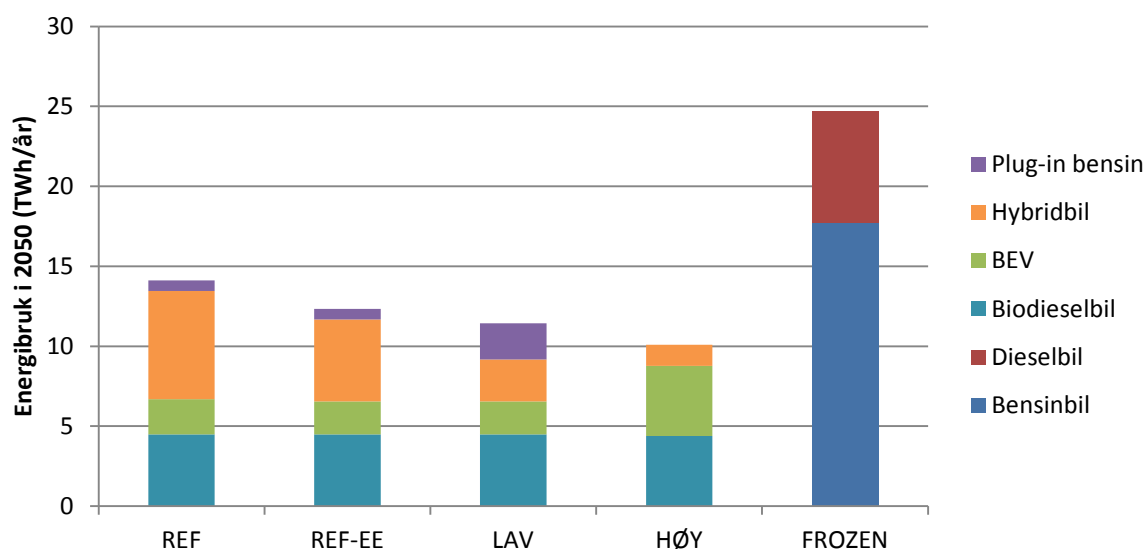
Teknologivalg for personbiler avhenger av forutsetninger gitt i de ulike scenariene. I referansebanen velger TIMES-Norway å erstatte dagens bensin og dieslbiler med elektriske biler, biodieslbiler og hybridbiler, som vist i Figur 81. Det kommer også en liten andel plug-in biler fra 2050. Prisen på både importert og norskprodusert biodiesel (dvs. forutsetninger om investeringskostnader, råstoffpris etc.) er av stor betydning for analyseresultatene. Det er i tillegg av meget stor betydning at biodieslbiler i hele analyseperioden har lav investeringskostnad basert på dagens prinsipp om at engangsavgiften beregnes på grunnlaget av kjøretøyets CO₂-utslipp og at det er forutsatt et dette gjelder bruk av 2. generasjons biodiesel. Videre analyser er nødvendige for å studere effekten av ulike bilkostnader, råstoffpriser, bioenergiptensialer og produksjonskostnader for biodiesel.

I analysene blir energibruken i personbiler betydelig redusert, fra 21 TWh i 2010 til 14 TWh i 2050. Samtidig øker antall kjøretøy-km med ca 40% i denne perioden. Det skyldes at både konvensjonelle forbrenningsmotorer og nye typer biler får bedre virkningsgrad, men den største effekten kommer fra den relativt store andelen elbiler, med høy virkningsgrad, som blir benyttet i referansebanen.



Figur 81 Energibruk til personbiler i 2010-2050 i referansebanen (TWh/år)

Med unntak av «Frozen» scenariet, viser resultatene i både basisfremskrivningen og de øvrige scenariene at energibruken i personbiler blir redusert fra 2010 (21 TWh i 2010). Denne reduksjonen i energibruk til personbiler står i kontrast til «Frozen» scenariet som beskriver hvordan utviklingen i energibruk vil bli dersom vi kun bruker bensin og dieslbiler framover. I «Frozen» blir det en vekst i energibehovet til biler til 25 TWh i 2050, se Figur 82. Det er lavest energibruk til personbiler i scenariet «Høy», med 10 TWh i 2050, da dette er et scenario med høye energipriser og uten begrensning i bruk av elbiler. Energibruken er også lav i scenariet REF-EE, da dette inkluderer en lavere vekst i fremtidig persontransport grunnet mer effektiv utnyttelse av transportkapasiteten.



Figur 82 Sammenlikning av energibruk til personbiler i 2050 i ulike scenarier (TWh/år)

En global, storskala implementering av brenselcellebiler er antatt å redusere kostnadene betydelig, men med den kostnadsutviklingen som ligger til grunn for analysene med TIMES-

Norway velger modellen å bruke en kombinasjon av elbiler, biodiesel biler, plug-in og hybridbiler. Det blir ingen hydrogenbiler i noen av scenariene. Det kan være interessant å gjøre en sensitivitetsanalyse av teknologikostnad på hydrogenbiler, for å se hvor mye investeringskostnaden må reduseres for at hydrogenbiler skal bli valgt.

