



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2016 30 stp
INA

Utviklingen av elektrisitetsforbruket i Norge frem mot 2040- drivere og regionale utviklingstrekk

Benedicte Holum
Master i Fornybar energi

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet som en avslutning på min master i Fornybar energi ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.

Jeg vil gjerne benytte anledningen til å takke veileder Erik Trømborg for god veiledning og konstruktive tilbakemeldinger gjennom denne perioden. Jeg retter også en takk til Anna Kipping som har hjulpet meg med veiledning til modellen som har blitt benyttet for å finne resultater.

Videre vil jeg rette en takk til de rundt meg som har vært gode støttespillere og gitt oppmuntrende ord, og ikke minst til de som har lest igjennom oppgaven.

Tilslutt vil jeg takke mine fantastiske klassekamerater for to uforglemmelige år på Ås.

Ås, 12.mai 2016

Benedicte Holum

Sammenheng

Samfunnet er avhengig av riktig elektrisitetsproduksjon som krever forsyningssikkerhet. Frem mot 2040 vil kravet til forsyningssikkerhet øke på grunn av de ulike drivere for elektrisitetsforbruket. Hovedformålet med denne oppgaven er å analysere elektrisitetsforbruket i Norge frem mot 2040. Dette gjøres ved å analysere følgende problemstilling:

- *Hva er de viktigste faktorene som påvirker elektrisitetsforbruket i husholdninger og yrkesbygg?*
- *Hvordan vil disse faktorene utvikle seg nasjonalt og regionalt frem mot 2040?*
- *Hvordan vil denne utviklingen påvirke elektrisitetsforbruket i år 2040 samlet sett?*
- *Kan det forventes større regionale forskjeller i forbruket av elektrisitet fremover enn hva det er i dag?*
- *Er det noen paralleller mellom utviklingen i elektrisitetsforbruket i yrkesbygg og husholdninger?*

Utetemperatur, areal, antall og type bygninger i bygningsmassen, energieffektivisering og teknologisk utvikling, er viktige drivere for elektrisitetsforbruket og blir påvirket av befolkningsutviklingen.

Befolkningsutviklingen fører til økt antall husholdninger og et økt behov for tjenesteytende sektor. Det er en utvikling mot at det er mindre antall personer per husholdning og fører i tillegg til en høyere økning av boligareal, enn hva det har vært behov for tidligere. Energieffektivisering og den teknologiske utviklingen fører til at det blir benyttet mindre energi per bygning, og elektriske apparater som blir energimerket fører til mindre forbruk. Dersom kraftforbruket i industrien holder seg på dagens nivå vil økt elektrisitetsforbruk gi behov for økt utbygging av fornybar kraft dersom forsyningssikkerheten skal basere seg på nasjonale energiresurser. Denne oppgaven har benyttet data fra SSB, meteorologisk institutt og har beregnet elektrisitetsforbruket i husholdningssektoren basert på utviklingen i sentrale drivere som utetemperatur, areal, antall og type bygninger energieffektivisering og teknologisk utvikling.

Resultatene viser at elektrisitetsforbruket sannsynligvis vil øke betydelig i forhold til dagens situasjon mot 2040. Forbruket på nasjonalt nivå vil øke fra 34,91TWh i 2014 til 51 TWh i 2040 for husholdningssektoren med 21-prosent scenarioet og til 40TWh i hovedscenarioet. Høy befolkningsvekst i de største byene gir økte regionale forskjeller i fremtidig elektrisitetsforbruk. Usikkerheten i resultatene er imidlertid større for de regionale analysene enn resultatet på nasjonalt nivå. Det totale forbruket samsvarer på nasjonalt og regionalt nivå, når alle 19 fylkene blir lagt sammen på landsbasis. Men ved å se på regionalt nivå, vil elektrisitetsforbruket variere fra område til område. Noe som fører til mer nøyaktighet i utvikling av nye planer for overføringslinjer og fremtidig forsyningssikkerhet rundt byer og tettsteder. Resultatene på nasjonalt nivå samsvarer med tilsvarende studier i forhold til økt elektrisitetsforbruk frem i tid.

Videre arbeid bør fokusere på energieffektivisering og hvordan nye byggeforskrifter reduserer energiforbruket i bygninger, i tillegg vil yrkesbygg og industri føre til en total økning av elektrisitetsforbruket og bør analyseres for et bedre overblikk over fremtidig elektrisitetsforbruk.

Abstract

Our Society has evolved in a direction that leads to relying on a proper electricity production that requires proper and secure supply of electricity. Demand for a secure supply of electricity will increase up to 2040, due to different drivers in the electricity consumption. This study will focus on analysing this drivers, and is done by analysing the following themes:

- *What are the most important factors that will affect electricity consumption in households and commercial buildings?*
- *How is these factors developing both national and regional up to 2040?*
- *How will these developments affect electricity consumption in the year 2040 as a whole?*
- *Would it be expected greater regional differences in the consumption of electricity in the future than what it is today?*
- *Are there any parallels between the development of electricity use in commercial buildings and households?*

Outside temperature, surface area, number and type of buildings, energy efficiency and technological development, are drivers for these themes where both population growth. Growth in population is leading to increased numbers of households and an increased need for the services sector. The trend that lives fewer people per household, additionally leads to a higher increase in housing area per person. Energy efficiency and the technological development is leading to less usage of energy per building, and electrical appliances being labelled leads to less electricity consumption. If power consumption in the industry remain at the current level, electricity consumption will drive demand for increased development of renewable energy, if the security of supply will be based on national energy resources.

This document is based on data from SSB, Norwegian Meteorological Institute and a model for calculation of electricity consumption in the household sector based on key drivers.

The results shows that electricity consumption is likely to increase significantly to 2040 compared to the current situation. Consumption at the national level will

increase from 34,91TWh in 2014 to 51 TWh in 2040 for households with 21-present scenario and 40TWh with mainsscenario. Most population growth will be in the major cities, providing increased regional differences in future electricity consumption. The uncertainty in the results is greater for regional analyzes than the result at national level. Looking at consumption at the national level will be fairly similar if one were to add up the total of 19 counties, but accuracy is not right for each area. It is therefore advantageous to move down on a regional level to analyze how the consumption of electricity will be to 2040. The results that have been found in this study correspond fairly similar with other findings from other studies, but these have been at the national level.

Further work should focus on energy efficiency and how new building codes reduce energy consumption in buildings, in addition, services sector and industrial leading to increase in electricity consumption and should be analysed for a better overview of future electricity consumption.

Innholdsfortegnelse

Forord	I
Sammendrag.....	II
Abstract.....	IV
Kapittel 1: Innledning	1
1.1 Bakgrunn.....	1
1.2 Problemstilling.....	7
Kapittel 2: Materiale og metode	8
2.1 Materiale	8
2.2 Metode	8
Kapittel 3: Drivere og trender for energi- og elektrisitetsforbruket.....	11
3.1 Utenlandske studier av drivere for elektrisitetsforbruket.....	11
3.2 Drivere for elektrisitetsforbruket i Norge.....	12
3.2.1 Befolkning	12
3.2.2 Bygningsmasse.....	13
3.2.3 Utetemperatur	14
3.2.4 Energieffektivisering og teknologisk utvikling.....	15
3.2.5 Oppsummering.....	16
3.3 Historisk og fremtidig utvikling av sentrale drivere for elektrisitetsforbruket i Norge.....	16
3.3.1 Befolkning	16
3.3.2 Bygningsmasse.....	19
3.3.3 Utetemperaturen	23
3.3.4 Energieffektivisering og teknologisk utvikling.....	28
3.4 Scenarier for drivere av elektrisitetsforbruk i husholdningssektoren mot 2040..	31
3.4.1 21-prosent-scenariet for elektrisitetsforbruket	31
3.4.2 38-prosent -og 13-prosent scenariet for elektrisitetsforbruket	34
Kapittel 4: Scenarier for elektrisitetsforbruket i husholdningssektoren i Norge i 2040.....	35
4.1 Scenarier for elektrisitetsforbruket i husholdningssektoren i 2040.....	35
4.1.1 Scenarier for forutsetninger for elektrisitetsforbruket i 2040	35
4.1.2 Elektrisitetsforbruket i husholdningssektoren i Norge i 2040	35
4.1.3 Hovedscenario med passivbygg og husholdninger bygd etter 1999 i 2040	37
4.1.4 Regionale forskjeller i husholdningssektoren i 2040.....	37
4.1.5 Forskjellen mellom varme og kalde år i 2040 i Norge	40
4.2 Scenario for elektrisitetsforbruk i yrkesbygg i 2040	41
Kapittel 5: Diskusjon	42
5.1 Diskusjon	42
5.2 Konklusjon	47
Kilder	49
Figurliste	i
Tabelliste.....	ii
Vedlegg.....	iii

Kapittel 1: Innledning

1.1 Bakgrunn

Verdens energiforbruk har vokst betydelig de siste 60 årene. Det anslås at energiforbruket vil øke med 34 prosent mellom 2014 og 2035 (*Energy outlook* 2015). Rundt 80 prosent av energiforbruket i dag, er fra fossile brensler, som øker CO₂-konsentrasjonen i atmosfæren ved forbrenning. De fornybare energiresursene som solenergi, bioenergi, vindkraft og vannkraft må bygges mer ut og teknologien må utvikles i høyere grad. I dag satses det store beløp på utvikling av fornybare energikilder for å adressere denne økningen i forbruket, noe som gradvis vil gi priser som blir mer konkurransedyktige mot fossile kilder.

Verdensøkonomien forventes å dobles mellom 2014 og 2035 og befolkningen anslås å øke med 1,5 milliard mennesker (*Energy outlook* 2015). Verden står foran en stor utfordring med tanke på hvordan man skal fylle behovet for fremtidig energiforbruk og økt elektrisitetsforbruk globalt. FNs klimapanel kommer med rapporter om hvordan klimaet endrer seg og hvordan man på best mulig vis skal kunne ta vare på jorda, også frem i tid. Klimagassutslippene fra mennesker har varmet opp atmosfæren og havet, som fører til smeltet snø og is, samt at det globale havnivået øker. Temperaturene globalt har økt betydelig. Perioden 1983-2013 er den varmeste på jorda de siste 1400 årene og det siste tiåret har vært den varmeste siden 1850. Naturlige variasjoner på jorda, men også fra utslipp fra fossile brensler fører til økt temperatur globalt. CO₂-utslipp påvirker atmosfæren og fra 1750 og fram til i dag har det vært to hovedkilder til dette. 70 prosent av CO₂ - utslippene kommer fra fossile brensler og 30 prosent kommer fra avskoging og endring av landarealer. Dette kan føre til store konsekvenser som klimaendringer.

Energiforbruket avhenger av forskjeller i levestandard og tilgangen på energiresurser internasjonalt, utviklingen av energibruk mellom ulike verdensdeler og land, på grunn av ulike mål og behov. I Kina er forbruket per innbygger bare 1/5 av USA. Norge kjennetegnes ved et høyt energiforbruk og høy andel elektrisitet i forbruket (Bendiksen 2014). Forbruket av energi har ligget relativt stabilt de siste årene, mens andelen av elektrisitet har økt fra 14 prosent i 1990 til 21 prosent i 2012 (Bøeng 2012).

Den totale stasjonære energibruken i Norge fra 1960 til 1970 steg kraftig og skyldtes vekst i industrien, bergverk og forbrukergrupper. Fra 1960 til 1970 steg

elektrisitetsforbruket i industrien med 85 prosent, etter 1970 har ikke energiforbruket økt noe nevneverdig og lå på samme nivå i 2010 som i 1970. Dette har sammenheng med tilbakegang for industrien i forbindelse med finanskrisen i 2009. Innenfor husholdninger, tjenesteytende sektor og andre næringer var det en kraftig vekst i energiforbruket fra 1960 til 1970, men i tillegg fortsatte å øke etter 1970. Noe som har en sammenheng mellom befolkningsvekst og høy produksjon i tjenesteytende næringer (Bøeng & Holstad 2013).

Det er flere grunner til utviklingen av energiforbruket og elektrisitetsforbruket.

Velstanden har generelt økt globalt og økonomien til ulike land øker stadig.

Den økonomiske veksten har økt raskere enn man hadde forestilt seg. Dette gjelder spesielt de store landene som Kina, Russland, Brasil, India og i Sør-øst Asia som fører til et høyere forbruk av elektriske artikler og teknologier.

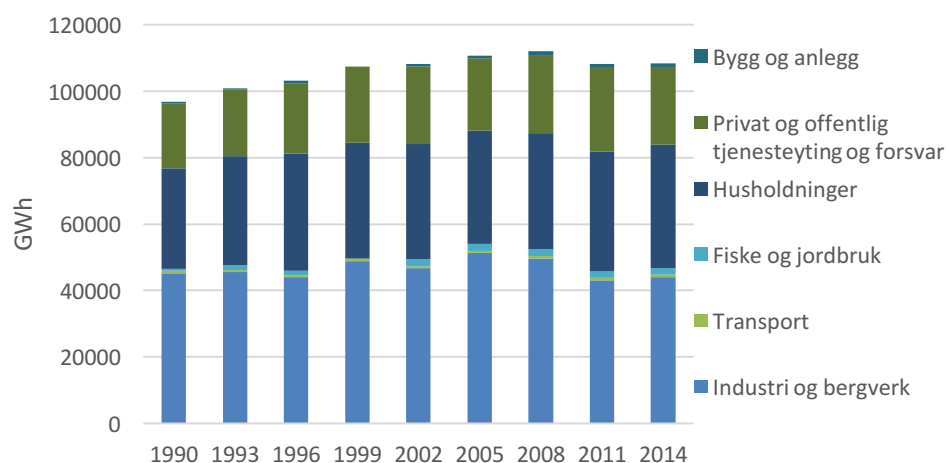
Befolkningsvekst er en fundamental driver for energiforbruket. Det er ulike nivåer mellom energiforbruket og befolkningsvekst, fordi det er store ulikheter av forbruket avhengig av hvor man bor og velstandsnivået.

Energipriser er en årsak til utviklingen av det høye forbruket. Dette fordi lave energipriser fører til et merforbruk og høye priser fører til lavere forbruk (IEA 2013). Klimapanelet og verdens ledere har blitt enige om at den globale temperaturøkningen må holdes under 2°C. Trolig vil det bli mer ekstremvær, mattilgangen vil reduseres, naturmangfold vil endres, økte forskjeller på økonomisk vekst, flere mennesker på flukt, økt fare for konflikter og mangel på vann, hvis dette målet ikke blir nådd (FN 2014).

Det Internasjonale energibyrået har antatt at fornybar energi vil bli verdens ledende til elektrisitetsforbruk innen 2035. EU skal være en pådriver for fornybar energi og med målene som har blitt satt av EUs fornybardirektiv, vil EU være en leder for fornybar energi. Formålet med direktivet er å øke forsyningssikkerheten av energi innen EU, og føre til forskning og utvikling av mer fornybar energi. Det ble satt et mål 5.juni 2009 som blir kalt for 20-20-20-målene. Disse målene skal oppnås før 2020. Klimagassutslippene skal være redusert med 20 prosent, fornybar energi skal dekke 20 prosent av energien som produseres, og i tillegg skal energieffektiviseringen økes med 20 prosent (Bøeng 2010). EU har som mål å gjøre byene mer fornybare og forbedre forsyningssikkerheten. EU ønsker å være ledende innenfor teknologiutvikling, forbedre industrien, få lavere kostnader og lavere risiko

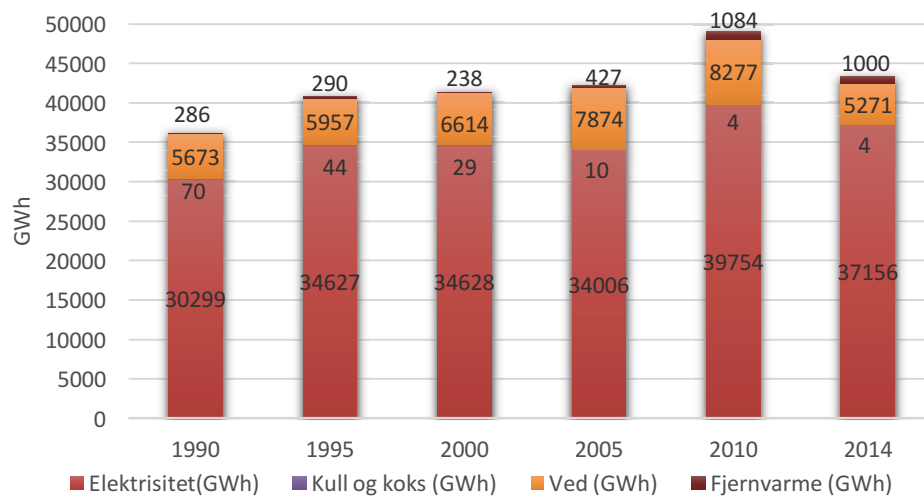
ved investering knyttet til fornybar energi. I tillegg få politikere til å opprette flere jobber innenfor fornybart (DGEnergy 2015).

Fra 1990 til 1998 steg energiforbruket i Norge med hele 13 prosent. Siden har det vært en jevn vekst bortsett fra året 2010, da det var et spesielt høyt forbruk grunnet et kaldt år. Økning i strømpriser, stor vekst i oljeproduktpriser og nokså mildt vær, er bidragsyttere for at det har vært en utflating i det totale energiforbruket etter 1998. Elektrisitetsforbruket per sektor har variert fra 1990. Figuren viser hvordan utviklingen har vært.



Figur 1 Elektrisitetsforbruket fra 1990 til 2014 i ulike sektorer i Norge. Kilde: Statistisk sentralbyrå, energibalansen

Husholdningene står for rundt 1/5 av det totale energiforbruket. Selv om befolkningsveksten øker har forbruket ligget stabilt på 45 TWh i husholdningene siden 1990-tallet. Energieffektivisering, økte strømpriser og økt utetemperatur sammen med endring av husholdningenes arealer fører til en stabilisering av forbruket. Figur 2 viser utviklingen i bruk av ulike energibærere i husholdninger i Norge i perioden 1990 til 2014. Som vi ser har det vært nokså jevn utvikling av forbruket fra 1990 til 2014.



Figur 2 Ulike typer energiforbruk i norske husholdninger fra 1990 til 2014. Tall vist i GWh. Kilde: Energibalansen, Statistisk sentralbyrå.

Elektrisitetsforbruket i husholdninger har variert noe de siste årene som vi så av grafen ovenfor, og det fordeler seg ulikt i de forskjellige fylkene. Tabell 1 viser elektrisitetsforbruket på fylkesbasis i 2014 med samlet forbruk og per innbygger i husholdningssektoren.