For øvrige transportformer er eksempelvis busstransport modellert med fire alternativer; diesel, biodiesel, naturgass og hydrogen Brenselcelle. Godstransport på vei er fordelt på varebiler og lastebiler, og det er tre ulike teknologivalg for varebil og tre for lastebil; bensin, diesel, og hydrogen i Brenselcelle. For buss og lastebiler har bensin- og dieselkjøretøyene innblanding av biodrivstoff. For skipstransport er det modellert fire teknologivalg; diesel, gass, elektrisk, og hydrogen Brenselcelle. For lufttransport er det ikke modellert alternative teknologier, men mulighet for innblanding av biodrivstoff, og en liten andel hydrogen mot slutten av analyseperioden.

Selv om det er modellert alternativer til de konvensjonelle kjøretøyene for buss, sjøtransport og godstransport på vei, velges dette i liten grad. Det vil derfor være interessant å videreføre arbeidet med mer detaljerte analyser av transportsektoren.

6 Oppsummering og videre arbeid

I regi av CenSES (Centre for Sustainable Energy Studies) er det utviklet en energiframskrivning mot 2050. Målsetningen med arbeidet har vært å utarbeide en felles og omforent referanseframskrivning som CenSES-partnere kan benytte i eget arbeid. Energiframskrivningen er utarbeidet for alle energibærere, for både stasjonært og mobilt forbruk i fastlands Norge inklusive elforbruk til olje- og gassutvinning.

Referansebanen eller basisframskrivningen er basert på vedtatt politikk. Det er knyttet usikkerhet til hvordan framtidig energibehov vil være, og det er derfor utviklet noen alternative scenarier for framtidig energibehov, blant annet med høy og lav aktivitet i norsk industri. I tillegg er det utviklet en variant av basisframskrivningen, kalt REF-E som inkluderer energieffektive valg i stasjonær sektor og lavere tekst i transportsektoren som følge av mer effektive transporttjenester. Disse ulike scenariene er analysert for å vise et utfallsrom for utviklingen, og hvordan energibehovet også påvirker framtidig energiproduksjon og krafteksport.

I arbeidet med utvikling av energiframskrivningen, er det først utarbeidet en framtidig etterspørsel etter energibehov eller energitjenester. Dette energibehovet er benyttet som inndata til energisystemmodellen TIMES-Norway. Deretter er TIMES-Norway benyttet for å beregne bruk av ulike energibærere og energiteknologier.

Det totale energibehovet i stasjonær sektor i basisframskrivningen øker med 18 TWh i analyseperioden; fra 157 TWh i 2010 til 175 TWh i 2050. I transportsektoren øker energibehovet til fly, tog sjø og annet fra 23,4 TWh i 2020 til 35,3 TWh i 2050, mens antall kjøretøy-km øker for bil, buss og lastebil øker fra 45 millioner kjøretøy-km i 2010 til 76 millioner kjøretøy-km i 2050.

TIMES-analysene gir som resultat for basisframskrivningen (REF) at elforbruket øker med 21 TWh i analyseperioden; fra 113 TWh i 2010 til 134 TWh i 2050. Tallene er eksklusive tap i el nettet. I REF-EE scenariet er elforbruket i 2050 120 TWh; en vekst på 7 TWh fra 2010. Det blir netto krafteksport i alle scenarier, men unntak av noe kraftimport i 2050 i scenariet med høy industriaktivitet. I basisframskrivningen er krafteksporten ca 14 TWh i 2050.

Det er et mål at denne framskrivningen skal danne et grunnlag for videre analyser med alternative forutsetninger. Aktuelle analyser i det videre arbeidet vil være knyttet til:

- Sensitivitetsanalyse av teknologidata. Det er usikkerhet i forhold til kostnadsutvikling for ny teknologi, både for sluttbruksteknologi og produksjonsteknologi. Det kan derfor være nyttig å analysere effekten av endring i både investeringskostnad og virkningsgrad for å se hvor robuste resultatene er for en slik endring.
- CO₂-restriksjon. Det er ikke gjort analyser med CO₂-begrensninger i dette arbeidet, men en naturlig videreføring vil være å analysere effekten av ulike begrensninger av CO₂-utslipp framover, og studere hvilken effekt det har på teknologivalg og bruk av ulike energibærere framover
- Analyse av ulike energipolitiske virkemidler, slik som elsertifikater og fornybardirektivet.
- Analyse med ulik diskonteringsrente for å studere effekten av endrede avkastingskrav.
- Analyse av endrede prisbaner for eksport- og import for krafthandel. Analysene kan også inkludere utvidelse av eksisterende overføringskapasitet
- Proveny-nøytralitet. I analysene er det ikke tatt hensyn til et inntektstap som følge av en eventuell storskala implementering av utslippsfrie biler. Det er mulig å inkludere

analyser som inkluderer provenynøytralitet, det vil si at statens samlede inntekter fra skatt eller avgift ikke påvirkes.

En prioritering av hvilke analyser som skal prioriteres, vil gjøres i samarbeid med CenSES forskningspartnere og brukerpartnere.