Tabell 1 Oversikt over nettoforbruket i husholdninger (GWh) og per innbygger i fylkene (kWh) i Norge i 2014. Kilde: Statistisk sentralbyrå

Fylke	Samlet forbruk i husholdninger GWh	Forbruk per innbygger kWh
Østfold	2042	6503
Akershus	4135	6949
Oslo	3761	5922
Hedmark	1604	6951
Oppland	1774	7242
Buskerud	2261	6899
Vestfold	1865	7036
Telemark	1439	7357
Aust-Agder	875	6811
Vest-Agder	1270	6387
Rogaland	3382	6497
Hordaland	3716	6762
Sogn og Fjordane	832	6576
Møre og Romsdal	1950	6776
Sør- og Nord- Trøndelag	3293	6271
Nordland	2284	8357
Troms	1567	8802
Finnmark	819	9714
Totalt	35 000	128 000

De siste årene har elektrisitetsbruken flatet ut i takt med energieffektiviseringstiltak og mildere klima (Bergesen et al. 2012).

Tjenesteytende sektor har hatt kraftig vekst i antall ansatte i tillegg til at produksjonen har økt. Dette fører til økt energiforbruk, men til tross har energien blitt benyttet mer effektivt (Bøeng & Holstad 2013). Yrkesbygg har også den samme utviklingen innenfor elektrisitetsforbruk og driverne, det avhenger av areal, befolkning og temperatur i tillegg til elektriske apparater. Befolkningsutviklingen fører til økt behov for yrkesbygg og er den indirekte driveren for økning av yrkesbygg sitt areal og antall.

Energibruken vil endre seg i årene som kommer. CenSES rapporten har laget flere scenarioer for hvordan energiforbruket utvikler seg mot 2050. Scenarioene rapporten belyser er økt industriaktivitet, lavere industriaktivitet, framskriving med dagens nivå som blir kalt for "frozen efficiency" og høyt og lavt energibehov, i tillegg har de sett på hvordan transportsektoren utvikler seg (Rosenberg & Espegren 2014).

Vestlandsforskning har laget en rapport til NVE som omhandler trender og drivere for energibruk i norske husholdninger. Bakgrunnen for deres rapport gikk ut på at det hadde vært en overraskende utvikling av energibruken til norske husholdninger de siste 20 årene. Selv med befolkningsvekst og velstandsvekst stagnerte energibruken. Dette førte til at NVE lurte på hvorfor dette hadde oppstått, i tillegg til at de ønsket å utvikle en regnemodell for fremtidig energi -og elektrisitetsforbruk.

Rapporten kom frem til de direkte driverne for energibruk i norske husholdninger, utetemperatur, boligareal, energibruk som er til oppvarming, varmt vann, belysning og andre apparater som trenger energi for å kunne brukes som komfyrer og kjøleskap. Befolkningsutviklingen er en driver for hvor mye elektriske apparater man har og arealet som blir benyttet i husholdningssektoren (Hille et al. 2011).

Husholdninger bruker elektrisitet til tre hovedformål: oppvarming av boligen, varmtvann og bruk av elektrisk utstyr. Elektrisitetsforbruket største andel er til oppvarming av rom som utgjør hele 66 prosent (Bergesen et al. 2012).

Energibruken totalt sett øker, store regionale og nasjonale forskjeller, klimagassutslipp og redusert tilgang på fossilt brensel gjør at vi må legge om energisystemet til mer fornybart. Kunnskap om utviklingen i energibruken og dermed behov for mer fornybar energi er viktig.

1.2 Problemstilling

Hovedformålet med denne oppgaven er å analysere elektrisitetsforbruket i Norge frem mot 2040. Dette gjøres ved å analysere følgende problemstillinger:

- *Hva er de viktigste faktorene som påvirker elektrisitetsforbruket i husholdninger og yrkesbygg?*
- *Hvordan vil disse faktorene utvikle seg nasjonalt og regionalt frem mot 2040?*
- *Hvordan vil denne utviklingen påvirke elektrisitetsforbruket i år 2040 samlet sett?*
- *Kan det forventes større regionale forskjeller i forbruket av elektrisitet fremover enn hva det er i dag?*
- *Er det noen paralleller mellom utviklingen i elektrisitetsforbruket i yrkesbygg og husholdninger?*

Kapittel 2: Materiale og metode

2.1 Materiale

Flere kilder som det står henvist til i teksten, samt en egen kildehenvisning nederst i oppgaven har blitt benyttet i denne oppgaven. Materialet er fra tidligere forskning på trender og drivere for elektrisitetsforbruket. CenSES (2014) benyttes som et sammenligningsgrunnlag for de ulike resultatene i oppgaven.

Statistikken til SSB har blitt benyttet for å finne tall for beregninger for fremtidens elektrisitetsforbruk og hvordan den historiske utviklingen har vært innenfor de ulike driverne. Energigraddagstall mot 2040 blir beregnet ut fra tallene til meteorologisk institutt via eklima.no og deres rapport om klimaet. Videre har Enova bidratt med rapporter om energigraddagstall og forklaringer på utregningsmetoder for energigraddagstall. Andre rapporter både internasjonale og fra NVE, SSB og FN blitt brukt for å finne drivere som påvirker elektrisitetsforbruket historisk og i fremtiden.

2.2 Metode

Analysen av de ulike driverne for elektrisitetsforbruk er basert på andre studier. Data om befolkningen, befolkningsfremtidsscenarioer, antall husholdninger historisk sett, hvordan klimaet har utviklet seg, hvordan energieffektiviseringen har utviklet seg, hvordan den teknologiske utviklingen har vært og hvordan energiforbruket har utviklet seg er basert på disse dataene.

Befolkningsframskrivninger har SSB prognoser på, og de ble benyttet i denne oppgaven for å finne antallet på husholdninger i 2040. I oppgaven bygger de ulike scenarioene for elektrisitetsforbruk på befolkningsframskrivingsscenarioene til SSB, *HHMH*, *LLML* og *MMMM* som de også kaller for hovedscenarioet, siden sannsynligheten er størst. Det står mer forklart om de ulike scenarioene i kapittel 3.3.1 Befolkning. Videre i oppgaven, utenom i kapittel 3.3.1 om befolkning, vil disse ulike scenarioene bli kalt for: *MMMM* scenarioet: 21-prosent, *HHMH* scenarioet: 38-prosent og *LLML* scenarioet: 13-prosent. Oppgaven fokuserer på 21-prosent scenarioet hvis ikke annet er oppgitt. Ut fra 21-prosent scenarioet ble det beregnet antall husholdninger og tall fra CenSES rapporten førte til at arealet på husholdningene ble beregnet. CenSES rapporten har anslått at enfamiliehusholdninger vil ligge på 164m^2 og flerfamiliehusholdninger vil ligge på 93m^2 i 2040. Det er anslått en prosentandel på henholdsvis 56 prosent og 44 prosent

i 2040. Det er antatt i denne oppgaven at det er lik vekst med en- og flerfamiliehus generelt over Norge og ikke blitt gjort noen forskjell per fylke.

For å se på sammensetningen mellom temperatur og energiforbruk benytter man seg blant annet av energigradtall. Utgangspunktet for å beregne disse tallene går ut på døgnmiddeltemperaturen. Når døgnmiddeltemperaturen er over 17 grader celsius, vil det ikke være fyringsbehov. Når det er over 17 grader celsius vil energigradtallet være 0, ellers vil avstanden opp til 17 grader være energigradtallet.

Energigradtall er derfor alltid positive. Døgnmiddeltemperatur er et gjennomsnitt av temperaturen gjennom døgnet med minimumstemperatur og maksimumstemperatur. Minimumstemperatur er den laveste temperaturen målt i løpet av et døgn.

Maksimumstemperaturen er den høyeste temperaturen målt i løpet av døgnet (*Energigradtall* 2009). For å finne hvordan energigraddagstallene blir i 2040 ble det benyttet tall fra eklime. Normaltemperaturen for de ulike fylkene ble brukt for å beregne energigraddagstall ved å benytte temperaturregionene til meteorologisk institutt og den fremtidige temperaturen. Hver temperaturregion fikk sitt energigraddagstall og fylkene under disse temperaturregionen fikk likt energigraddagstall. Dette tallet har blitt benyttet videre for å beregne elektrisitetsforbruket sammen med antall husholdninger og arealet på disse husholdningene per fylke.

For å finne energigraddagstallet nasjonalt i 2040 ble befolkningen per fylke vektet mot energigraddagstallet som først ble funnet med normalperioden, og la til temperaturøkningen som er forventet i 2040 og summerte dette til slutt.

For å finne resultater for elektrisitetsforbruket i 2040 ble en modell som er basert på to artikler (Kipping & Trømborg 2016) og (Kipping & Trømborg 2015) benyttet.

Modellen er bygd opp med flere ulike variabler som antall husholdninger, prosentandel av ulike husholdningstyper, energigraddagstall og arealet totalt for husholdningene. Artiklene beskriver videre oppbyggingen av modellen. Det er anslått en del konstante variabler og det henvises til de to artiklene som forklarer modellen videre (Kipping & Trømborg 2016) og (Kipping & Trømborg 2015).

Tabellen viser hvilke variabler som har blitt benyttet som uendrede og endrede i denne oppgaven og en illustrasjon av modellen ligger som vedlegg 1.

Tabell 2 Oversikt over uendret og endrede variabler i modellen.

Variabler	Uendret	Endret
Antall arbeidsdager	Blir ikke endret (250)	
Antall husholdninger		Blir endret på med de ulike befolkningsscenarioene
Antall dager i året	Blir ikke endret, siden det bare er 2040 som blir regnet på (366)	
Antall energigraddagsdager		Avhenger av om det blir beregnet på de ulike fylkene eller nasjonalt
Antall personer i husholdningene	Blir ikke endret på siden det er 2040 som blir regnet på	
Antall helligdager og fridager	Blir ikke endret på	
Antall dager per måned	Blir ikke endret på	
Antall husholdninger med sentralvarme, varmepumpe og luft-luft varmepumpe og andre sentralvarmesystemer		Andelen med sentralvarme, varmepumpe og luft-luft varmepumpe endret
Bygningens areal		Avhenger av befolkningsscenarioene
Bygningens alder		Avhenger om det har blitt sett på fremtidig og historisk energiforbruk i husholdningene

Kapittel 3: Drivere og trender for energi- og elektrisitetsforbruket

3.1 Utenlandske studier av drivere for elektrisitetsforbruket

Kavousian et al. (2013) studerte elektrisitetsforbruket i USA. Basert på en analyse av 1628 husholdninger fant de at temperatur, gulvareal og beliggenhet var de viktigste driverne for elektrisitetsforbruket. I tillegg til disse variablene fant de at antall elektriske apparater som kjøleskap og underholdningsartikler bestemte daglig minimumsforbruk, mens antall personer per husholdning og elektriske apparater som benytter mye elektrisitet som varmtvannsberedere, førte til det daglige maksimale forbruket. Med energieffektivisering fant de ved å skifte gamle vinduer, få mer energieffektiv belysning og mer energibevistgjøring ville føre til redusert forbruk med energimerking (Kavousian et al. 2013).

Santin et al. (2009) har skrevet en artikkel som omhandler konsekvensen av de forbedringene som er ved dagens bygninger, som fører til at beboerens rolle som elektrisitetsforbruker øker. Tidligere studier har vist at variasjonen i energibruken i ulike husholdninger påvirkes mer av beboeradferd og mindre av bygningens egenskaper, bygninger som bygges i dag er mer energieffektive. Deres studie hadde som formål å få større innsikt i effekten av beboeradferd i forhold til oppvarming. Beboerens adferd og egenskaper hadde betydelig påvirkning på elektrisitetsforbruket, mens bygningens egenskaper fortsatt hadde den høyeste påvirkningsegenskapen i forhold til forbruket, med tanke på hvordan husholdningen ble bygget (Santin et al. 2009).

Itard og Meijer (2008) sin bok handler om hvordan bygningene i åtte ulike land i Europa er, når de er bygd og om det er en- eller flerfamiliehusholdninger det er mest av, samt hvordan de bruker energi og elektrisitet. De så på hvordan bygninger var energieffektive og hvor mange som bodde i hver enkelt husholdning med tanke på areal. I tillegg studerte de hvordan type oppvarmingssystem de ulike landene benyttet seg av, og kom frem til at sentralvarme basert på fossilt eller biomasse, elektrisk oppvarming og varmepumper var det vanligste. I Europa var varmtvann det store deler av energien ble brukt til, dette utgjorde hele 25 prosent.

Alder på bygning tar de med som en faktor i forhold til hvor energieffektive husholdningene er. Vegger, gulv, tak og vinduer blir sett på i ulike tidsperioder og

graden av isolasjon. Energieffektivisering er viktig i denne boka og sammen med politiske mål og hvordan regler på renovering og vedlikehold av husholdninger blir, er en faktor i forhold til forbruket (Itard & Meijer 2008).

Et annet studie av Firth et al. (2007) fokuserte på boligformen og hva de elektriske apparatene benyttet av elektrisitet. De delte de elektriske apparatene inn i to grupper, de som var på hele tiden som kjøleskap og fryser, og de som ble skrudd av og på av forbrukeren. De så på 72 bolighus i Storbritannia over en to-årsperiode. De fant at det var en økning på 10,2 prosent i forbruket til de elektriske apparatene som var på hele tiden og en økning på 4,7 prosent i forbruket av apparater som ble skrudd av og på. De kom videre frem til at det var store årlige variasjoner i strømforbruket selv til boliger i samme område og samme type bygning. Noe som viser hvordan bygningen er bygd ikke er en avgjørende faktor for husholdningens elektrisitetsforbruk. I stedet er det drivere som antall beboere og antall og typer apparater som er avgjørende (Firth et al. 2007).

Et oppfølgingsstudie ble foretatt av 15 lavenergiboliger i Milton Keynes, UK, av Summerfield et al. (2007), som opprinnelig ble overvåket for temperaturer og energibruk fra 1998-99. De tidligere resultatene ble tatt opp igjen og ble sammenlignet med 2005-06. De benyttet samme rammebetingelse og delte husholdningene inn i tre grupper etter tidligere resultater, høy, middels og lave energibrukere. Resultatet de kom med var at inntekt, temperatur og boligens størrelse hadde en påvirkning på hvordan elektrisitetsforbruket utløp seg. De mente videre at forskning på utvikling av energipolitikk med byggeforskrifter burde fokusere på hvordan energien brukes, og på husholdningens størrelse (Summerfield et al. 2007).

3.2 Drivere for elektrisitetsforbruket i Norge

3.2.1 Befolkning

En viktig indirekte driver for framtidig behov for elektrisitet og energi er befolkningsmengden. Befolkningsmengden og utviklingen av antall personer er en indirekte driver fordi det påvirker bygningsmassen og hva slags krav man har til temperaturer, forbruk ved elektriske artikler og adferd (Rosenberg & Espegren 2014). Med økt befolkning og antall personer per husholdning synker, vil antallet husholdninger øke. Samtidig som arealet per person øker, fører dette til at det totale

forbruket øker. Dette til tross så har det totale energiforbruket i husholdningene flatet noe ut (Magnussen et al. 2011).

Antallet yrkesbygg avhenger av befolkningsutviklingen og behovet til flere og større sykehus, forretningsbygg, skoler, barnehager og andre bygninger som er nødvendige i det daglige for sysselsetting og opplæring. Dette igjen vil føre til økt elektrisitetsforbruk (Langseth 2016).

3.2.2 Bygningsmasse

Bygningsmasse, antall og areal, er en driver for elektrisitetsforbruket. Antall husholdninger og andre tjenesteytende bygninger som skoler, sykehus og kontorer benytter mye energi og elektrisitet i det daglige.

Bygningsmasse henger sammen med befolkningsutviklingen. Arealet totalt for husholdninger avhenger av antall personer nasjonalt og regionalt. Antall yrkesbygg og størrelsen på disse vokser også i takt med befolkningsutviklingen.

Undersøkelsene som er gjort fra CenSES (Centre for Sustainable Energy Studies), det nasjonale forskningssenteret for miljøvennlig energi, har utarbeidet en rapport om energifremskriving mot 2050, med fokus på fremtidig etterspørsel etter energibehov og tjenester. Da CenSES gjennomførte analysen av energiforbruket frem i tid tok de hensyn til flere drivere og trender. De så på husholdninger med fokus på befolkningsutvikling, hvordan type hus som blir bygd frem i tid og størrelsen på husene i forhold til hvor mange som bor per husholdning. Deretter analyserte de tertiær sektor med primærnæringer, bygg og anlegg med fokus på hvordan befolkningen er drivere for arealbruken (Rosenberg & Espegren 2014).

Det har vært en mindre vekst i areal per person. Dette kan skyldes flere faktorer som at det bygges flere leiligheter enn eneboliger og rekkehus, og en utvikling mot urbanisering. Dette fører til en reduksjon av energibruket i husholdninger (Bergesen et al. 2012).

Antall yrkesbygg på nasjonalt nivå har de siste årene holdt seg stabilt. Det er flere drivere som påvirker forbruket av elektrisitet. Arealet per bygning og spesifikk energibruk. Drivere for arealet er befolkningsutvikling og sammensetningen av alder. Det bygges i takt med utviklingen i forhold til skoler, sykehjem, kontorer og kulturtilbud. Økonomisk vekst med økt aktivitet og økt sysselsetting vil kreve mer areal av yrkesbygninger og innenfor hver enkelt bygningstype er det egne drivere

som påvirker behovet for areal. Spesifikk energibruk avhenger av hvordan type yrkesbygg det er (Langseth 2016).

3.2.3 Utetemperatur

Utetemperatur er en driver for elektrisitetsforbruket fordi mye av elektrisitetsforbruket i Norge brukes til romoppvarming. Behovet for oppvarming og bruken av energi til oppvarming varierer med type bygning, teknisk standard og oppvarmingssystem. Det er lite forskning på hvordan kravet til innnetemperaturen har utviklet seg, men det er en trend med at man har høyere krav til komfort og dermed innnetemperatur (Hille et al. 2011).

Elektrisitetsforbruket øker ved lave temperaturer og minker ved høye temperaturer, dette grunnet store deler av oppvarmingen av norske husholdninger er ved elektrisitet. Blir utetemperaturen veldig høy kan det være behov for nedkjøling (Døhl 1999).

Meteorologisk institutt har lagt en rapport hvor de fant at trenden for temperaturen vil øke. Det er framskrevet flere scenarioer, men det er laget et middelnivå som står mer forklart i kapittel 3.3.3 og som det blir sett på som mest rasjonelt (Hanssen-Bauer et al. 2009).