7 Referanser

1. Rosenberg, E. and K.A. Espegren, *Future energy demand - a Norwegian overview*. 2013: Kjeller. p. 68.
2. Norway, S. *Population projection 2012.06.20. 2012 2014.04.23*]; Available from: <http://www.ssb.no/emner/02/03/folkfram/arkiv/>.
3. Tønnessen, M., et al. *Befolkningsframskrivninger 2012-2100: Inn- og utvandring*. SSB Økonomiske analyser 2012. **4/2012**, 12.
4. SSB, *Befolkningsframskrivninger 2012-2100: Inn- og utvandring**, in *Økonomiske analyser 4/2012*. 2012, SSB: Oslo. p. 12.
5. Lavenergiutvalget, *Energieffektivisering*, Jan Reinås, Editor. 2009: Oslo.
6. Prognosesenteret AS i samarbeid med Entelligens AS på oppdrag for Enova, *Potensial- og barrierestudie - Energieffektivisering av norske boliger, Bakgrunnsrapport 1/3*. 2012, Enova: Trondheim. p. 127.
7. Hille, J., M. Simonsen, and C. Aall, *Energibruk i norske husholdninger*. 2011: Sogndal. p. 120.
8. Ingrid H. Magnussen m.fl., *Energibruksrapporten 2012 - Energibruk i husholdninger*. 2012, NVE: Oslo.
9. Bøeng, A.C. *Husholdningenes energibruk*. 2011 19. april 2011; Available from: <http://ssb.no/energi-og-industri/statistikker/husenergi>.
10. Rosenberg, E. and K.A. Espegren, *Energiscenarioanalyser Enova-IFE*. 2009, Institute for energy technology: Kjeller, Norway. p. 67.
11. Lindberg, K.B. and I. Magnussen, *Measures and policies for reduced GHG emissions in Norwegian buildings - Input to Climate Cure 2020 (In Norwegian: Tiltak og virkemidler for redusert utslipp av klimagasser fra norske bygninger - et innspill til Klimakur 2020)*. 2010: Oslo, Norway.
12. Siemens, Bellona, and Oslo kommune, *Oslo SmartCity En rapport om hovedstadens miljøpotensial*. 2011. p. 44 s.
13. Energimyndigheten. *Energikalkylen*. 2014; Available from: <http://energikalkylen.energimyndigheten.se/>.
14. THEMA Consulting Group, *Energibruk i kontorbygg*, NVE, Editor. 2013: Oslo.
15. Multiconsult AS, Analyse & Strategi, and E. AS, *Analyse av energibruk i forretningsbygg*, NVE, Editor. 2014: Oslo. p. 89.
16. Bøhn, T.I., et al., *Potensial- og barrierestudie - Energieffektivisering i norske yrkesbygg*. 2011, Multiconsult AS. p. 131.

17. Multiconsult AS i samarbeid med Analyse og Strategi AS på oppdrag for Enova, *Potensial- og barrierestudie Energieffektivisering i norske yrkesbygg Bakgrunnsrapport 2/3*. 2012. p. 131 s.
18. OED, *Energiutredningen - Verdiskaping, forsyningssikkerhet og miljø*. 2012: Oslo.
19. A Madslie, C.S., T Maqsood, *Grunnprognoser for persontransport 2010-2060*. 2011, Transportøkonomisk institutt. p. 44.
20. I B Hovi, S.E.G., W Hansen, *Grunnprognoser for godstransport til NTP 2014-2023*. 2011, Transportøkonomisk institutt.
21. IEA, *Nordic Energy Technology Perspectives: Pathways to a Carbon Neutral Energy Future*. 2013, IEA.
22. L Fulton, J.B., *Assessing the Impacts of Rapid Uptake of Plugin Vehicles in Nordic Countries*. 2014, Institute of transportation Studies, UC Davis. p. 42.
23. S Simoes, W.N., P Ruiz, A Sgobbi, D Radu, P Bolat, C Thiel, S Peteves, *The JRC-EU-TIMES model, Assessing the long-term role of the SET Plan Energy technologies*. 2013, Joint Research Centre. p. 382.
24. Energinet.dk, *Energinet.dk's analyseforudsætninger 2014-2035, opdatering september 2014*. 2014: Fredericia, Denmark. p. 25 s.
25. Statnett. *Nettutviklingsplan 2013*. 2013; Available from: <http://www.statnett.no/Nettutvikling/Nettutviklingsplan-2013/>.
26. SSB. *Elektrisitet, årstal*. 2014 [cited 2014 2014.12.02]; Available from: <https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/Define.asp?subjectcode=&ProductId=&MainTable=PrisKraftForbGrup&nvl=&PLanguage=0&nyTmpVar=true&CMSSubjectArea=energi-og-industri&KortNavnWeb=elektrisitetaar&StatVariant=&checked=true>.
27. IEA, *World Energy Outlook 2013*. 2013, Paris: IEA.
28. Lind, A. and E. Rosenberg, *TIMES-Norway Model Documentation*. 2013, Institute for Energy Technology: Kjeller, Norway. p. 42.

A1 Appendix TIMES-Norway

TIMES (an acronym for The Integrated MARKAL-EFOM System) is a bottom-up techno-economic model generator for local, national or multi-regional energy systems, which provides a technology-rich basis for estimating energy dynamics over a long-term, multi-period time horizon. It gives a detailed description of the entire energy system including all resources, energy production technologies, energy carriers, demand technologies and demand sectors. The model assumes perfect competition and perfect foresight and is demand driven. Thus the forecasted energy demand has to be given exogenously to the model, and the TIMES model aims to supply energy services at minimum global cost by making equipment investments, as well as operating, primary energy supply and energy trade decisions.