Minimumstemperaturer vil være dimensjonerende for energisystemet med tanke på nettet, mens energigraddager vil være bestemmende med tanke på hvor mye energi som vil bli benyttet. Forbruket avhenger av flere variabler som antall bygg, oppvarmet areal, isolasjon og oppvarmingssystemer.

En artikkel belyser dette spørsmålet. Det ble samlet store mengder data for å bruke to modeller som baserer seg på daglige og timemiddelverdier av utetemperatur, for å sammenligne og diskutere forbruket. De fant at det var en sammenheng mellom oppvarming og hvordan utetemperaturen endret seg. Det viste seg i denne undersøkelsen at boligens areal sammen med utetemperaturen, er en viktig bidragsyter for hvordan elektrisitetsforbruket utvikler seg (Kipping & Trømborg 2016).

3.2.4 Energieffektivisering og teknologisk utvikling

Energieffektivisering og teknologisk utvikling er en driver for hvordan energi- og elektrisitetsforbruket utvikler seg. Rehabilitering av bygninger og bedre kvalitet på nye bygg som følge av byggeforskrifter fører til reduksjon i forbruket. Den teknologiske utviklingen innenfor oppvarming av både varmtvann og bygningenes arealer har blitt mye forbedret.

Oppgradering av bygninger er mer populært nå enn før og det brukes i dag store summer på oppussing som fører til bedre vinduer og bedre isolasjon.

Oppvarmingssystemer som varmepumpe har blitt mye utviklet, elektriske panelovner og eldre vedovner har blitt erstattet av mer effektive vedovner, noe som fører til en mer effektiv oppvarming og redusert energitap.

De ulike politiske vedtakene blir gjerne spådd til å vare en betydelig periode frem i tid og vil være direkte drivere for forbruket av energi. Byggeforskrifter og grønne sertifikater fører til en omlegging av energiforbruket og fokuset endres mot energieffektivisering (Hille et al. 2011). Byggeforskrifter som TEK fører til redusert energibruk per kvadratmeter (Bergesen et al. 2012). Direktoratet for byggkvalitet utarbeider nå en ny TEK standard. Ved å bevege seg fra TEK10 til TEK17 er hensikten å forenkle, forbedre byggereglene og redusere byggekostnadene (*Fra TEK10 til TEK17* 2015). Renoveringsarbeidet på husholdninger i forhold til alder har lite hensikt og effektiviseringstiltakene er av liten effekt (Kipping & Trømborg 2015). Med nye bygninger som nærmer seg passivbygg standard vil energieffektivisering bli høynet og forbruket vil gå betydelig ned fra dagens standarder. Årsaken til de norske standardene ble utformet for passivbygg var for å etablere en felles standard for disse bygningene og for å få støtteordninger for energieffektivisering (Teknologi 2013).

Ulike varmesystemer for husholdninger fører til ulik bruk gjennom dagen. I forhold til direkte elektrisk oppvarming, med bruk av luft-til-luft varmepumper, vedovner og oljeovner vil føre til redusert forbruk over dagen. Ved morgenen når forbruket er høyest vil ikke-elektrisk vannbåren varme føre til det minste forbruket (Kipping & Trømborg 2015).

Spesifikk energibruk for yrkesbygg avhenger av hvordan type yrkesbygg det er.

Oppvarmingsløsninger, rehabiliteringsraten i bygningsmassen, elektriske apparater og energioppfølgingssystem er alle drivere for hvordan forbruket utvikler seg (Langseth

2016). Ved bygging av yrkesbygg og nye husholdninger blir det stadig strengere, med målet om flere passivbygg og lavenergiboliger. Dette fører til reduksjon av elektrisitetsforbruket og energiforbruket. Fokuset på dette skyldes økende energipriser, bekymring for forsyningssikkerheten og den globale oppvarmingen. Bygninger står for ca. 40prosent av energibruken og det er derfor viktig å fokusere på at disse blir så energieffektive som mulig (Dokka & Andresen 2012). Elektrisitet er et gode vi i Norge har som en selvfølge, dette vil nødvendig endre seg frem i tid.

3.2.5 Oppsummering

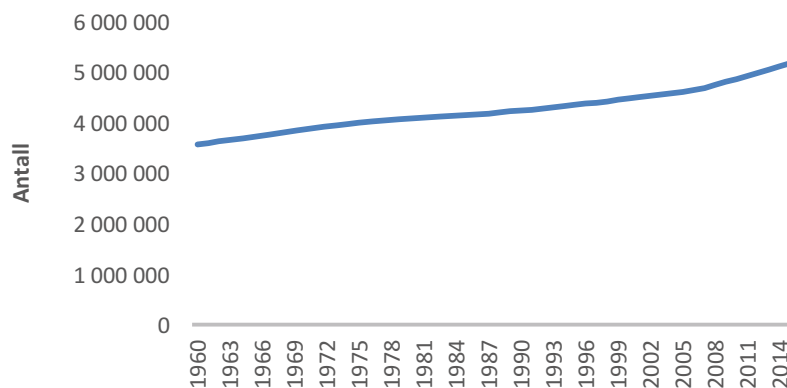
Ovenfor ser vi en sammenheng i hvordan de ulike driverne henger sammen for å finne energi- og elektrisitetsforbruket frem i tid. Befolkningen påvirker arealet og antall husholdninger, dette igjen påvirker hvordan bygninger er bygd opp, om de er nybygg med energieffektive løsninger eller eldre bygninger og hvordan utviklingen av utetemperaturen blir i forhold til oppvarming av bygningens areal.

Ut fra tidligere rapporter og analyser vil det videre i oppgaven bli de direkte driverne utetemperatur, bygningsmasse (antall og areal) og energieffektivisering som benyttes. Befolkningsutvikling og teknologisk utvikling med elektriske apparater er indirekte drivere som påvirker størrelsen på de direkte driverne.

3.3 Historisk og fremtidig utvikling av sentrale drivere for elektrisitetsforbruket i Norge

3.3.1 Befolkning

Befolkningsveksten har økt betydelig de siste 50 årene og utviklingen ser ut til å fortsette i relativt samme trend. Den viktigste årsaken til befolkningsveksten er høy innvandring og stadig høyere levealder (Brunborg 2014). Det har vært en generell økning de siste årene, med en kraftigere vekst de siste 6 årene. I figur 3 vises utviklingen av befolkningen siden 1960 på landsbasis i Norge.



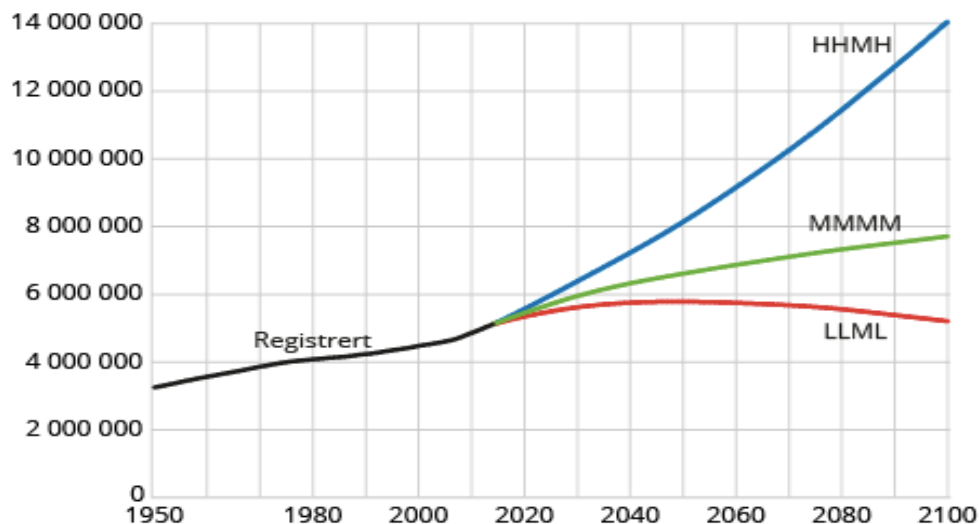
Figur 3 Befolkningsutvikling fra 1960 til 2015 i Norge. Kilde: Befolkningsstatistikk, Statistisk sentralbyrå.

På regionalt nivå har befolkningsveksten vært begrenset i perioder. De ulike fylkene har hatt til og fra flytting, og det har vært en utvikling mot å flytte inn til tettsteder og byer. Tilflytting til byer og tettsteder ser man generell tendens av i Norge. 1. Januar 2014 bodde hele 67,9 prosent i de 150 mest sentrale kommunene, mens det i de 149 minst sentrale kommunene gikk andelen av beboere ned 9,1 prosent.

SSB (2014) har utarbeidet prognoser for befolkningsutviklingen i Norge med tre hovedscenarioer for hvordan utviklingen vil bli mot 2040. Hovedalternativet kalles *MMMM* som betyr middels nasjonal vekst. Høyalternativet som blir kalt for *HHMH* betyr høy nasjonal vekst og lavalternativet med navn *LLML* betyr lav nasjonal vekst. De ulike bokstavene indikerer om det blir antatt middels, høy eller lavt nivå for fruktbarhet, levealder, innenlandsk flytting og innvandring (Brunborg 2014).

SSB har benyttet to modeller med navn BEFINN og BEFREG. Neste års befolkning er beregnet ved å ta utgangspunkt i årets befolkning og legge til fødte og trekke fra døde sammen med utvandring og legge til innvandrere. Dette gjøres for hvert kjønn hvert eneste år (Aase et al. 2014).

Utviklingen av befolkningsvekst på nasjonalt nivå som vi ser i figur 4, viser hvordan de ulike scenarioene vil ha ulik konsekvens på endringer i befolkningsutviklingen og hvordan hver indikator påvirker på nasjonalt nivå.



Figur 4 Befolkningsframskriving basert på scenarioene til SSB. Antall personer. Kilde: Befolkningsutvikling, Statistisk sentralbyrå.

Hovedalternativet med indikatorene *MMMM* blir det lagt til grunn middels utvikling i både fruktbarhet, levealder, innenlandske flyttinger og innvandring. I dette alternativet vil befolkningsveksten avta gradvis. I 2040 vil 6 millioner innbyggere bli passert. I dette scenarioet antas det at fruktbarheten vil ligge på 1,8 barn per kvinne, levealderen vil fortsette å øke og nettoinnvandring vil være relativt høy. Med en høy innvandring vil fruktbarhetstallet på 1,8 variere, ettersom innvandrerkvinner har et høyere fruktbarhetsnivå enn øvrige kvinner. Fruktbarhetsframskrivninger er usikre siden det avhenger av forutsetningene om framtidig innvandring, botid i landet og hvordan befolkningen stabiliserer seg (Aase & Kaldager 2014).

Nettoinnvandring til Norge, har de siste årene ligget på mellom 40 000 og 50 000 årlig. Dette er høyt i forhold til nettoinnvandring tidligere. I hovedalternativet vil det endre seg og gradvis gå ned, samtidig som utvandringen vil øke noe. I 2040 går de ut fra at nettoinnvandring vil stabilisere seg på rundt 15 000 til 20 000 årlig (SSB 2014).

I *MMMM* scenarioet vil alderen sannsynligvis øke til 86,5 år for menn og 89,1år for kvinner, fra henholdsvis 79,6 år og 83,5år, noe som også fører til økt befolkning (Syse & Pham 2014).

Ved *HHMH* alternativet vil befolkningen nå 7,2 millioner i 2040, med høy nasjonal vekst, høy fruktbarhet, høy levealder, middels innenlandsk flytting og høy innvandring.

Ved *LLML* alternativet vil aldri folketallet nå 6 millioner i dette århundre, med lav nasjonal vekst, lav fruktbarhet, lav levealder, middels innenlandsk flytting og lav innvandring.

Alternativene med *HHMH* og *LLML* er ytterpunktene av hovedalternativet *MMMM* og blir derfor ikke tatt med videre i detalj i denne oppgaven annet enn som sammenligning.

Sammenhengen mellom befolkningsutviklingen og hvordan elektrisitetsforbruket utvikler seg med antall bygninger og størrelsen på disse i forhold til areal er betydelig. I tillegg til hvordan man ønsker forholdene inni husholdningene i forhold til utetemperaturen. Nedenfor i de videre underkapitlene vil dette bli nærmere studert med befolkningsutviklingen som en underliggende driver.

Det er stor usikkerhet knyttet til befolkningsutviklingen og hvordan sammensetningen av befolkningen vil bli i Norge. Hvordan forutsetningene blir lagt til grunn er det store utslag på i de ulike befolkningsscenarioene. Den største usikkerheten er knyttet til faktoren om innvandring, som igjen fører med seg usikkerhet ang fruktbarhet. Levealder og utvandring kan endre seg betydelig i forhold til hva man tenker seg i dag.

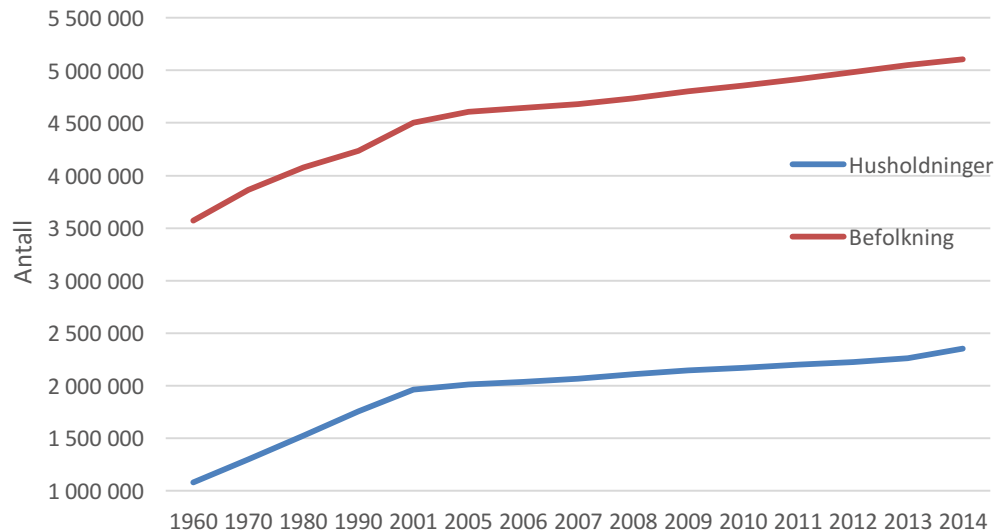
Usikkerheten i befolkningsframskrivingene øker jo lengre frem i tid man vurderer, og når det skal bli framskrevet for mindre områder, slik som fylker, vil usikkerheten øke mer.

3.3.2 Bygningsmasse

Antall husholdninger i Norge vokser og er en stor driver for elektrisitetsforbruket. Antall husholdninger økte kraftig fra 1960 og frem til rundt 1990. Dette kom av en kraftig økning av befolkningsmengden. Stagnasjonen av den bratte utviklingen etter 1990 kom av økt innvandring og trenden med at de bor flere sammen er økende, enn nordmenn som bor færre per husholdning.

Statistisk sett bor det færre personer per enhet og beregningene fra SSB viser at dette vil fortsette. Antall aleneboende har økt betraktelig, mens antall flerfamilier har sunket (*Privathushold* 2014).

I figur 5 ser vi utviklingen og når den bratte veksten begynte å avta sammen med befolkningsutviklingen.



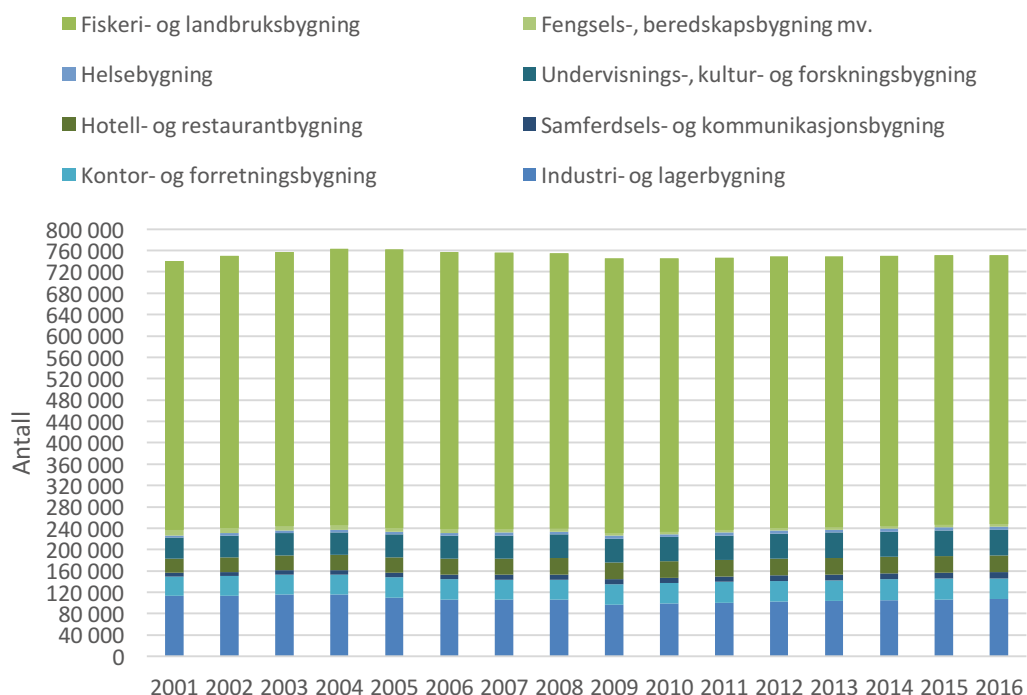
Figur 5 Utviklingen av antall husholdninger og befolkningsutvikling fra 1960 til 2014. Kilde: Statistisk sentralbyrå.

Fremover vil antall husholdninger avhenge av hvordan befolkningsstørrelsen utvikler seg. I 1980 bodde det 2,7 personer per husholdning, mens det i 2014 bodde 2,15 personer per husholdning. Hvis denne trenden fortsetter vil det bo 2,0 personer per husholdning i 2040.

Areal per husholdning er en viktig driver for hvordan elektrisitetsforbruket blir frem i tid, og gjennomsnittet de siste årene har vært 158m²/bolig for enfamiliehus og 93m² / bolig for flerfamiliehus. For å finne trender ser man på historisk utvikling. CenSES forutsetter et gjennomsnittlig areal 164m²/bolig for enfamiliehus og 93m²/bolig for flerfamiliehus mot 2040. 56 prosent av alle nye boliger mot 2040 forventes å være enfamiliehus og de resterende 44 prosent flerfamiliehus.

For at energibruken og elektrisitetsforbruket skal bedre seg på de eldre bygningene er det anslått av både Vestlandsforskning og CenSES rapporten at renoveringsraten er 2,0 prosent årlig og rivningsraten er antatt til 0,3 prosent årlig (Rosenberg & Espegren 2014).

Yrkesbygg fordeler seg ulikt regionalt i Norge, det er en naturlig sammenheng. Der befolkningen er, der vil yrkesbygg være og utbyggingen av areal og økt elektrisitetsforbruk beveger seg i takt med tilflytting og økonomisk vekst. Nedenfor i figur 6 ser vi utviklingen av yrkesbygg i antall per 1000 fra 2001 til 2015 på hvordan ulike type bygg har utviklet seg. Figuren viser en jevn utvikling.



Figur 6 Utviklingen av ulike type yrkesbygg fra 2001 til 2016. Kilde: Statistisk sentralbyrå.

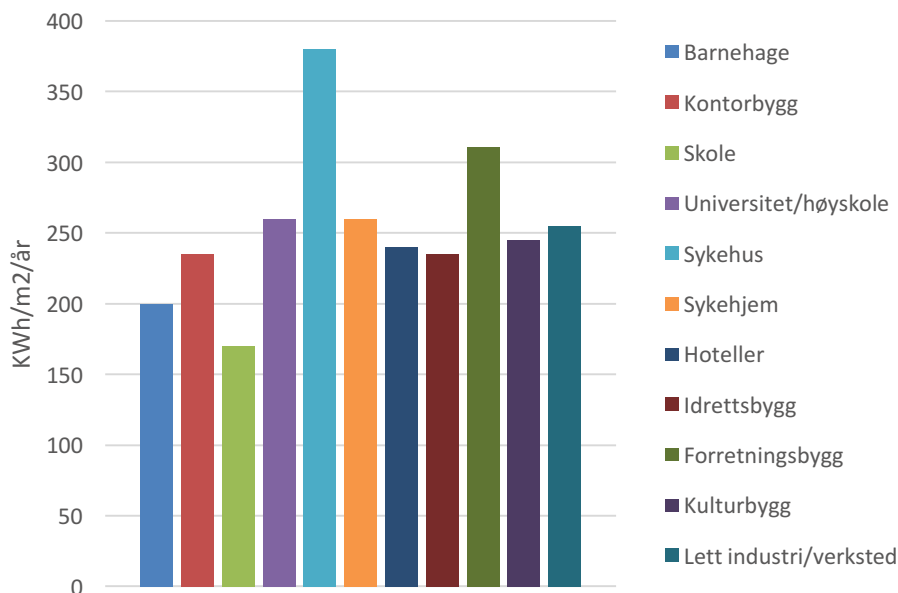
Som grafen viser er det undervisningsbygg-, kultur- og forskningsbygninger sammen med kontor og forretningsbygninger som har høyest antall, utenom Fiskeri- og landbruksbygninger. Kontorer og forretningsbygg sammen med sykehus er den kategorien som totalt sett benytter seg av mest energi. Noe som kommer av høyt areal og nest høyest spesifikk energibruk. Industri- og lagerbygninger har nesten like mye areal og bruker mer energi til oppvarming og spesifikke formål (Langseth 2016).

Areldata er usikre for yrkesbygg, for nybygg er statistikken noe bedre. Man antar gjerne at det er en sammenheng mellom befolkningsutviklingen og arealutviklingen, men arealet per innbygger har i perioden fra 2000 til 2013 vokst mer enn befolkningsveksten. I tabellen nedenfor er fordelingen av de ulike yrkesbyggene per innbygger.

Tabell 3 Areal per innbygger i 2013 og årlig vekst i areal per innbygger i utvalgte perioder. Kilde: CenSES rapporten, Rosenberg & Espegren (2014)

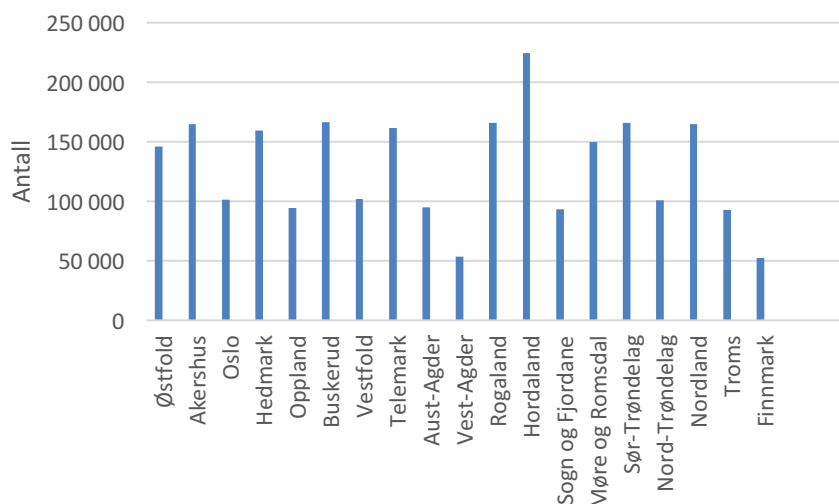
	Areal per innbygger, m ² /1000 personer	Årlig vekst	
		2000-2013	2007-2013
Kontor	5,98	0,48%	0,64%
Undervisning	3,97	1,09%	0,89%
Varehandel	6,78	0,77%	0,70%
Hotell	1,28	0,90%	0,95%
Helse	2,23	0,74%	-0,07%
Annet(idrettsanlegg, vaskerier osv.)	1,17	4,11%	3,11%
Totalt service	21,36	1,05%	0,90%
Totalt service 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

Energiforbruket til ulike kategorier yrkesbygg er vanskelig å tallfeste, men NVE har laget en rapport med et utvalg av bygg og funnet et representativt forbruk for byggene. Nedenfor er resultatet, og det er tydelig at sykehus og forretningsbygg ligger høyest.



Figur 7 Yrkesbygg sitt representative forbruk i kWh/m²/år. Kilde: NVE, Analyse av yrkesbygg.

Fylkesvise forskjeller på yrkesbygg er store. Det avhenger av om det er store byer, større tettsteder eller om befolkningsantallet er av en størrelse som tilser at det trengs ulike yrkesbygg. Det fylkesvise antallet vises nedenfor og her ser vi store ulikheter mellom fylkene.



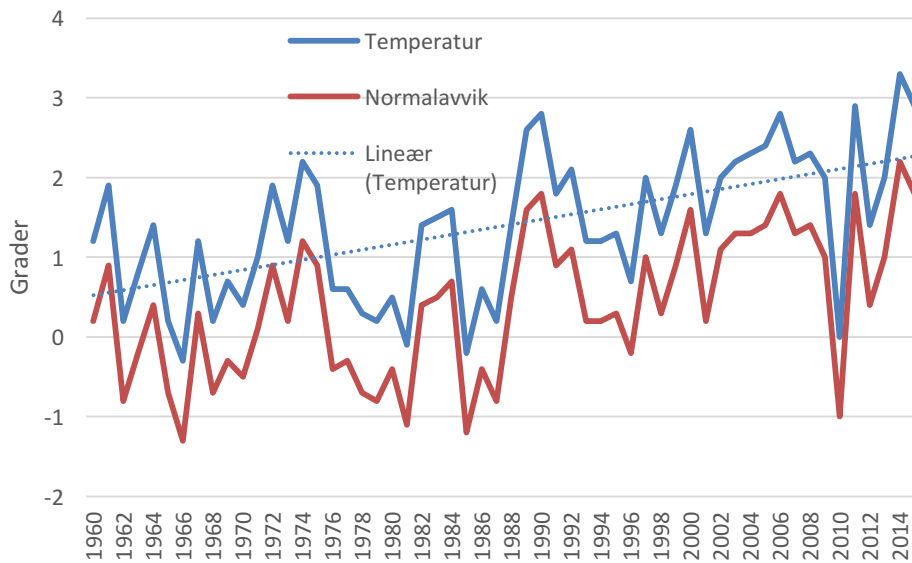
Figur 8 Antall yrkesbygg i 2015 fordelt per fylke. Kilde: Statistisk sentralbyrå.

Det var et antall på 90 millioner kvadratmeter i 2010 av yrkesbygg og det antas et snitt på 1,6 *befolkningsveksten i 2016 og 1,0 fra 2025 og fremover for å finne arealet på yrkesbygg i 2040.

Det har blitt valgt å bruke lik vekstrate innenfor alle næringsgruppene, selv om byggeforskrifter og forskjeller mellom type bygg er ujevn. Samtidig blir det antatt en renoveringsrate på 1,5 prosent og på 2,0 prosent per år tilsvarende et renoveringsintervall på 50år. Rivningsraten antas å være lav, 0,5 prosent. Historisk sett har forbruket innenfor energibruk i yrkesbygg holdt seg stabil, uten veldig store variasjoner de siste 25 årene (Rosenberg & Espegren 2014).

3.3.3 Utetemperaturen

Utviklingen av klimaet siden 1960 viser at gjennomsnittstemperaturen på landsbasis har økt jevnt. Klimaet som en driver for elektrisitetsforbruket og spesielt utetemperaturen spiller en viktig rolle. Kalde og varme dager påvirker forbruket ulikt med hvor og hvordan elektrisiteten blir benyttet, om det er til oppvarming eller nedkjøling av bygninger. Nedenfor i figur 9 vises temperaturutviklingen i Norge fra 1960-2014. Her ser vi hvordan temperaturen har økt i Norge i forhold til normalavviket. Den lineære temperaturtrenden er stigende som vi ser av den stiplede linjen. Fra 1960 til 2014 har temperaturen økt med rundt 1,7grader.



Figur 9 Figuren viser hvordan temperaturen (den blå linjen) har variert fra 1960 til 2014. Den røde streken viser hvordan normalavviket har vært. Den stiplede blå linjen viser den lineære trenden for temperaturutviklingen. Kilde: Meteorologisk institutt.

Klima i Norge 2100 er en rapport som er utgitt av Norsk klimasenter som omhandler prognoser frem mot 2100. Rapporten ser på hva fremtidig klimaendringer kan bety og dermed viktig å se i sammenheng med de relasjonene vi har i dag, sammen med endringer vi har opplevd tidligere. Rapporten består av alt som omhandler klima, men her blir fokuset på utetemperaturen. Denne rapporten er laget med tall og prognoser fra flere hold som FNs klimapanel og meteorologisk institutt. Analyser fra historiske klimaobservasjoner fra perioden 1961-1990 er basen for fremtidig utviklingsmodeller. Rapporten ser først på prognoser for utviklingen av klimaet i Norge og våre nærområder og deretter på historisk utvikling. Rapporten er delt opp i tre perioder frem i tid, de første 10-20årene, deretter en periode fram mot midten av dette århundre og siste periode mot slutten av 21.århundre. Ved å dele det opp slik får man lettere oversikt over hva som er menneskelig påvirkning og hva som er naturlige svingninger i naturen.

Rapporten bygger på tre skisser for klimaframskrivninger fram mot slutten av århundret. Den første lavframskriving forutsetter at den globale middeltemperaturen ikke øker med mer enn 2 °C i forhold til det temperaturnivået som var på 1900 tallet. Den andre bygger på middels framskriving og den tredje bygger på en høy framskriving relatert til spennet i eksisterende klimaframskrivninger. Det er en del usikkerhet knyttet til de ulike scenarioene for framtidig menneskeskapte utslipp, men også hvordan naturen vil utvikle seg sammen med usikkerhet rundt data.

Klimautviklingen i nær fortid, 1980 og frem til i dag og hvordan den vil utvikle seg mot 2030 bygger på tall fra referanseperioden 1961-1990, men med den neste trettiårsperioden fra 1979-2008 ser man ulikheter: Årsmiddeltemperaturen har økt fra 0,5 til 0,6°C på landsbasis. Det er mest sannsynlig at disse endringene mellom periodene er forårsaket av naturlig klimavariabilitet, men også menneskelig aktivitet. Den nye trettiårsperioden er derfor noe mer riktig å benytte ved framskriving, men blir allikevel ikke benyttet siden den globale fastsatte normalperioden er fra 1961-1990.

De regionale klimaframskrivingene baserer seg på flere scenarioer med tanke på utslipp, hvordan klimaet responderer på utslippene og beregninger med større geografisk detaljrikdom. Dette gjør framskrivingene usikre sammen med forenklinger av modeller. Usikkerhetene er større på lokal enn på global skala. Temperaturøkningen i Norge ved å se på årsmiddeltemperaturen anslås å øke med 2,3 til 4,6°C innen 2100. Vinterhalvåret har den høyeste temperaturøkningen og i Finnmark vil årsmiddeltemperaturen øke mest. Her er det en økning på 3,0 til 5,4°C (Hanssen-Bauer et al. 2009).

Klima og utetemperaturer er en viktig variabel for hvordan energibruket utvikler seg, og hvordan man benytter ulike oppvarmingstjenester eller nedkjølingstjenester. Norge har blitt delt inn i ulike regioner hvor temperaturen har utviklet seg relativt likt siden 1900. I figur 10 ser man inndelingen og tabell 4 viser hvordan temperaturen har forandret seg fra 1900-2008.



Figur 10 Temperaturregioner i Norge. Kilde: Meteorologisk institutt.

Tabell 4 Temperaturtabell for perioden 1900-2008. Utviklingen av temperaturen i de ulike regionene.
Kilde: Meteorologisk institutt.

Region	1	2	3	4	5	6	Norge
År	0,08	0,05	0,10	0,10	0,06	0,07	0,08
Vinter	0,04	0,04	0,09	0,08	-0,04	0,04	0,07
Vår	0,11	0,07	0,11	0,13	0,13	0,12	0,11
Sommer	0,06	0,03	0,06	0,08	0,07	0,05	0,06
Høst	0,08	0,07	0,10	0,11	0,06	0,08	0,08

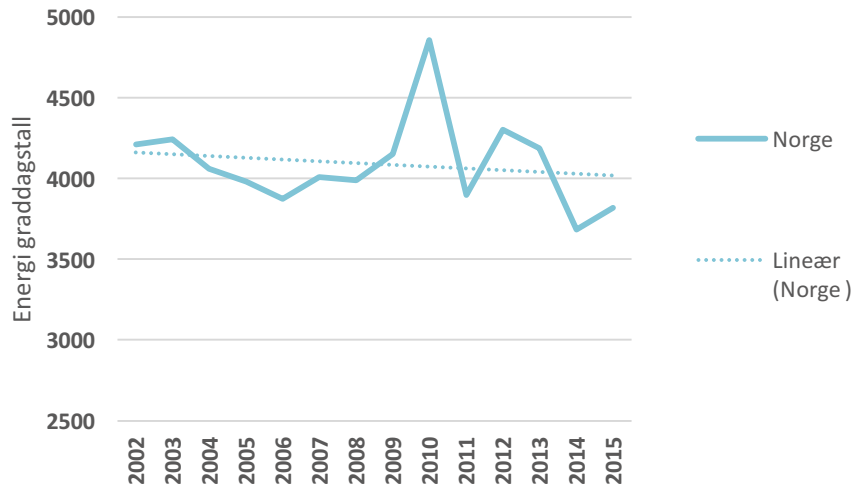
Frem i tid og mot 2040 er det flere scenarioer på hvordan temperaturen vil utvikle seg. Klimasimuleringer har blitt gjort ved flere nasjonale og internasjonale forskningsprosjekter. Alle scenarioene viser størst oppvarming i nordlige regioner, spesielt om vinteren. Sør-Norge er den delen av Norge som får størst oppvarming på vinteren, men også noe på høsten. Landsdekkende trend er at oppvarmingen om sommeren er lavest.

De ulike scenarioene blir kalt for høy, middels og lav temperaturframskriving. M er gjennomsnittet av middelverdien, H er gjennomsnittet av regresjonsanalysens 90-prosentiler og L er gjennomsnittet av 10-prosentilen (Hanssen-Bauer et al. 2009).

I vedlegg 2 er temperaturframskrivingen presentert i en tabell med de ulike scenarioene på regionsnivå og nasjonalt nivå. M-framskrivingen gir trender som er 3-6 ganger så høye som forrige århundre. Når dette blir sammenlignet med normalperioden 1961-1990 fram til i dag, ser man at de observerte trendene er like som framskrivingene. Dette kan komme av høye vintertemperaturer som har sammenheng med variasjoner i atmosfæren som igjen kan være knyttet til klimavariasjoner (Benestad & Hanssen-Bauer 2009).

Alle framskrivinger viser at antall dager som er kalde og frostdager vil avta. I kystnære strøk vil dager med nullgradspassing avta med 10 til 60 prosent. Når man ser på innlandet og fjellområder ser man endringer på -10 prosent til 10 prosent. Det vil bli en flytting på dager under null grader fra vår/høst til vinter og derfor vil endringer per sesong være større (Hanssen-Bauer et al. 2009).

Energigraddagstall kan sees som et mål for energibehov til oppvarming. Med de temperaturframskrivingene som blir anslått ser det ut til at graddagstall vil avta over tid. Et typisk kaldt år som 2010 ser vi at graddagstallet er høyt, mens i 2014 som var et varmt år er tallet lavt.



Figur 11 Energigraddagstall i Norge fra 2002-2015. Kilde: Enova.no

Ser man på fylkesnivå er det Finnmark som jevnt over har ligget høyt og Rogaland som har ligget lavt, de siste 13 årene (*Graddagstall* 2015).

Energigraddagstall har blitt beregnet i perioden 1957-2014 som fører til en tidsserie på 59 år. Tidsserien viser tydelig hvordan energi har blitt brukt til oppvarming. Årssummen på 3685 graddagstall i 2014 er den laveste som noen gang har blitt beregnet siden 1957. Det er en synkende trend fra 1985, men det har vært store variasjoner. Som tidligere nevnt var 2010 et kaldt år, siden 1985 er det den tredje høyeste med et energigraddagstall på 4857.

Når man ser på fylkene er avvikene fra 1981-2010 meget jevne i 2015. Spredningen er på så lite som 8 prosent mellom 85 prosent og 92 prosent. De største avvikene har Østfold, Akershus, Oslo og Vestfold (Aune 2016).

Husholdningssektoren benytter mye elektrisitet og som nevnt tidligere er forbruket av elektrisitet i toppen av verden. Det høye elektrisitetsforbruket kommer av høyt forbruk av elektrisitet til oppvarming av rom og varmtvann. Dette gjelder også for yrkesbygg.