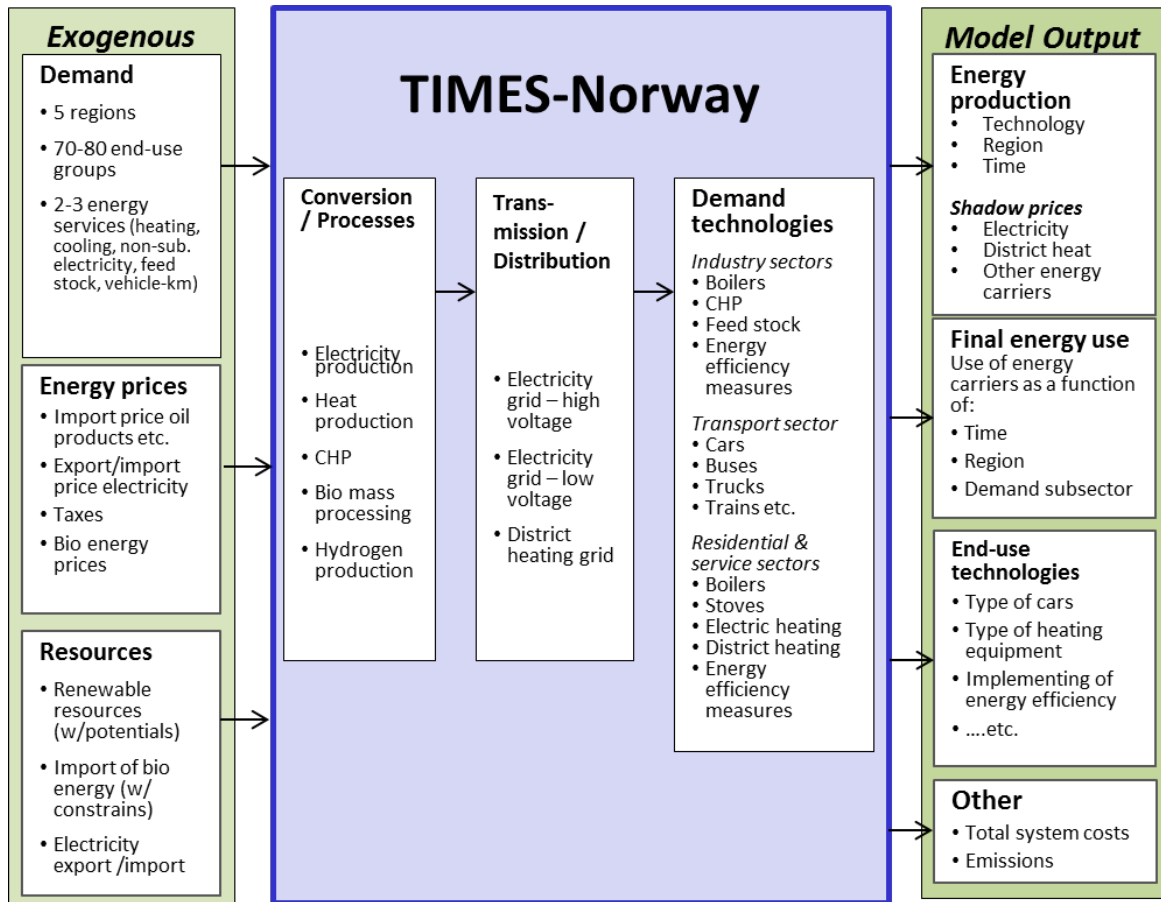
TIMES-Norway [28] is developed by Institute for Energy Technology (IFE) on commission of The Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE) and the development started in 2008. The time horizon of the model is from 2010 to 2050, with a flexibility of analysing years within this frame. TIMES-Norway covers all onshore energy use in Norway and the country is divided in seven regions with exchange of electricity between adjacent regions and neighbouring countries.

The structure of the TIMES-Norway model is illustrated in Figur 83. The demand for various energy services, energy price information and resource costs and availability are given exogenously to the model. On the energy supply side, several conversion processes are represented in detail; e.g. electricity and heat production. Transmission and distribution include high and low voltage grids, as well as district heating. Energy carriers used as industrial feed stock (such as natural gas in chemical industry) are included as non-substitutable energy carriers with corresponding CO₂ emissions. Transportation by passenger cars is modelled with many different technologies, including hybrids, battery electric vehicles, fuel cell vehicles, plug-in hybrids and internal combustion engine vehicles.

TIMES-Norway has a high time resolution among others to have a detailed description of the Norwegian hydropower system. Based on the time slices in the EMPS model (Nordic Power market model) together with analysis of demand profiles, it was decided to divide each week into five time slices, giving 260 times slices annually. The definition of the different time slice periods are shown in Table 18. The fraction of day 1 in week 1 is 0.23% of the annual time and the fraction of day 1 of one week is 12 % (as is the sum of all day 1 in a year), see Table 18.