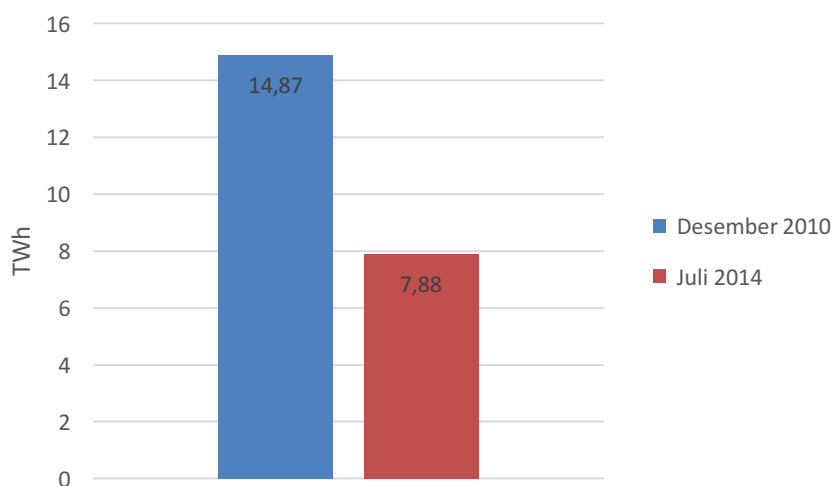
Det er jevnt over kaldere i Norge i forhold til mange andre land som en av faktorene for høyt elektrisitetsforbruk og elektrisitetsforbruket avhenger av temperatur for oppvarming av husholdningene og yrkesbygg.

I 2010 var det et forbruk på 130,4 TWh på landsbasis, noe som er det høyeste forbruket siden 1974 (*Nøkkeltall 1974-2012* 2012). Desember 2010 var en kald måned med flere kulderekorder og middelmånedstemperaturen lå langt under normalen, noen steder helt opp til 10 grader (*Iskald julemåned i hele Norge* 2010).

2014 var et unormalt varmt år med et forbruket på 124,8 TWh og vi ser at temperaturen har en sammenheng med forbruket.

Desember 2010 hadde en gjennomsnittstemperatur på -10,6 grader og juli 2014 var en unormal varm måned med en gjennomsnittstemperatur på 14,5 grader (Meteorologisk Institutt 2011) (Meteorologisk Institutt 2014).

Nedenfor i figur 12 ser vi ulikheten i forbruket av elektrisitet i den varme og kalde måneden. Forbruket gjelder alle sektorer og alle strømkrevende produkter.



Figur 12 Samlet elektrisitetsforbruk på alle sektorer ved en varm og en kald måned på nasjonalt nivå.
Kilde: Statnett.no, forbruk og produksjon

Temperaturtrenden anslås å øke mot 2040, som vil føre til at elektrisitetsforbruket vil synke i forhold til oppvarming av bolig, men øke noe på grunn av nedkjøling av boliger ved spesielt høye temperaturer.

3.3.4 Energieffektivisering og teknologisk utvikling

Det har blitt iverksatt en rekke politiske instrumenter for å få husholdninger og tjenesteytende sektor til å gå fra fossilt brensel til fornybar energi, og ikke minst øke energieffektiviseringen. Byggeteknisk forskrift TEK10 og fremtidig TEK bestemmelser som TEK17, klimameldinger og en rekke EU-direktiver er med på å støtte oppunder energieffektivisering sammen med energiavgifter, regler i byggeforskrifter, offentlige anbefalinger, investeringssubsidier, elektrisitetspriser og informasjonskampanjer.

Norske husholdninger og yrkesbygg har mulighet til å benytte seg av flere typer oppvarmingsutstyr. De ulike oppvarmingsutstyrene innenfor elektrisitet er

varmeovner, varmekabler, luft-luft varmepumpe og varmegjenvinning. Hele 96 prosent hadde elektrisk oppvarming i 2012 og har holdt seg stabilt siden 1993. Samtidig hadde 70 prosent oppvarmingsutstyr basert på biobrensel eller olje og 15 prosent hadde et oppvarmingssystem basert på vannbåren varme. Etter 2008 hadde hele 42 prosent av de bygningene som ble bygd vannbårent system, men det er allikevel store variasjoner. Eneboliger og boliger som ligger fritt benytter mer biobrensel, olje eller gass, over 90 prosent, mens blokkleiligheter kun 28 prosent. Mange blokkleiligheter har vannbårent system basert på sentralfyr, som fjernvarme og varmepumpe (Bøeng et al. 2014).

Siden 1993 har det vært en stor utvikling innenfor bruk av varmepumpe. I 1995 var det rundt 0,5 prosent som hadde varmepumpe av husholdningene og utviklet seg til 4 prosent i 2004, men i 2012 var det hele 28 prosent av husholdningene som hadde varmepumpe. I dag er det over 600 000 varmepumper i drift.

Samtidig har det blitt mer vanlig med varmegjenvinning som i 2006 var på 5 prosent og økte til 9 prosent i 2012. Elektriske ovner er redusert fra 94 prosent i 1993 til 82 prosent i 2012. Mens varmekabler i gulv har økt betraktelig de siste årene fra rundt 50 prosent i 1993 til 75 prosent i 2012.

Varmepumper er mest vanlig i eneboliger, deretter rekkehus, mens det i leiligheter er mest vanlig med sentralfyring. Generelt er det varmeovner og varmekabler som benyttes til oppvarming.

Når man ser på variasjonen av oppvarmingsutstyr avhengig av husholdningsmedlemmer så ser man at det er store variasjoner. Dette har sammenheng mellom at flerfamiliehusholdninger gjerne bor i blokk, mens enkelte familier gjerne bor i eneboliger eller rekkehus. Varmekabler, varmegjenvinning og luft-luft varmepumper er mindre vanlig i flerfamiliehusholdninger enn i større enfamiliehus. Elektriske varmeovner er like vanlig i store og små husholdninger. For å redusere elektrisitetsforbruket og energieffektivisere bygg er det mange som har etterisolert og 40 prosent har skiftet vinduer i 2012.

Nyere bygg fra rundt 2008 har bedre isolasjon og flere lyspunkter med LED-teknologi på grunn av TEK-standarder (NVE 2014). Adferd kan gi betydelige utslag i energibruken avhengig av hvordan innetemperatur man foretrekker og om man er opplyst om nye tiltak for energibesparing. Fyringssesongen avhenger om det er kalde eller varme år, samtidig som det kan avhenge av om man bor i en enfamiliehusholdning eller flerfamiliehusholdning (Bergesen et al. 2012).

Det er forventet at energibehovet for romoppvarming gradvis vil avta i tiden fremover på grunn av utetemperatur, bygninger renoveres og det bygges hus etter nye tekniske standarder. TEK 15 som blir til TEK17 følger bestemmelser i forhold til hvordan et bygg skal bli bygd. Disse forskriftene ser på hvordan utearealet på best mulig vis blir ivaretatt, som plassering, sikkerhet, naturpåkjenninger, grad av utnytting og hvor høyt energiforbruket skal være per kvadratmeter. Den neste TEK17 som vil komme, er det et mål om at bygg som bygges fremover skal være mot passivbygg og nullenergibygge. Endringer er fortsatt til høring og noe usikkert hvordan de nye bestemmelse nøyaktig vil bli (TEK17 2015).

Passivbygg benytter seg av mye mindre energi enn dagens bygninger gjør, 25% mindre energibehov er standarden. Navnet passivbygg kommer fra at energibehovet tilpasses etter tiltak som er passive. Ekstra isolasjon og tetthet i vegger, gulv og tak som er betydelig mer enn dagens standard blir benyttet i passivbygg. Vinduene benytter seg av solenergi og bør ligge mot syd og benytter gjenbruk av varmen som kommer fra ventilasjonsanlegget som oppvarming. Passivbygg benytter seg ikke av ny teknologi, men mye planlegging må til for at det skal bli så passivt som mulig. Lys og varme fra sola må tas hensyn til for oppvarming og at sommerhalvåret ikke skal bli for varmt. Kravet for at et bygg skal kunne defineres som et passivbygg, er blant annet at oppvarmingsbehovet ikke skal overstige 15kWh/per m² og år. Disse byggene er noe dyrere, noe som fører til at det ikke blir bygd mange husholdninger. Derimot bygges det flere yrkesbygninger med passiv tilpasning. Dette kommer av at man skal være en miljøbevisst bedrift og dermed få et bedre rykte (TEK17 2015). Plussbygg på den andre siden blir bygd slik at de genererer mer energi enn det bruker gjennom hele livssyklusen. Derfor kan disse husene ses på som energiprodusent og ikke energiforbruker. Solfangere, solceller, vindmøller og varmepumper som benytter seg av grunnvarme er mest utbredt for produksjon av elektrisitet. For at disse byggene skal kunne bli bygd som planlagt må det la seg gjøre å levere overskuddselektrisitet tilbake til strømmettet. For at det i dag skal fungere må de forholde seg til de samme reglene som mikrokraftverk, men det jobbes med en endring slik at tilknytningen skal bli lettere (Langseth et al. 2014). Den teknologiske utviklingen innenfor AMS og Smartnett er viktig for å kunne regulere elektrisitetsforbruket. AMS, automatisk måle- og styringssystem, innebærer at man måler forbruket ved enhver anledning og sender inn forbruket til nettselskaper. Dette fører igjen til at kunder slipper å lese av forbruket selv og

avlesningen blir mer nøy. Dette blir innført på nasjonalt nivå fra 1.januar 2019.

Igjen får kunden informasjon om priser, hva man har i forbruk og når dette forbruket er høyest i forhold til lavest (AMS 2015).

Forbruket ligger gjerne høyest mellom kl8 og kl10 på dagen og synker gradvis både innenfor husholdninger og yrkesbygg utover kvelden, men gjør hopp når man kommer hjem fra skole og jobb på ettermiddagen i husholdningene.

Det er derfor ønskelig å redusere forbruket når trykket på overføringsnettene er høyest og gir derfor forbrukeren beskjed om dette.

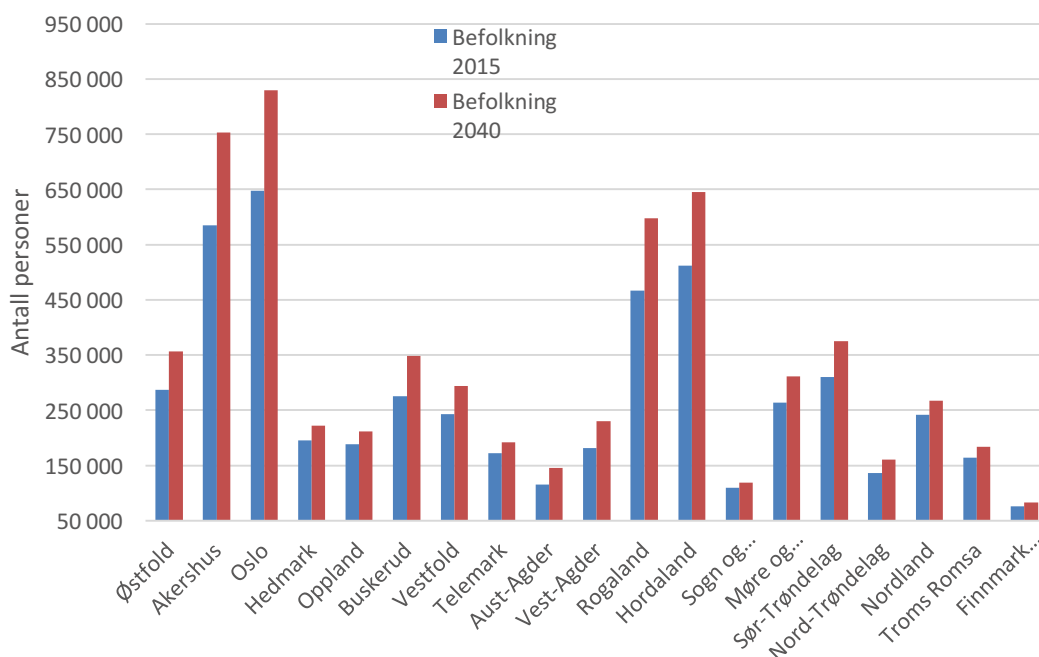
Elektriske apparater og teknisk utstyr blir stadig mer energieffektive og den teknologiske utviklingen øker, samtidig som antallet elektriske artikler øker i husholdninger og yrkesbygg. Energimerking av utstyr er en utvikling som har ført til at forbruker blir mer bevisst ved handel av elektriske artikler som oppvaskmaskin, stekeovner, TV/media og kjøleskap som i enkelte tilfeller har ført til en halvering av forbruket.

Glødepæren har gradvis forsvunnet fra det norske markedet og fra 1.september 2013 ble det forbudt å importere og selge glødepæren, i 2016 vil det komme skjerpede krav til halogenpæren. LED-pærer skal inn på markedet, men grunnet høyere pris, men til gjengjeld lengre levetid og bedre lys, har den ikke slått helt igjennom enda. Hvis en husholdning med 25 lyspærer bytter ut 5 40W glødepærer mot 3W LED-pærer, vil den samlede energibruken til belysning reduseres med over 200 GWh per år (Langseth et al. 2014).

3.4 Scenarier for drivere av elektrisitetsforbruk i husholdningssektoren mot 2040

3.4.1 21-prosent-scenariet for elektrisitetsforbruket

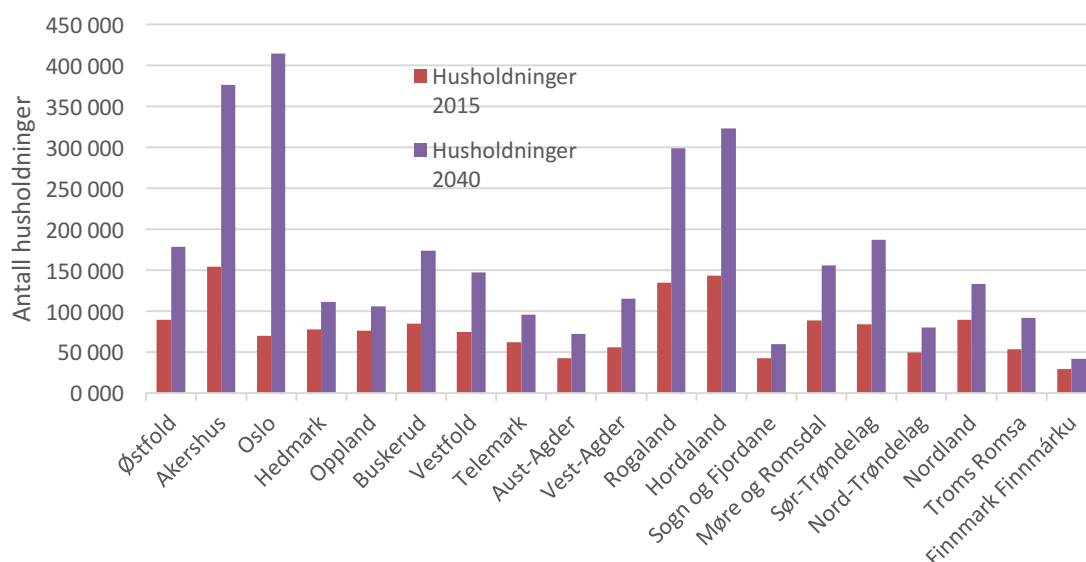
Med 21-prosent scenariet, vil befolkningen nå 6 324 000 i 2040. Fordelt på de ulike fylkene ser vi utviklingen nedenfor i figur 13. Utviklingen ser vi fører til økt befolkning i fylker med større byer og generell vekst i alle fylker i forhold til 2015 tall.



Figur 13 Befolkning i de ulike fylkene 2015 i forhold til 2040. Kilde: Befolkningsframskriving, Statistisk sentralbyrå.

Med lik trend innenfor antall personer i hver husholdning vil $6\,323\,563/2,0$ pers per husstand = $3\,162\,000$ husholdninger nasjonalt.

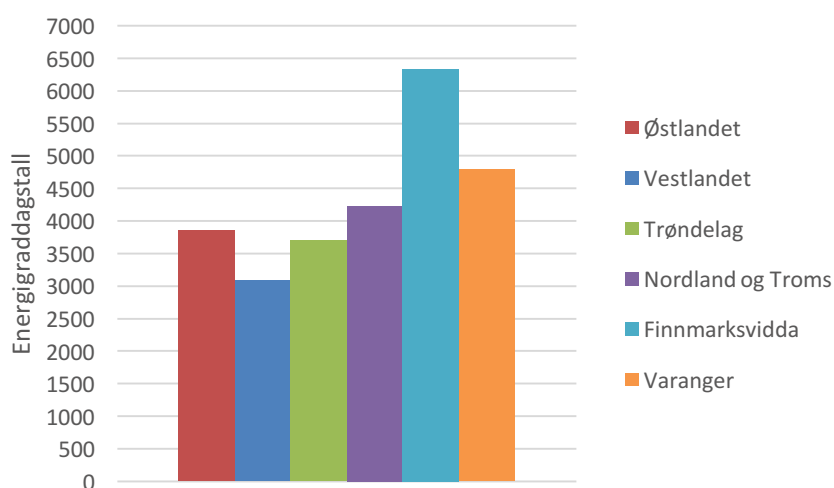
Befolkningsstørrelsen i de ulike fylkene i Norge vil utvikle seg noe ulikt avhengig av til- og fra flytting fra landet og mot og rundt byer og tettsteder. Dette ser vi klart i figur 14 nedenfor. Antall husstander vil spesielt øke i Oslo og Akershus, sammen med Hordaland, Rogaland og Sør- Trøndelag.



Figur 14 Antall husholdninger i ulike fylker i 2015 i forhold til 2040. Kilde: Statistisk sentralbyrå.

Arealet på husholdningene øker totalt fra ca.264 mill. m² i 2015 til ca.420 mill. m² i 2040. Det vil være 1,1 prosent nybyggrate i 2040, noe som er en nedgang fra 2011 hvor det var på 1,9 prosent (Rosenberg & Espegren 2014). En økning på ca 2,1 mill. enfamiliehusholdninger og ca 1,1 mill. Flerfamiliehusholdninger.

Energigradtall er indikatorer på oppvarmingsbehovet. Går vi ut fra temperaturframskrivningene i vedlegg 2 og M-nivået, kan man regne ut middels energigraddagstall for 2040. Energigraddagstall har blitt regnet ut fra de ulike temperaturregionene til meteorologisk institutt. Figur 15 viser ulikhetene i temperaturregionene. Som vi ser av figuren er det de nordligste områdene som har høyest antall energigraddagstall opp mot 6500. Vestlandet har det laveste på rundt 3000. Dette viser forskjellen på oppvarmingsbehov i de ulike områdene i Norge.