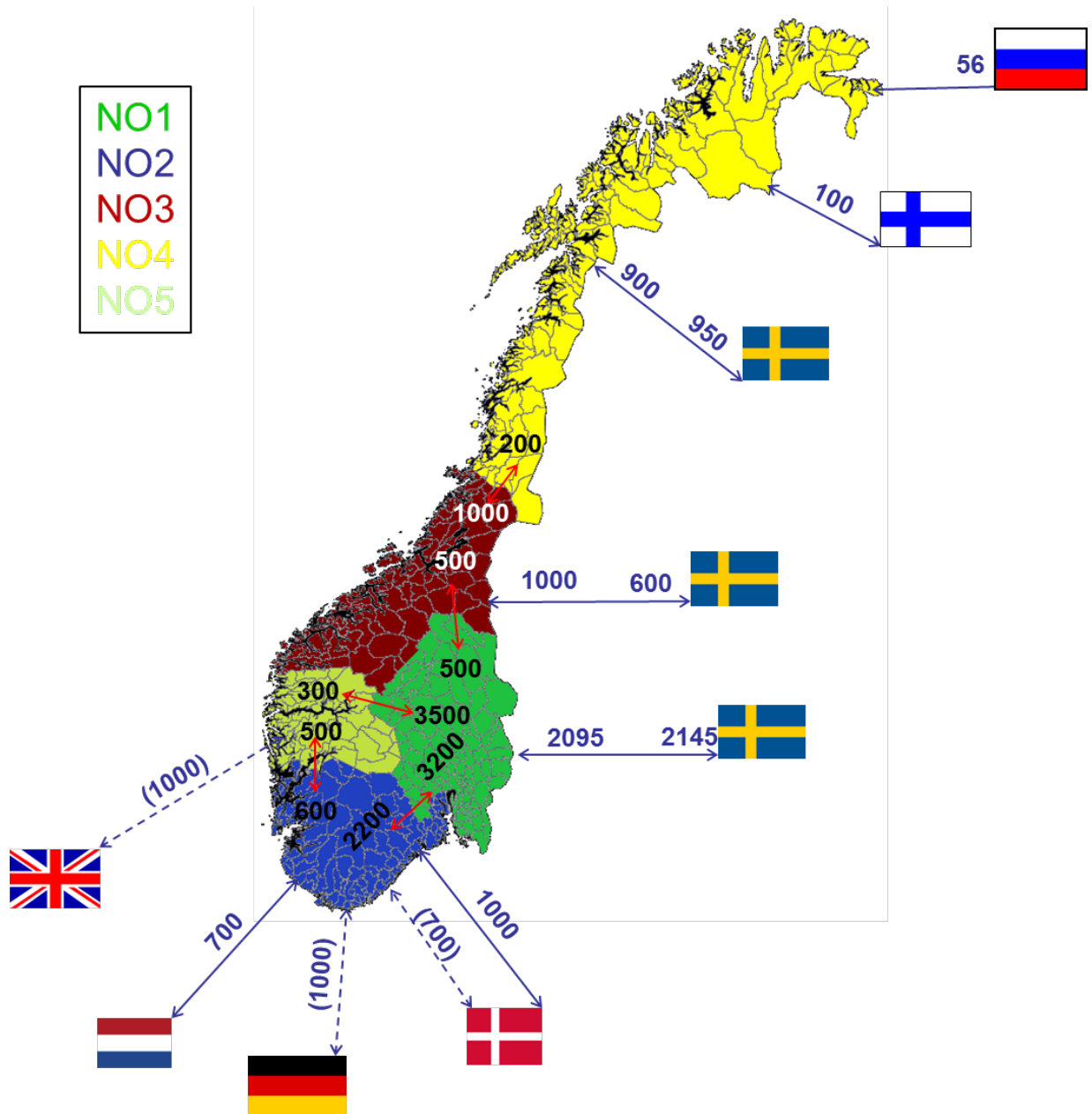
Table 18 Time slices in TIMES-Norway

YEAR					Definition	Fraction per	
Week 1	Week 2	Week 3	Week 52	Hours	week	year
DAY 1	DAY 1	DAY 1	DAY 1	DAY 1	Monday - Friday: 07.00 - 11.00	12%	0.23%
DAY 2	DAY 2	DAY 2	DAY 2	DAY 2	Monday - Friday: 11.00 - 17.00	18%	0.34%
DAY 3	DAY 3	DAY 3	DAY 3	DAY 3	Monday - Friday: 17.00 - 23.00	18%	0.34%
NIGHT	NIGHT	NIGHT	NIGHT	NIGHT	Monday: 00.00 - 07.00 Tuesday-Friday: 23.00 - 07.00	23%	0.45%
WEEKEND	WEEKEND	WEEKEND	WEEKEND	WEEKEND	Friday 23.00 - Sunday 24.00	29%	0.56%

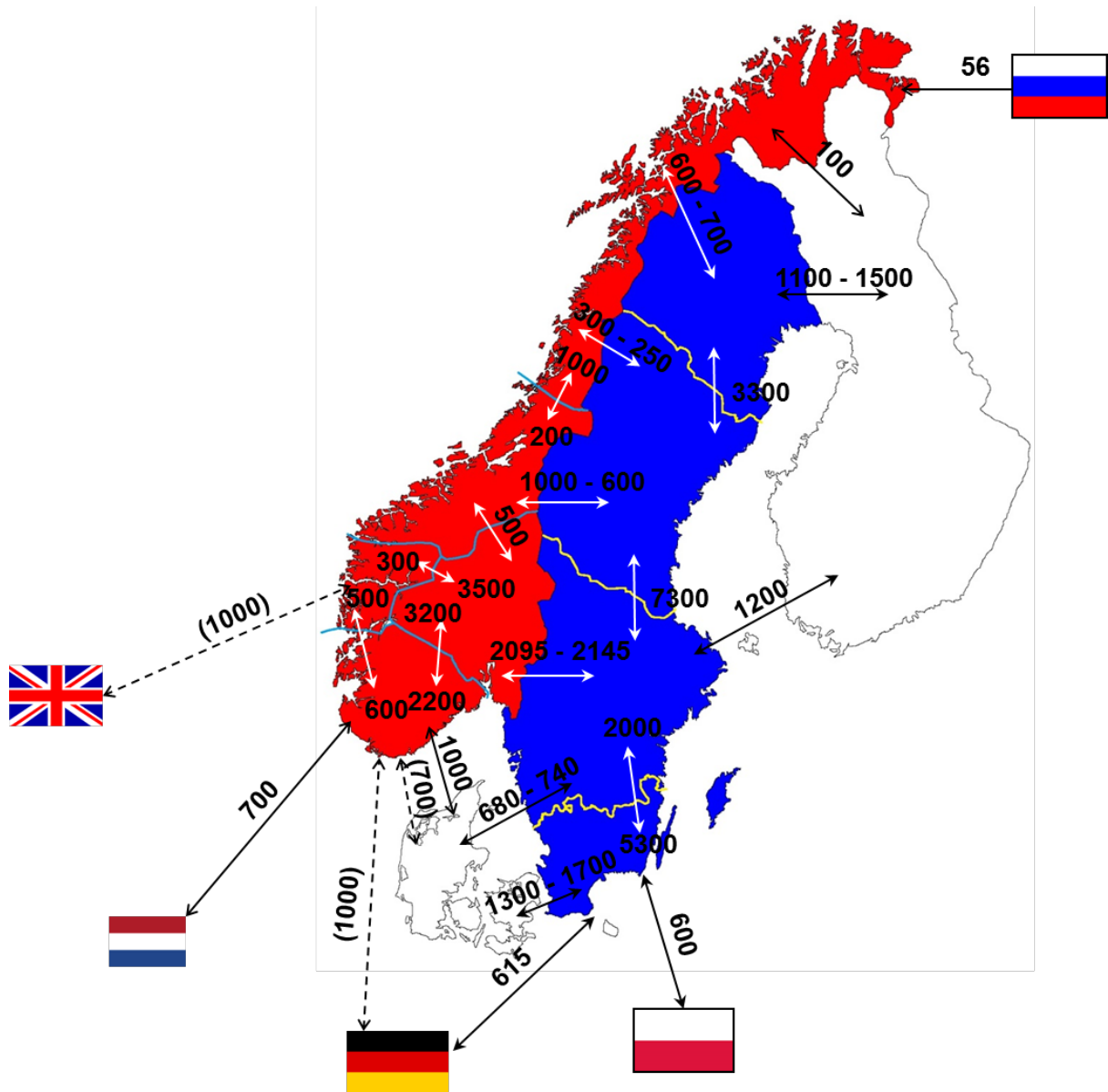


Figur 83 Principal drawing of the Norwegian TIMES model

The original TIMES-Norway model covered seven model regions, with exchange of electricity between adjacent regions and neighboring countries. In 2013 the model was updated, among others with a new regional distribution (see Figur 84). The regional distribution in the model is based on the different market areas (pricing areas) for electricity given in the Norwegian part of the Nordic spot market. The model can also include four Swedish Nord Pool regions (hard-linked with TIMES-Norway), and this model is called TIMES-NoSe, see Figur 85. A model including Denmark, Finland and some other neighbouring countries is under development.



Figur 84 The regions of the TIMES-Norway with existing exchange capacities in MW between regions and countries (dotted lines indicate potential extensions)



Figur 85 Model regions in TIMES-Norway and TIMES-NoSe

In TIMES-Norway electricity can be produced in a variety of different processes. A brief overview of all the power production technologies is given in Table 19. The potentials and investment costs are also included in the table. Wind technologies are modelled plant by plant based on applications of concessions to NVE. Specific investment and operational costs from the concession database are included in TIMES-Norway, as well as specific capacity factors. Future technologies like power production from tidal currents, waves and salt gradients are not included, because data on a regional level is not available. Due to political reasons, investments in natural gas based power plants are only possible with Carbon Capture and Storage (CCS), and no nuclear or coal plants are included as possible future investments. It is assumed that the CO₂ is transported by pipeline, and the costs of transport and storage are included in the model.

Table 19 Overview of power production technologies and potentials in TIMES-Norway

Technology	Potential			Investment cost [2006-NOK]	
	2010	2020	Unit	2020	Unit
Existing hydropower: Reservoir	101.3		TWh/year		
Existing hydropower: Run-of-river	28.7		TWh/year		
Existing hydropower: Expansions and upgrade	0	6.9	TWh/year	12670	NOK/kW
New hydropower: Reservoir	0	0	TWh/year		NOK/kW
New hydropower: Run-of-river	0	26.9	TWh/year	12200-15300	NOK/kW
Onshore wind power	0.9	41	TWh/year	Average 10 700	NOK/kW
Offshore wind power: Near shore, shallow waters	0		TWh/year	16 500	NOK/kW
Offshore wind power: Deep sea	0		TWh/year	30000	NOK/kW
Gas power without CCS (existing)	2.0	2.0	TWh/year		
Gas power with CCS	0	Unlim.	TWh/year	6122	NOK/kW
CHP – municipal waste, natural gas, biomass	~ 0	Unlim.	TWh/year	9000-24000	NOK/kW
Waste heat recovery in industry	0.14	0.14	TWh/year	1500-2400	NOK/MWh

Energy demand is given exogenously to the model and available elastic demand functions in TIMES are not used. However, when energy prices increase, the model may choose to invest in energy efficiency measures which again reduce the energy consumption, which is one of the two mechanisms captured in the elastic demand (substitution and income effect). In order to investigate the substitution effect with technology shifts in the model it is decided not to use the elastic demand functionality.