Figur 15 Energigraddagstall for de ulike temperaturregionene for 2040. Kilde: klima.no, døgnnormaler-tabell 1961-1990.

Videre med de antakelsene og forutsetningene som er beskrevet ovenfor vil energimerkedirektivet og byggeforskrifter føre til bedre teknologi og energieffektivisering, som igjen vil føre til at energibruken på samme mengde utstyr på sikt vil gå ned. Det er vanskelig å framskrive forbruket av elektriske artikler og hvordan energikrav vi vil bli stilt ovenfor i 2040. Med antakelser om at belysning vil bli mer energieffektiv og renovering av boliger vil øke sammen med energieffektivisering, så vil det føre til en nedgang i elektrisitetsforbruket per enhet, men siden befolkningsutviklingen øker og antall husholdninger øker i antall og kvadratmeter, vil dette føre til en total økning av elektrisitetsforbruket. Når man ser på boligmassen under ett med fire formål for elektrisitet som romoppvarming,

varmtvann, lys og annet el. spesifikt, så vil dette reduseres på grunn av lavere energibehov til både nye og renoverte boliger.

3.4.2 38-prosent -og 13-prosent scenariet for elektrisitetsforbruket

De to ulike scenarioene for utviklingen av elektrisitetsforbruket i hver sin ytterkant av 21-prosent scenarioet blir ikke nærmere analysert her, men tatt med som ytterpunkter i forhold til 21-prosent scenarioet for å se hvordan utviklingen kan bli mot 2040 og som sammenligning. Det antas en god økning i høyscenariet med befolkning, husholdninger og yrkesbygg. I lavscenarioet vil det være en lavere vekst av befolkningen og dermed ikke en like stor vekst av husholdninger og yrkesbygg.

Kapittel 4: Scenarier for elektrisitetsforbruket i husholdningssektoren i Norge i 2040

4.1 Scenarier for elektrisitetsforbruket i husholdningssektoren i 2040

4.1.1 Scenarier for forutsetninger for elektrisitetsforbruket i 2040

Tabellen viser de ulike forutsetningene for videre beregning av elektrisitetsforbruket i 2040. Scenarioene viser hvordan driverne utvikler seg i forhold til hverandre og hvordan driverne henger sammen i 2015 og 2040

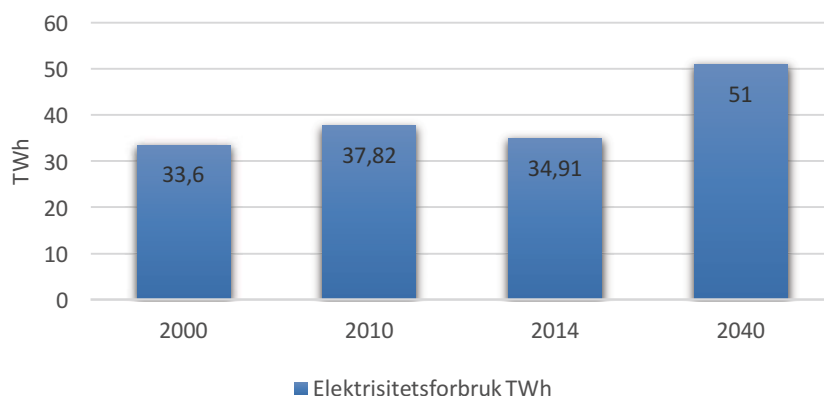
Tabell 5 Viser hovedforutsetningene for videre beregninger for elektrisitetsforbruket i 2040 med de ulike scenarioene.

Scenarier	Befolkning	Husholdninger	Areal	Energigraddagsdager
38-prosent	7229156	3614500	479861020	3688
21-prosent	6323563	3162500	419853500	3688
13-prosent	5752295	2876150	381837674	3688
2015	5213985	2316647	284947581	3819

4.1.2 Elektrisitetsforbruket i husholdningssektoren i Norge i 2040

Utviklingen av befolkning og husholdninger er betydelig fra 2015 til 2040.

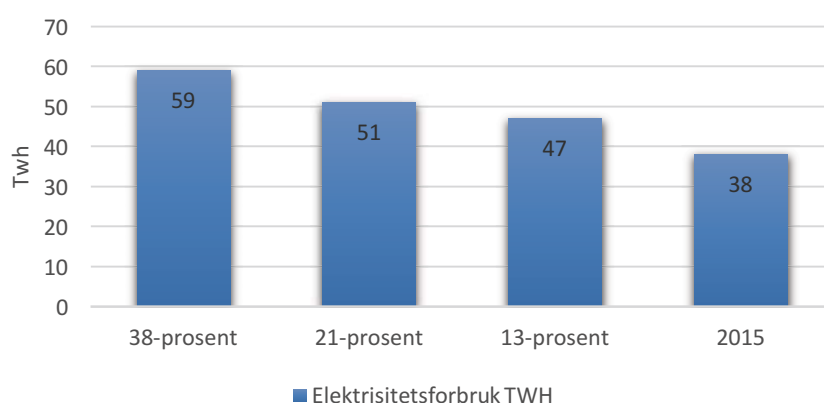
Antall husholdninger øker mer enn befolkningen i 2040 i forhold til 2015. Dette kommer av, som nevnt tidligere, antall personer per husholdning synker. Antallet husholdninger vil øke til 3,16mill i 2040 fra 2,32mill i 2015 i 21-prosent scenarioet. Forbruket til husholdningene varierer. Nedenfor ser vi hvordan forbruket har variert fra år 2000 og hvordan det vil bli i år 2040. Dette er med 21-prosent scenarioet når det kommer til befolkningsutviklingen. Som vi ser vil det være en økning på 17, 4 TWh fra år 2000 til 2040 på nasjonalt nivå. Resultatet for 2040 er beregnet med vektet energigraddagstall på nasjonalt nivå fra normalperioden og med temperaturframskrivningstall.



Figur 16 Elektrisitetsforbruket (TWh) på nasjonalt nivå og ved 21-prosent scenarioet. Kilde: Statistisk sentralbyrå og egne beregninger (2040)

Med de ulike scenarioene 38-prosent, 21-prosent og 13-prosent vil forbruket av elektrisitet endre seg. Som vi ser vil elektrisitetsforbruket øke med befolkningsøkning i de ulike scenarioene. Økt befolkning fører til økt antall husholdninger, areal per husholdning og elektriske apparater fører til ulikt forbruk. Forskjellen mellom år 2015 og 2040 sees tydelig. Det har i denne figuren blitt benyttet likt energigraddagstall og samme prosentandel for ulike husholdningstyper og byggestandard. Det er bare antall husholdninger som er forskjellig avhengig av befolkningen i figuren nedenfor.

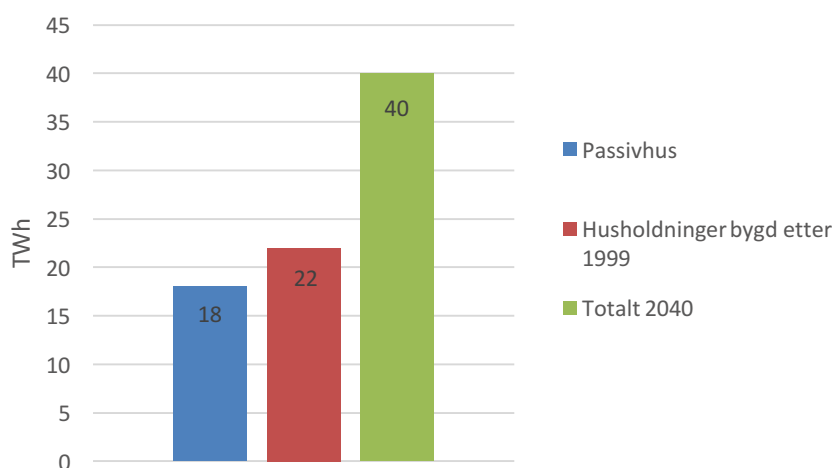
De ulike scenarioene som er beregnet med likt energigraddagstall viser hvor stor påvirkning antall husholdninger har, og hvor viktig det er at disse husholdningene er energieffektive, og at den teknologiske utviklingen fører frem til et mindre forbruk.



Figur 17 Elektrisitetsforbruket i husholdninger med de tre ulike scenarioene sammen med året 2015. Alle har likt energigraddagstall og sammensetningen av en-og flerfamiliehusholdninger er lik. Ulikheten er antall husholdninger.

4.1.3 Hovedscenario med passivbygg og husholdninger bygd etter 1999 i 2040

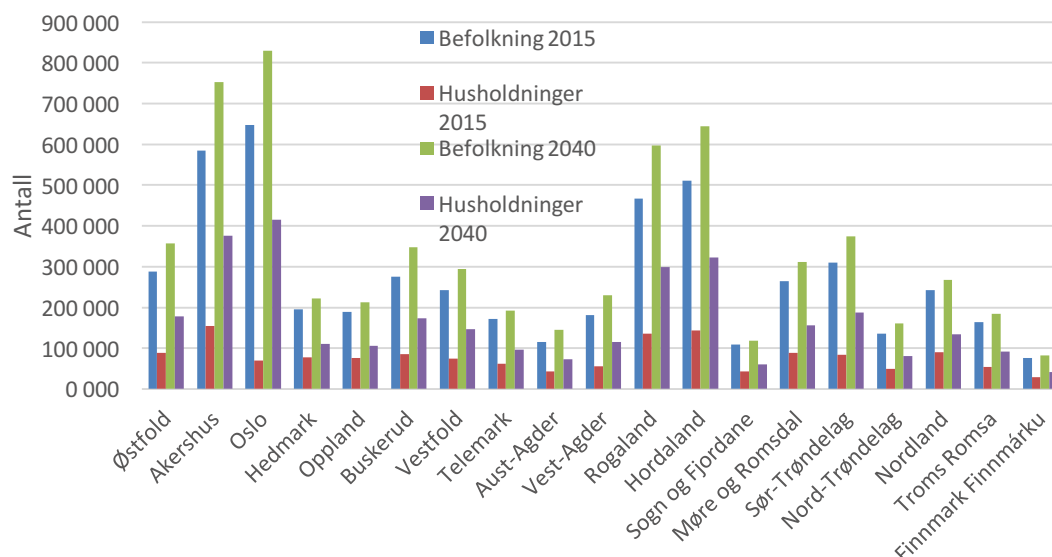
Med et scenario hvor husholdninger med sentralelektrisk oppvarming blir satt til 0 prosent, husholdninger med sentral varmpumpe blir satt til 15 prosent og husholdninger med andre sentrale oppvarmingssystemer blir satt til 40 prosent vil elektrisitetsforbruket blir justert i forhold til de andre resultatene. I tillegg en husholdningsmasse på 50 prosent bygd etter 1999 og 50 prosent passivbygg vil forbruket bli som figuren nedenfor viser. Husholdningene bygd etter 1999 vil ha et forbruk på 22TWh og passivhusene vil ha et forbruk på 18TWh. Figuren viser en betydelig reduksjon av forbruket målt mot 21-prosentscenarioet på 51TWh.



Figur 18 Elektrisitetsforbruket ved passivhus og husholdninger bygd etter 1999, med fordeling på 50-50prosent i 2040.

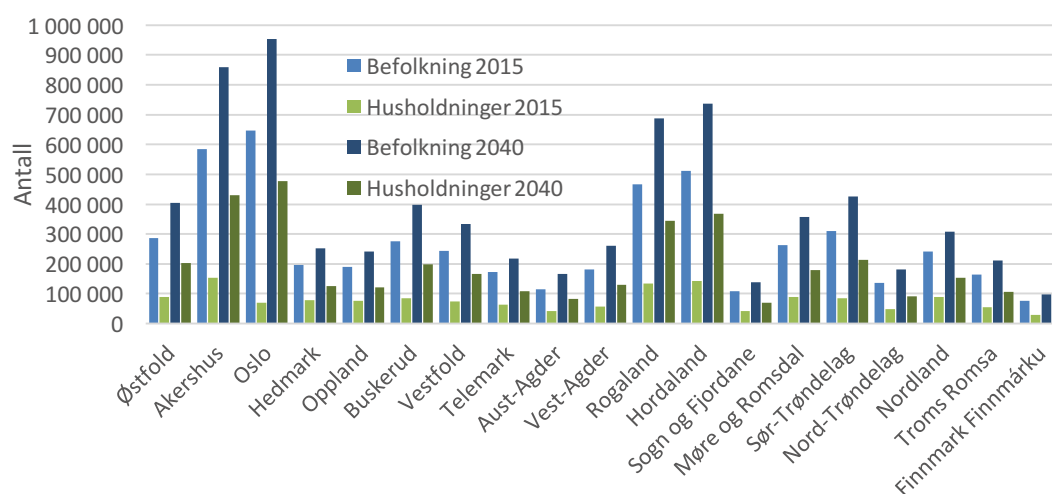
4.1.4 Regionale forskjeller i husholdningssektoren i 2040

Med de ulike variablene som har blitt beskrevet i avsnittet om bygningsmasse og avsnittet om befolkningsutviklingen vil antallet husholdninger utvikle seg som vist i figuren nedenfor. Figur 19 viser ulikhetene mellom fylkene og befolkningsutviklingene sammen med antall husholdninger.



Figur 19 Antall husholdninger i perioden 2015 og 2040 fordelt per fylke, sammen med befolkningen i 21-prosent scenarioet. Kilde: Statistisk sentralbyrå

Befolkningsscenarioet til 38-prosent viser ytterpunktet for høyt antall husholdninger. Som vi ser av figuren som omhandler befolkningsvekst og husholdninger ved 38-prosent scenarioet vil det ligge høyere med antall befolkning og husholdninger enn 21-prosent scenarioet.



Figur 20 Antall husholdninger i perioden 2015 og 2040 fordelt per fylke, sammen med befolkningen 38-prosent scenarioet. Kilde: Statistisk sentralbyrå

På fylkesnivå vil variasjonene bli store i 2040. De ulike fylkene vil ha ulike temperaturer og befolkningsutvikling vil utvikle seg forskjellig, og dermed vil elektrisitetsforbruket bli ulikt.

Tabell 6 Elektrisitetsforbruk i husholdninger per fylke ved 21prosent scenarioet sammenlignet med elektrisitetsforbruket i 2014

Fylke:	Befolkning	Antall husholdninger	Areal m2	Elektrisitetsforbruk 2040 TWh/a	Elektrisitetsforbruk 2014 TWh/a
Østfold	357 000	178 500	23697660	2,92	2,04
Akershus	753 000	376 500	49984140	6,16	4,14
Oslo	829 000	414 500	55029020	6,79	3,76
Hedmark	222 000	111 000	14736360	1,82	1,60
Oppland	212 000	106 000	14072560	1,74	1,77
Buskerud	348 000	174 000	23100240	2,85	2,26
Vestfold	294 000	147 000	19515720	2,41	1,87
Telemark	192 000	96 000	12744960	1,57	1,44
Aust-Agder	145 000	72 500	9625100	1,19	0,88
Vest-Agder	230 000	115 000	15267400	1,88	1,27
Rogaland	598 000	299 000	39695240	4,63	3,38
Hordaland	645 000	323 000	42881480	5,01	3,72
Sogn og Fjordane	119 000	59 500	7899220	0,92	0,83
Møre og Romsdal	311 000	155 500	20644180	2,41	1,95
Sør-Trøndelag	375 000	187 500	24892500	3,04	2,22
Nord-Trøndelag	160 000	80 000	10620800	1,3	1,07
Nordland	267 000	133 500	17723460	2,24	2,28
Troms	184 000	92 000	12213920	1,55	1,57
Finnmark	83 000	41 500	5509540	1,52	0,82
Totalt	6 324 000	3 162 500	419 853500	51,95	34,91

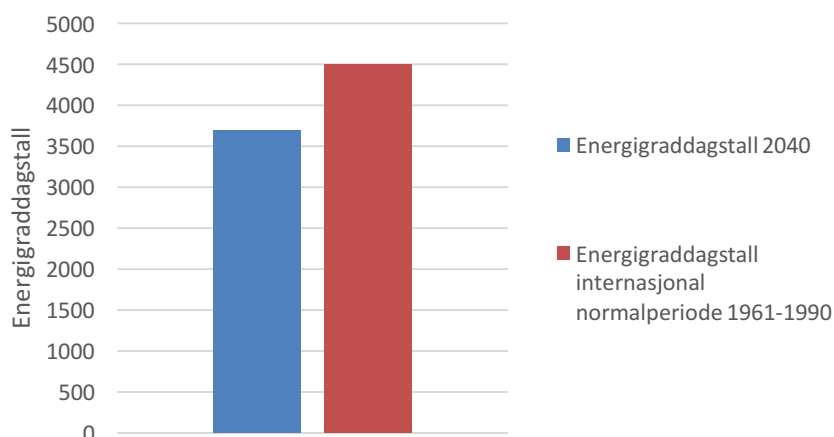
Tabellen viser forskjeller i fylkene og de fleste fylkene vil få et økt forbruk i 2040. Til- og fraflytting fører til forandringer i tillegg til de ulike driverne. Det vil være Oslo og Akershus som vil ha det høyeste forbruket med en økning på henholdsvis 3,03TWh/a og 2,02TWh/a sammen med Hordaland 1,29TWh/a, Rogaland 1,25TWh/a og Sør-Trøndelag 0,82TWh/a. Dette er fylker med større byer og tettsteder med tilflytting.

4.1.5 Forskjellen mellom varme og kalde år i 2040 i Norge

Med ulik temperatur ute vil oppvarmingsbehovet variere. Ved et kaldt år vil forbruket øke mer enn om det vil være varme år. Trenden for temperaturen er økende, men de siste årene har det vært veldig varierende temperaturer.

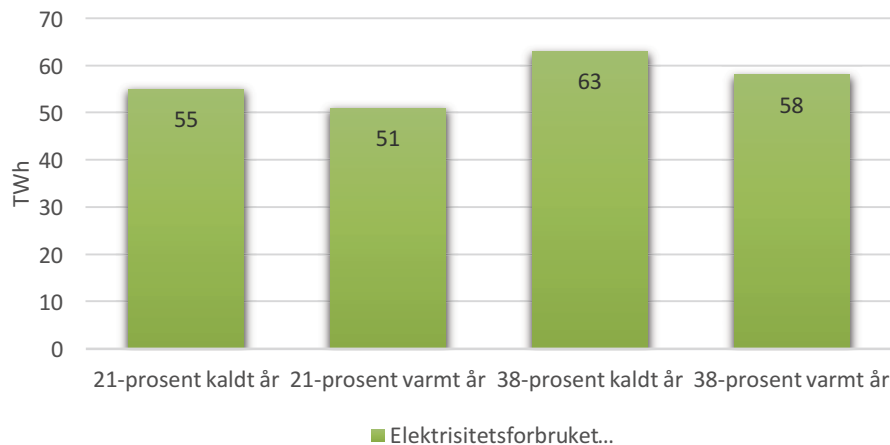
Energigraddagene endres med temperatursvingninger. Figuren viser hvordan vektet energigraddagstall kan være i 2040 i forhold til den internasjonale normalperioden.

Av figuren ser vi at energigraddagstallene synker fra normalperioden.



Figur 21 Energigraddagstall fra den internasjonale normalperioden 1961-1990 i forhold til det vektete energigraddagstallet for 2040 for Norge.

I figuren nedenfor vil året 2040 bli beregnet ut fra hvordan elektrisitetsforbruket vil variere, om det er et kaldt eller varmt år sammen med 21-prosent scenarioet og 38-prosent scenarioet. Det er en tydelig forskjell på hvordan elektrisitetsforbruket varierer mellom kalde og varme år, antall husholdninger og befolkningen. Ved 38-prosent scenarioet ved et varmt år ligger elektrisitetsforbruket høyere enn hva det er på et kaldt år med 21-prosent scenarioet. Dette fører til økt krav til overføringslinjer og man må vurdere forsyningssikkerheten. Ved å se på disse ytterpunktene kan man beregne fremtidig maksbehov for elektrisitet og dermed bygge ut overføringslinjer deretter.



Figur 22 Elektisitetetsforbruket i husholdninger ved varmt og kaldt år i 2040 Energigraddagstall fra 2010 ved kaldt år og 2014 ved varmt år.

4.2 Scenario for elektisitetetsforbruk i yrkesbygg i 2040

Yrkesbygg sitt elektisitetetsforbruk drives av arealet som igjen blir beregnet ut fra befolkningsveksten. Dette sammen med elektriske apparater og energigraddagstall. Med 21-prosent scenarioet vil befolkningen være på 6 324 000 i 2040. Dette vil gi 127mill. m² areal på yrkesbygg i 2040. Dette vil si en nybyggrate på 0,9 prosent i 2040 (Langseth 2016).

Ser vi på ulike type yrkesbygg vil det være forskjellige forbruk på disse. Vi så tidligere at sykehus og forretningsbygg hadde høyest forbruk i figur 7.

Med et antall på 127 mill. kvadratmeter og et representativt gjennomsnittlig forbruk for alle yrkesbygg på 254kWh/m²/år blir det totalt 32 258 GWh/år på nasjonalt nivå. Med renoveringsraten som har blitt fastbestemt, så antas det at disse byggene vil bruke 20 prosent mindre energi til oppvarming enn andre bygg. Siden mange bedrifter er opptatt av sitt rykte og miljøhensyn er det en antakelse om at elektisitetetsforbruket vil gå ned med nybygg som er av passivbygg-standard. Det er usikkert hvor mye elektrisk utstyr som vil være i bruk i 2040 og dermed vanskelig å anta forbruket nøyaktig. Arealet av bygningene ser ut til vil øke og derfor vil forbruke til oppvarming og belysning øke. I figur 15 så vi hvordan energigraddagstallene sannsynligvis kan være i de ulike temperaturregionene i 2040. Disse tallene forteller hvilke ulikt behov for oppvarming det vil bli i fylkene. Yrkesbygg har ikke blitt beregnet videre fordi det er usikre tall, men antakelsene til utviklingen vil være som nevnt tidligere med de driverne som har blitt belyst.

Kapittel 5: Diskusjon

5.1 Diskusjon

Elektrisitetsforbruket i husholdningssektoren vil sannsynligvis øke betydelig fram mot 2040 i forhold til dagens forbruk. De viktigste årsakene til dette er økt antall husholdninger og boligareal som følge av befolkningsvekst og redusert antall personer per husholdning. Andre studier fra nasjonalt nivå har også fokusert på antall personer per husholdning og hvordan dette påvirker elektrisitetsforbruket. Itard og Meijer (2008) fant en sammenheng mellom antall personer per husholdning og at forbruket avhenger av arealet, men også avhengig av når bygningen ble bygd i forhold til energieffektivitet og renoveringsbehov. En gjennomsnittlig husholdningsstørrelse på 2,0 personer per husholdning har blitt benyttet for å beregne antall husholdninger i 2040, hentet fra befolkningsframskrivingene til SSB. Det er imidlertid stor usikkerhet om hvordan befolkningsveksten vil utvikle seg og derfor er 21-prosent scenarioet blitt mest benyttet, i stedet for høy-og lav scenarioet. Energieffektivisering og renovering av bygninger har bare blitt med i beregningene i hovedscenarioet, men grunnet usikre tall og antakelser har det ikke blitt tatt med videre i de andre utregningene. Forskjeller mellom regioner har ikke blitt analysert i tidligere studier og det foreligger derfor en del usikkerhet når det kommer til utvikling av antall husholdninger per fylke. Fremtidig gjennomsnitt på 2,0 personer per husholdning, er mest sannsynlig ikke representativt på fylkesnivå fordi det er forskjell på områder med aleneboende og hvor familier bor sammen. Oslo og Akershus sammen med Rogaland og Hordaland vil sannsynligvis få høyest befolkningsvekst og dermed høyest antall husholdninger. Økning av antall husholdninger fører med seg økt husholdningsareal. Husholdningsareal på nasjonalt nivå er sammenligningsgrunnlag med Rosenberg & Espegren (2014) og utviklingen vil være en gjennomsnittlig arealstørrelse. På fylkesnivå har det ikke blitt funnet resultater på ulike arealstørrelser, så utviklingen vil være upresis ved bruk av nasjonale husholdningsstørrelser. I fylker med større byer og tettsteder vil det være flere flerfamiliehusholdninger, enn i fylker med mindre tettsteder hvor enfamiliehusholdninger vil være høyest representert. Arealstørrelsen vil dermed varierer mer fra fylke til fylke, enn hva beregningene viser i denne oppgaven.

Rosenberg & Espegren (2014) benyttet bare 21-prosent, i sine beregninger og har ikke noen beregninger på 38-prosent og 13-prosent scenarioet som også er med i denne oppgaven for å finne ytterpunkter fra 21-prosent scenarioet. Et sammenligningsgrunnlag med andre studier er derfor ikke å oppdrive. Det er en fordel å ta med de to scenarioene fordi det viser hvor høyt og lavt elektrisitetsforbruket kan utvikle seg. Ved alle scenarioene vil det mest sannsynlig bli en økning i elektrisitetsforbruket og viktig å ta med ytterpunkter i planleggingsfaser for fremtid utbygging av overføringslinjer.

Det har blitt beregnet at året 2040 vil bruke 17,4 TWh mer enn året 2000, altså 51TWh. Rosenberg & Espegren (2014) kom frem til et energiforbruket vil øke til 55 TWh mot 2050, men med energieffektiviseringstiltak, kunne forbruket bli redusert betydelig.

En økning på nasjonalt nivå med 17,4TWh fra år 2000 til 2040 i denne oppgaven mot det som har blitt gjort tidligere vil være forskjellig. Dette kan komme av at det har blitt anslått en del konstante faktorer i modellen som har blitt benyttet for teknologisk utvikling og energieffektivisering. I tillegg har det ikke blitt funnet konkrete tall på hvordan elektrisitetsforbruket vil utvikle seg i tidligere studier, derimot energiforbruket totalt sett.

Resultatet i oppgaven har blitt beregnet fra et gjennomsnittlig energigraddagstall som har blitt vektet fra befolkningen og normaltemperaturer som har blitt beregnet sammen med framskrivninger fra SSB. Resultatet blir derfor noe usikkert fordi det er et gjennomsnittlig fremtidig energigraddagstall som påvirker forbruket og høy usikkerhet til befolkningsutviklingen, men et godt gjennomsnitt av hvordan elektrisitetsforbruket kan bli med de forutsetningene som har blitt tatt.

Forskjeller på elektrisitetsforbruket avhenger av de ulike befolkningsscenarioene til SSB, elektrisitetsforbruket vil øke og minke avhengig av et høyt og et lavt befolkningsscenario. Det har ikke blitt gjort tidligere beregninger på de to scenarioene og det er derfor et vanskelig sammenligningsgrunnlag for resultatene. Resultatet stemmer i takt med de andre forutsetningene som er tatt i betraktning og usikkerheten rundt resultatet på henholdsvis 59TWh og 47TWh, vil være de samme som i 21-prosent scenarioet med resultatet på 51TWh.

I hovedscenarioet ble elektrisitetsforbruket beregnet med 50 prosent av husholdningene bygd etter 1999 og 50 prosent av husholdningene som passivbygg. Elektrisitetsforbruket ble da på 40TWh på nasjonalt nivå. Dette er en reduksjon på 11TWh fra det opprinnelige forbruket til 21-prosent. Anslaget på bygningsmassen 50-50 prosent var for å tydeliggjøre effekten med passivbygg og nyere bygninger, i forhold til en bygningsmasse bestående av eldre husholdninger. Det vil fortsatt være bygninger bygd før 1999 i 2040, selv med renovering vil det føre til økt elektrisitetsforbruket enn hva dette resultatet viste. Ved dette resultatet er det tydelig at passivbygg og nyere bygninger med byggeforskrifter som er nøye regulert har betydning på elektrisitetsforbruket. Prosentandelene som ble benyttet for oppvarming er anslåtte tall og resultatet vil trolig bli justert med faktiske tall frem i tid. Endringer i forskrifter rundt oppvarmingskrav til husholdningene kan igjen føre til endringer på resultatet og krav til ikke-elektriskoppvarming. Det er i dag en høyere kostand ved bygg av passivbygg, men ved TEK17 som er under utbedring vil sannsynligvis kostnadene bli justert ned og det vil forhåpentligvis bli mer attraktivt å bygge passivbygg. Dette fører til mer energieffektivisering og redusert forbruk, som vil føre mot en riktig reduksjon av dagens forbruk.

Temperaturøkningen redusere oppvarmingsbehovet. Antall fyringsdager vil sannsynligvis gå betydelig ned mot 2040. A. Kavousian et al.(2013) fant en sammenheng mellom hvor man bodde og hvordan temperaturene utviklet seg, hadde en påvirkning på elektrisitetsforbruket. Scenarioet for antall energigraddagsdager i 2040 er 3688 og for normalperioden 1961 til 1990 4502, en nedgang på 814. Hele 66 prosent av elektrisitetsforbruket blir benyttet til oppvarming av husholdninger og vil med redusert antall energigraddager reduseres. Norges elektrisitetsforbruk vil dermed bli redusert med hensyn til økt temperatur.

De siste årene har det vært store variasjoner i temperaturer og det er derfor framskrevet et resultat for å se hvordan elektrisitetsforbruket vil reagere på varme og kalde år mot 21-prosent scenarioet, og 38-prosent scenarioet, for å kunne se hvordan forsyningssikkerheten kan settes på prøve. Ved et kaldt år med 38-prosent scenarioet vil elektrisitetsforbruket være betydelig høyere enn 21-prosent scenarioet sine beregninger. 38-prosent scenarioet og et kaldt år som man antar kan ligne på året 2010 er noe utenkelig, med hensyn til økte temperatur og en befolkningsvekst som er urimelig høy, men viktig å se på hvordan elektrisitetsforbruket kan bli testet ved

spesielle anledninger. Forsyningskapasiteten må takle ulike scenarioer og utbyggingen av overføringslinjer må tåle belastningen ved spesielle tilfeller.

På fylkesnivå er det store ulikheter på hvordan elektrisitetsforbruket vil utvikle seg. Som nevnt tidligere er det ikke noe sammenligningsgrunnlag for hvordan elektrisitetsforbruket vil være på fylkesnivå frem til 2040, og derfor usikkert hvordan disse resultatene stemmer.

Det har blitt benyttet framskrivningstall fra meteorologisk institutt, SSB og anslåtte tall som Rosenberg & Espegren (2014) har beregnet for å finne disse resultatene. Den samme fremgangsmetoden har blitt benyttet for å beregne resultatene som de nasjonale. Energigraddagstallet er likt i de fylkene som ligger innenfor den samme temperaturregionen som meteorologisk institutt har laget. Denne inndelingen i temperaturregioner er et gjennomsnitt og per fylke er det store temperaturforskjeller på høy og lavlandet. Fordelingen av husholdninger vil også fordele seg ulikt i de forskjellige fylkene og fører til usikkerhet rundt nøyaktigheten ved denne gjennomsnittsberegningen av husholdninger. Det er derfor noe usikkert hvor presise tallene for elektrisitetsforbruk vil være, men forskjellen mellom de ulike fylkene vil føre til en oversikt over fremtidig forbruk. Forskjellene mellom elektrisitetsforbruket kan bli utgangspunktet for fremtidig planlegging av hvordan de regionale forskjellene vil være i 2040. Forskjellen som er vist mellom 2040 og 2014 viser en betydelig forskjell mellom visse fylker. Tallene som er fra 2014 inneholder både elektrisitetsforbruk i husholdninger og for jordbruket, så er noe høyere enn hva det faktiske forbruket til husholdningene er.

Essensen ved funnene viser at tallene er usikre, men kan bli benyttet for å planlegge elektrisitetsforbruket frem i tid. Ved et varmt år og ved et kaldt år, er det store forskjeller og arealet som skal bli oppvarmet variere med tanke på den demografiske fordelingen og befolkningsutviklingen. Forskjellen mellom fylker og hvordan befolkningsutviklingen er, bør ha høyest fokus på utbygging av nett og forsyningssikkerhet som sees tydelig i tabellen som fordeler fylkene og elektrisitetsforbruket i henholdsvis 2040 og 2014.

Endringer i elektrisitetsforbruket med hensyn til alder på bygninger har bare blitt belyst i hovedscenarioet med 50 prosent av husholdningene bygd etter 1999 og 50 prosent av husholdningene som passivbygg. Resultatet viste tydelig forskjell på

byggtekniske forskrifter før og etter 1999. Ved de andre resultatene har ikke renoveringsforbedringer blitt inkludert og hvordan energieffektivisering påvirker elektrisitetsforbruket i betydelig grad. Det har i denne oppgaven blitt benyttet en del konstante og antatte tall for oppvarmingssystemer og det har blitt beregnet et gjennomsnitt på husholdninger i ulike perioder det har blitt renovert, bygd og husholdningens areal. Det vil derfor ikke være noen konkrete resultater på dette, slik som Santin et al. (2009) fant i deres artikkel.

Sammenhengen mellom yrkesbygg og husholdninger er de samme driverne for elektrisitetsforbruk. På grunn av usikre tall og lite som er tilgjengelig for beregninger, ble det ikke tatt med yrkesbygg i resultatkapitlet.

Antall bygninger og areal vil øke i takt med befolkningsutviklingen og man vil også trenge oppvarming og elektrisitet til byggene. Yrkesbygg som sykehus og forretningsbygg var de som benyttet mest energi og slik vil det mest sannsynlig også være fremover i framtiden, selv med energieffektivisering.

Elektrisitetsforbruket vil sannsynligvis øke proporsjonalt med befolkningsveksten, og de demografiske utviklingstrekkene som i dag med tilflytting til tettsteder og byer vil videreføres til utbygging av yrkesbygg og dermed elektrisitetsforbruket.

Landsbygda vil bli mer fraflyttet og yrkesbyggene vil bli mer sentralisert.

Utviklingen innenfor husholdningssektoren og yrkesbygg er dermed nokså lik.

Elektrisitetsforbruket i industrien har ikke blitt beregnet i denne oppgaven, men er viktig for det totale forbruket og en viktig variabel å ta med i planleggingsfasen for fremtidige overføringslinjer. Elektrisitetsforbruket i industrien er en betydelig sektor.

Kraftkrevende industri og lett industri er store pådrivere for økt forbruk i deres produksjon. Energieffektivisering innenfor industrien vil redusere forbruket.

Overføringslinjer til industrien er viktig blir inkludert i planleggingsfasen grunnet generelt høyt forbruk og områder med industri gjerne er tilknyttet større befolkningsområder hvor forsyningssikkerheten allerede er betydelig.

Ut fra diskusjonen er det flere områder og temaer som det kan jobbes videre med.

Område innenfor energieffektivisering og teknologisk utvikling er et område som er stort og omfattende. Denne oppgaven har ikke tatt med energieffektivisering, annet enn når bygninger har blitt bygd og noen oppvarmingssystemer, og byggeforskrifter i hovedscenariot.

Videre kan man beregne nøyaktig forskjeller på arealet i de ulike fylkene med tanke på bygningsmasse. I denne oppgaven ble det beregnet at fremtidig arealutvikling ville være lik i hele landet med forskjeller på en-og flerfamiliehusholdninger, noe det mest sannsynlig ikke vil være fremover i tid eller i dag.

Det kan arbeides videre på energigraddagstall, siden det her har blitt benyttet både et vektet gjennomsnitt for nasjonal utvikling og beregnet et gjennomsnitt for de ulike temperaturregionene. Det er forskjell på fylker med topografi og derfor vil et gjennomsnitt være noe upresist.

Det er mye arbeid som kan legges til grunn for at tallene skal bli mer presise og forutse fremtiden bedre, men mye av de tallene man har i dag er usikre for fremtiden og anslagene for utviklingen av elektrisitetsforbruk vil bli deretter.

Yrkesbygg har ikke blitt beskrevet nøye i denne oppgaven med konkrete resultater. Dette er et område det kan forskes videre på og samle inn flere grunnleggende data for å finne utviklingen frem i tid. Yrkesbygg er en viktig bidragsyter for økt elektrisitetsforbruk og derfor viktig å beregne forbruket for denne sektoren.

Industriens utvikling innenfor elektrisitetsforbruk er i tillegg en sektor som videre arbeid kan føre til et mer helhetlig og presist elektrisitetsforbruk på nasjonalt og fylkesnivå mot 2040. Resultatene er viktig for behovet for ny fornybar energi i Norge og for overføringskapasiteten mellom regioner.

5.2 Konklusjon

Denne oppgaven har sett på de ulike driverne for elektrisitetsforbruk og kommet frem til at dette er en sammensatt sektor med flere direkte og indirekte drivere. Befolkningsutviklingen er den indirekte driveren som fører til økt elektrisitetsforbruk i forhold til økt antall bygninger og samlet areal. En anslått trend om 2,0 personer per husholdning i 2040 fører til en større vekst av husholdninger, enn dagens gjennomsnittlige husholdningsstørrelser. Økte utetemperaturer vil i motsetning medføre lavere energigraddagstall, som vil føre til et lavere behov for oppvarming. Energieffektivisering og den teknologiske utviklingen vil føre til at bygninger vil bruke mindre energi i fremtiden enn i dag, bli mer effektive i forhold til elektrisitetsforbruket og benytte energien på best mulig måte.