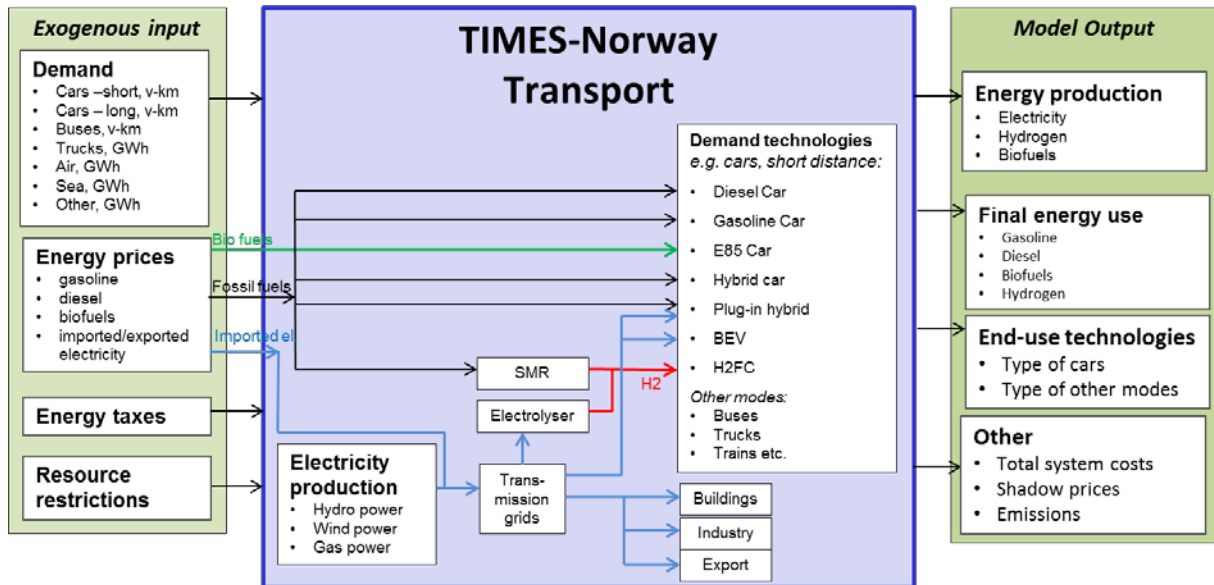
TIMES-Norway has a wide range of demand sectors; especially the industry is modelled in detail. The domination of the industry made it interesting to model parts of the industry sector on a plant level. Load profiles have been developed based on measurements and modelling of sector specific load profiles and measured electricity data. The end use demands by sub sector and demand type of TIMES-Norway are listed in Table 20. Each demand sector is divided into subsectors and demand types; electrical, heating, cooling and raw material. In the model, parts of the transportation sector (including railways, shipping, aviation, and fishing boats) do not have an option to substitute existing technologies and energy carriers, but this will be included in future versions.

Table 20 List of end use demands for each of the five regions

Sector	Subsector	Demand type
Agriculture		Electrical, Heating, Raw material
Commercial	Construction	Electrical, Heating
	Education	Electrical, Heating, Cooling
	Health services	Electrical, Heating, Cooling
	Hotel and restaurant	Electrical, Heating, Cooling
	Office buildings	Electrical, Heating, Cooling
	Other	Electrical, Heating, Cooling
	Road light	Electrical
	Wholesale and retail	Electrical, Heating, Cooling
Industry	Aluminium plant A-D	Electrical, Heating, Raw material
	Aluminium other	Electrical, Heating, Raw material
	Chemical plant A	Electrical, Heating, Raw material
	Chemical other	Electrical, Heating, Raw material
	Metal industry plant A	Electrical, Heating, Raw material
	Metal industry other	Electrical, Heating, Raw material
	Mining	Electrical, Heating, Raw material
	Pulp & paper large	Electrical, Heating, Raw material
	Pulp & paper small	Electrical, Heating, Raw material
	Refineries	Electrical, Heating, Raw material
	Residual industry	Electrical, Heating, Raw material
Residential	Cottages	Electrical, Heating
	Multi-family houses – new	Electrical, Heating
	Multi-family houses – old	Electrical, Heating
	Single family houses – new	Electrical, Heating
	Single family houses – old	Electrical, Heating
Transport	Air transport	Useful energy
	Personal cars – long distance	Vehicle-km
	Personal cars – short distance	Vehicle-km
	Freight	Useful energy
	Other mobile combustion	Useful energy
	Public transport – bus	Vehicle-km
	Public transport – train	Useful energy
	Sea transport	Useful energy
Total per region	33-36	75-78
Total TIMES-Norway	267	534

As briefly described in section 3.4, the transport sector is divided into the following transport modes: road, rail, navigation, aviation, and other. Road transport include passenger transport by cars (divided into short- and long distances) and buses, as well as freight transport. The latter is divided into light duty trucks and heavy duty trucks. Navigation includes all domestic sea transport, including different freight ships, fishing vessels, ferries, and passenger ships. Aviation includes all domestic air transport.

Modal shifts between different transport modes (e.g. from car to bus) in the model is handled exogenously. A principal drawing describing the transport sector in TIMES-Norway is given in Figur 86.



Figur 86 Principal drawing of the transport section in TIMES-Norway

The following passenger car propulsion technologies are included in the TIMES-Norway model: gasoline (ICE), diesel (ICE), biodiesel (ICE), E85-ethanol (ICE), hybrid gasoline (EV + ICE), hybrid diesel (EV + ICE), plug-in hybrid gasoline (EV + ICE), plug-in hybrid diesel (EV + ICE), battery electric, and fuel cell electric vehicle. Investment costs, operational and maintenance costs and efficiencies of the various technologies are given in Figur 48, Figur 49, and Figur 50. The share of biodiesel in the various diesel cars can vary from 5% to 20%.

Freight transport is divided into light duty trucks and heavy duty trucks. Currently, three different technology options are available for both sub-sectors. This includes gasoline and diesel driven trucks, as well as a future alternative for fuel cell based trucks. The share of biodiesel in the diesel trucks can vary from 5% to 20%.

Bus transport has four alternatives; diesel bus, biodiesel bus, natural gas bus and a fuel cell bus. The share of biodiesel in the diesel bus can vary from 5% to 20%. The biodiesel bus can only use sustainable 2nd generation biodiesel produced domestically, and the fuel production process is described below. Transport by train has no alternative choices at present, without further analysis of alternative technologies.

In the base year, a generic sea transport technology is being used for calibrating the model with statistical values for 2010. Beyond the start year of the model, four other navigation technologies are available: diesel ship, gas ship, electric ship and a fuel cell based ship. All of these technologies have associated cost parameters for investment and operation and maintenance.

Air transport is modelled without any technology options (only represented by a “fuel demand” process), however blending of biodiesel is available from 2025. The maximum blending share increase from 12.5% in 2025 to 65% in 2050. In addition, hydrogen fuel can also be used for air transport from 2035, with a maximum share of 10% in 2050.

Production of biodiesel from biomass is based on a Fischer-Tropsch synthesis process. Costs and technology information is based on a report by VTT⁷. The report includes five different FT-processes, and LTFT-1 is included in TIMES-Norway for biodiesel production (see Figure 84). The investment costs in 2010€/kW is 2353 and operation and maintenance costs are 4% of the investment. The process efficiency is 52% for the biodiesel production. Modelling of biodiesel in TIMES-Norway is shown in Figure 84.

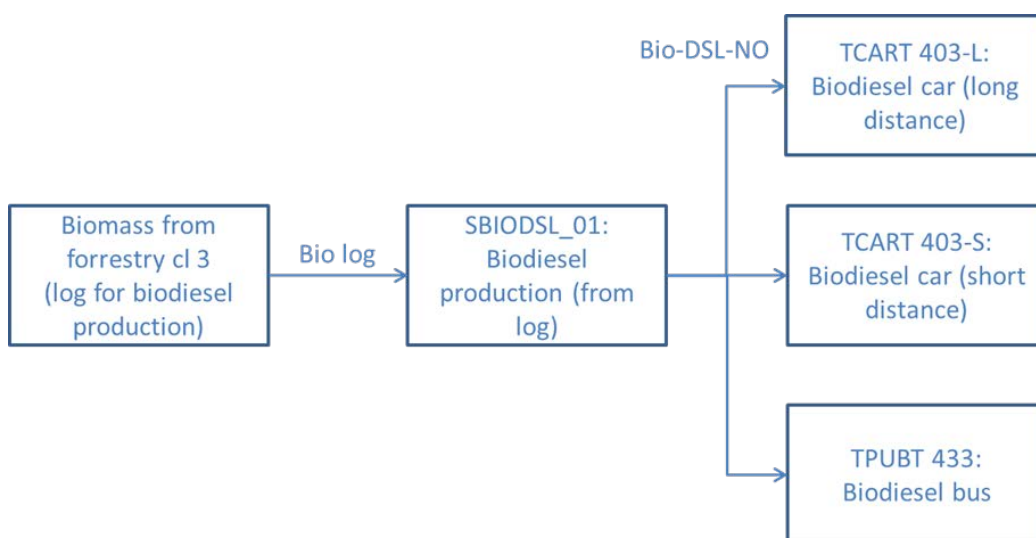


Figure 84 Biodiesel production chain in TIMES-Norway

The biodiesel production process is available from 2025. The activity bound of the bio log commodity is 3.2 TWh in 2025, 6.3 TWh in 2030, and 8.6 TWh in 2035. Imported biodiesel can only be used for blending purposes after 2025.

The energy prices and potentials of different bio energy resources are presented in Table 21.

Table 21 Energy prices and potentials of different bio energy resources in 2016 and 2050

	Price		Potential	
	2016 - 2050		2020	2050
	NOK2005/MWh		TWh/år	TWh/år
Bark			2.3	2.3
Forest chips	184 - 223		3.2	4.2
Wood logs for bio diesel production	150		0	8.6
Wood industry by-products	187		1.6	2.3
Fire wood	107-207		8.3	8.3
Municipal waste			2.6	2.6

⁷ VTT 2013: Liquid transportation fuels via large-scale fluidised-bed gassification og lignocellulosic biomass.