På nasjonalt nivå vil elektrisitetsforbruket i husholdningssektoren øke betraktelig med en økning på 16,3 TWh i forhold til dagens nivå i 21-prosent scenarioet og med

hovedscenarioet vil det øke med 5,1TWh. Dette er en betydelig økning og viktig å ta med seg videre i planlegging av fremtidig produksjon og forbruk.

På regionalt nivå vil også elektrisitetsforbruket øke, men spesielt rundt byene vil forbruket øke på grunn av tilflytting til byer og fraflytting fra landet. Det vil derfor føre til enda større regionale forskjeller i fremtiden enn hva det er i dag.

Det er en sammenheng mellom utviklingen av elektrisitetsforbruket for yrkesbygg og husholdningssektoren. Arealet forandrer seg i takt med befolkningen og temperaturutvikling er en pådriver for hvordan oppvarming av arealet utvikler seg og hvordan forbruket vil bli. Etterspørselen etter elektriske artikler øker i takt med økonomien og fører til et merforbruk ved bedret økonomi.

Behovet for elektrisitet blir ofte beregnet overfladisk med nasjonale tall, men regionale ulikheter fører til at man ser hvor forsyningssikkerheten bør bli tatt spesielt hensyn til og hvor det bør flest for fremtidig planlegging av overføringslinjer.

Ulikhetene på regionalt nivå er store og fører til ulikt behov for forsyningssikkerhet mot 2040.

Kilder

- Aune, B. (2016). Energi gradtall 2015. *Energi gradtall kommentarer*. Oslo. 7 s.
- Bendiksen, K. (2014). Det norske energisystemet mot 2030. *UiO Energi*. 96 s.
- Benestad, R. E. & Hanssen-Bauer, I. (2009). Warming trends and circulation. *Climate*, 9/2009. Oslo. 17 s.
- Bergesen, B., Groth, L., Langseth, B., Magnussen, I., Spilde, D. & Toutain, J. (2012). Energibruksrapporten 2012-Energibruk i husholdninger. *Energibruksrapporten*, 30/2012. 57 s.
- Brunborg, H. (2014). Befolkningsutvikling. *Økonomiske analyser 2/2014*. Oslo. 9-17 s.
- Bøeng, A. C. (2010). Konsekvenser for Norge av EUs fornybardirektiv. *Økonomiske analyser*, 4/2010. Oslo: SSB. 58 s.
- Bøeng, A. C. (2012). På verdenstoppen i bruk av strøm. *Samfunnsspeilet* 4/2012. 15 s.
- Bøeng, A. C. & Holstad, M. (2013). Fakta om energi, Utviklingen i energibruk i Norge. *Statistiske analyser*, 133. 55 s.
- Bøeng, A. C., Halvorsen, B. & Larsen, B. M. (2014). Kartlegging av oppvarmingsutstyr i husholdningene. *Notater, Documents*, 2014/45. 55 s.
- DGEnergy. (2015). *The european union leading in renewables*: DG Energy. Tilgjengelig fra: <http://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/cop21-brochure-web.pdf> (lest 17.03.2016).
- Dokka, T. H. & Andresen, I. (2012). *Energieffektive boliger for fremtiden - En håndbok for planlegging av passivhus og lavenergiboliger*. Trondheim: SHC Task 28/ECBCS Annex 38: Sustainable Solar Housing.
- Døhl, Ø. (1999). Temperaturenens betydning for energiforbruket. *Økonomiske analyser*. 37 s.
- Energigradtall*. (2009). Tilgjengelig fra: <https://metlex.met.no/wiki/Graddagstall> (lest 01.04.2016).
- Energy outlook*. (2015). Tilgjengelig fra: <http://www.bp.com/en/global/corporate/sustainability/the-energy-challenge-and-climate-change/energy-outlook.html> (lest 19.04.2016).

- Firth, S., Lomas, K., Wright, A. & Wall, R. (2007). Identifying trends in the use of domestic appliances from household electricity consumption measurements. *Elsevier*, 40 (5): 926-936.
- FN, k. (2014). Klima i endring- Store utfordringer, et mangfold av løsninger. *Hovedrapporter*, 5. 26 s.
- Fra TEK10 til TEK17. (2015). Tilgjengelig fra:
<https://www.dibk.no/no/byggeregler/Nyheter-byggeregler/fra-tek10-til-tek17/>
 (lest 10.05.16).
- Graddagstall. (2015). Tilgjengelig fra:
<http://www.enova.no/radgivning/naring/kundenare-radgivere/bygningsnettverket/graddagstall/290/0/> (lest 01.04.2016).
- Hanssen-Bauer, I., H. Drange, E.J. Førland, L.A. Roald, K.Y. Børsheim, H. Hisdal, D. Lawrence, A. Nesje, S. Sandven, A. Sorteberg, et al. (2009). Klima i Norge 2100. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpassing. Oslo.
- Hille, J., Simonsen, M. & Aall, C. (2011). Trender og drivere for energibruk i norske husholdninger. Rapport til NVE. *Vestlandsforskningsrapport*, 13/2011. 110 s.
- IEA. (2013). *World energy outlook 2013*. Frankrike: International Energy Agency. 671 s.
- Iskald julemåned i hele Norge. (2010). Tilgjengelig fra:
<http://www.yr.no/artikkel/iskald-julemaned-i-hele-norge-1.7441557> (lest 28.03.2016).
- Itard, L. & Meijer, F. (2008). *Towards a sustainable Northern European housing stock: Figures, facts and future*. Amsterdam: IOS Press BV.
- Kavousian, A., Rajagopal, R. & Fischer, M. (2013). Determinants of residential electricity consumption: Using smart meter data to examine the effect of climate, building characteristics, appliance stock and occupants behavior. *Elsevier, Energy* 55(2013) 184-194.
- Kipping, A. & Trømborg, E. (2015). Hourly electricity consumption in Norwegian households- Assessing the impacts of different heating systems. *Energy*, 93: 655-671.
- Kipping, A. & Trømborg, E. (2016). Modeling and disaggregating hourly electricity consumption in Norwegian dwellings based on smart meter data. *Energy and Buildings*, 118: 350-369.

- Langseth, B., Magnussen, I. & Spilde, D. (2014). Energibruksrapporten 2013, Fremtidens energibruk i bygninger. *Energibruksrapporten*, 11/2014. 54 s.
- Langseth, B. (2016). Analyse av energibruk i yrkesbygg. *Rapport*, 24-2016. Oslo. 66 s.
- Magnussen, I., Spilde, D. & Killingland, M. (2011). Energibruk, energibruk i Fastlands-Norge. *Energibruk*, 9/2011. 66 s.
- Meteorologisk Institutt. (2011). Været i Norge, klimatologisk månedsoversikt, desember 2010. *Været i Norge*, 12/2010. Oslo. 24 s.
- Meteorologisk Institutt. (2014). Været i Norge, klimatologisk månedsoversikt, juli 2014 *Været i Norge* 07/2014. Oslo. 18 s.
- NVE. (2014). Oppvarming i boliger- Kartlegging av oppvarmingsutstyr og effektiviseringstiltak i husholdningene. *Rapport energibruk*, 85 2014. 65 s.
- Nøkkeltall 1974-2012. (2012). Tilgjengelig fra: <http://www.statnett.no/Drift-og-marked/Data-fra-kraftsystemet/Nokkeltall-1974-2012/> (lest 28.03.2016).
- Privathushold. *Tal for hushaldstype, familiar og personar (SÅ64)*. (2014). Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/212211/privathushald.tal-for-hushaldstype-familiar-og-personar-sa-64>.
- Rosenberg, E. & Espegren, K. A. (2014). CenSES-energiframskrivinger mot 2050. *Rapport Institutt for energiteknikk*, IFE/KR/E-2014/003. 90 s.
- Santin, O. G., Itard, L. & Visscher, H. (2009). The effect of occupancy and building characteristics on energy use for space and water heating in Dutch residential stock. *Elsevier, Energy and buildings* 41(2009): 1223-1232.
- Smarte strømmålere (AMS). (2015). Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/elmarkedstilsynet-marked-og-monopol/sluttbrukermarkedet/smar-te-strommalere-ams/> (lest 20.04.2016).
- SSB. (2014). *Befolkningsframskrivinger, 2014-2100*: SSB. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/befolkning/statistikker/folkfram/aar/2014-06-17> (lest 14.03.2016).
- Summerfield, A., Lowe, R., Bruhns, H., Caeiro, J., Steadman, J. P. & Oreszczyn, T. (2007). Milton Keynes Energy Park revisited: changes in internal temperatures and energy usage. *Energy and Buildings*, 39: 783-791.
- Syse, A. & Pham, D. Q. (2014). Befolkningsframskrivinger 2014-2100: Dødelighet og levealder. *Økonomiske analyser*, 4/2014. Oslo. 50 s.

TEK17. (2015). Direktoratet for byggkvalitet. Tilgjengelig fra:

<http://www.dibk.no/no/byggeregler/tek17/> (lest 05.05.16).

Teknologi, N. (2013). Energibruk i bygg- rammer, krav og muligheter. *Faktahefte* 8. 21 s.

Aase, K., N. & Kaldager, R. V. (2014). Befolkningsframskrivinger 2014-2100: Fruktbarhet. *Økonomiske analyser*, 4/2014. Oslo. 43 s.

Aase, K. N., Tønnessen, M. & Syse, A. (2014). Befolkningsframskrivingene Dokumentasjon av modellene BEFINN og BEFREG. *Notater*, 23/2014. Oslo. 52 s.

Figurliste

Figur 1 Elektrisitetsforbruket fra 1990 til 2014 i ulike sektorer i Norge. Kilde: Statistisk sentralbyrå, energibalansen	3
Figur 2 Ulike typer energiforbruk i norske husholdninger fra 1990 til 2014. Tall vist i GWh. Kilde: Energibalansen, Statistisk sentralbyrå.....	4
Figur 3 Befolkningsutvikling fra 1960 til 2015 i Norge. Kilde: Befolkningsstatistikk, Statistisk sentralbyrå.	17
Figur 4 Befolkningsframskriving basert på scenarioene til SSB. Antall personer. Kilde: Befolkningsutvikling, Statistisk sentralbyrå.	18
Figur 5 Utviklingen av antall husholdninger og befolkningsutvikling fra 1960 til 2014. Kilde: Statistisk sentralbyrå.	20
Figur 6 Utviklingen av ulike type yrkesbygg fra 2001 til 2016. Kilde: Statistisk sentralbyrå.....	21
Figur 7 Yrkesbygg sitt representative forbruk i kWh/m ² /år. Kilde: NVE, Analyse av yrkesbygg.....	22
Figur 8 Antall yrkesbygg i 2015 fordelt per fylke. Kilde: Statistisk sentralbyrå.....	23
Figur 9 Figuren viser hvordan temperaturen (den blå linjen) har variert fra 1960 til 2014. Den røde streken viser hvordan normalavviket har vært. Den stiplede blå linjen viser den lineære trenden for temperaturutviklingen. Kilde: Meteorologisk institutt.	24
Figur 10 Temperaturregioner i Norge. Kilde: Meteorologisk institutt.	25
Figur 11 Energigradtall i Norge fra 2002-2015. Kilde: Enova.no.....	27
Figur 12 Samlet elektrisitetsforbruk på alle sektorer ved en varm og en kald måned på nasjonalt nivå. Kilde: Statnett.no, forbruk og produksjon	28
Figur 13 Befolkning i de ulike fylkene 2015 i forhold til 2040. Kilde: Befolkningsframskriving, Statistisk sentralbyrå.....	32
Figur 14 Antall husholdninger i ulike fylker i 2015 i forhold til 2040. Kilde: Statistisk sentralbyrå.	32
Figur 15 Energigraddagstall for de ulike temperaturregionene for 2040. Kilde: eklime.no, døgnnormaler-tabell 1961-1990.....	33
Figur 16 Elektrisitetsforbruket (TWh) på nasjonalt nivå og ved 21-prosent scenarioet. Kilde: Statistisk sentralbyrå og egne beregninger (2040).....	36

Figur 17 Elektrisitetsforbruket i husholdninger med de tre ulike scenarioene sammen med året 2015. Alle har likt energigraddagstall og sammensetningen av en-og flerfamiliehusholdninger er lik. Ulikheten er antall husholdninger.....	36
Figur 18 Elektrisitetsforbruket ved passivhus og husholdninger bygd etter 1999, med fordeling på 50-50prosent i 2040.....	37
Figur 19 Antall husholdninger i perioden 2015 og 2040 fordelt per fylke, sammen med befolkningen i 21-prosent scenarioet. Kilde: Statistisk sentralbyrå.....	38
Figur 20 Antall husholdninger i perioden 2015 og 2040 fordelt per fylke, sammen med befolkningen 38-prosent scenarioet. Kilde: Statistisk sentralbyrå.....	38
Figur 21 Energigraddagstall fra den internasjonale normalperioden 1961-1990 i forhold til det vektete energigraddagstallet for 2040 for Norge.	40
Figur 22 Elektrisitetsforbruket i husholdninger ved varmt og kaldt år i 2040 Energigraddagstall fra 2010 ved kaldt år og 2014 ved varmt år.....	41

Tabelliste

Tabell 1 Oversikt over nettoforbruket i husholdninger (GWh) og per innbygger i fylkene (kWh) i Norge i 2014. Kilde: Statistisk sentralbyrå	5
Tabell 2 Oversikt over uendret og endrede variabler i modellen.....	10
Tabell 3 Areal per innbygger i 2013 og årlig vekst i areal per innbygger i utvalgte perioder. Kilde: CenSES rapporten, Rosenberg & Espegren (2014).....	22
Tabell 4 Temperaturtabell for perioden 1900-2008. Utviklingen av temperaturen i de ulike regionene. Kilde: Meteorologisk institutt.	26
Tabell 5 Viser hovedforutsetningene for videre beregninger for elektrisitetsforbruket i 2040 med de ulike scenarioene.....	35
Tabell 6 Elektrisitetsforbruk i husholdninger per fylke ved 21prosent scenarioet sammenlignet med elektrisitetsforbruket i 2014.....	39

Vedlegg

Vedlegg 1: Bilde av excelmodellen

	value	unit	component
1			
2	Number of workdays (no weekends or holidays)	250 days	
3	Number of households	3 614 578 households	
4	Number of days per year	366 days	42 742 971 422
5	Number of HDD	3 685 K	11 876 626 849
6	Number of HDD1st	5 K	-13 897 996
7	Households in non-detached houses	44 %	-2 343 063 913
8	Households with 2 adults	61 %	5 223 070 243
9	Households with 3 adults	12 %	2 319 341 642
10	Households with >3 adults	7 %	2 012 994 323
11	Households with 1 child	18 %	676 099 933
12	Households with 2 children	21 %	1 911 594 972
13	Households with >2 children	10 %	1 951 479 946
14	Households with residents > 66 yrs	22 %	891 642 782
15	Households with residents > 20h home	14 %	265 464 020
16	Households with weekend residents	5 %	-477 563 634
17	Number of Saturdays	52 days	107 095 321
18	Number of Sundays or holidays	64 days	300 036 365
19	Number of workdays within schoolbreak	44 days	-9 312 772
20	Households with cold storage	12 %	1 402 523 596
21	Households with other electricity intensive appliances	18 %	1 026 602 894
22	Number of days in February	29 days	-137 483 558
23	Number of days in March	31 days	-702 501 845
24	Number of days in April	30 days	-1 407 475 720
25	Number of days in May	31 days	-1 647 822 940
26	Number of days in June	30 days	-2 093 605 800
27	Number of days in July	31 days	-2 243 034 874
28	Number of days in August	31 days	-2 083 727 496
29	Number of days in September	30 days	-2 037 800 344
30	Number of days in October	31 days	-1 517 705 303
31	Number of days in November	30 days	-823 255 781
32	Number of days in December	31 days	-54 489 491
33	Households with air-to-air heat pump	39,0 %	-2 121 589 380
34	Households in non-detached houses	44 %	-3 477 296 778
35	Households with central electric heating	2 %	218 821 324
36	Households with central heat pump	5 %	-609 239 573
37	Households with other central heating (oil, district heat)	21,6 %	-4 319 431 791
38	Aggregate floor space	479 871 375 m ²	18 466 916 100
39	Households built 1980-1989	10 %	75 646 561
40	Households built 1990-1999	10 %	-95 867 240
41	Households built 1999<	30 %	-1 480 165 176
42	Households mainly using wood burning	33,7 %	-2 680 912 745
43	Households supplementary using wood burning	34,3 %	-605 569 404
44	Modellert forbruk per år (kWh/a)		58 486 114 738 kWh/a
45	Modellert forbruk per år (TWh/a)		58,49 TWh/a

Vedlegg 2: Temperaturframskrivninger fra meteorologisk institutt.

Region	Sesong	Økning (°C) til 2021–50			Økning (°C) til 2071–2100		
		M	L	H	M	L	H
Norge	År	1,9	1,2	2,5	3,4	2,3	4,6
	Vinter DJF	2,3	1,5	3,3	4,3	2,8	6,0
	Vår MAM	1,9	1,2	2,6	3,5	2,3	4,8
	Sommer JJA	1,3	0,8	1,9	2,4	1,4	3,5
	Høst SON	1,9	1,3	2,6	3,5	2,4	4,8
TR-1 Østlandet	År	1,9	1,2	2,6	3,4	2,3	4,8
	Vinter DJF	2,4	1,5	3,5	4,5	2,8	6,5
	Vår MAM	1,7	1,1	2,5	3,2	1,9	4,6
	Sommer JJA	1,3	0,8	2,0	2,5	1,5	3,8
	Høst SON	1,9	1,3	2,8	3,6	2,5	5,1
TR-2 Vestlandet	År	1,7	1,0	2,3	3,1	1,9	4,2
	Vinter DJF	2,1	1,2	2,9	3,8	2,3	5,4
	Vår MAM	1,7	1,0	2,3	3,1	1,8	4,3
	Sommer JJA	1,3	0,7	1,9	2,3	1,2	3,5
	Høst SON	1,7	1,2	2,3	3,2	2,2	4,3
TR-3 Trøndelag	År	1,7	1,2	2,4	3,2	2,2	4,4
	Vinter DJF	2,2	1,4	3,2	4,1	2,6	5,8
	Vår MAM	1,8	1,1	2,5	3,3	2,1	4,6
	Sommer JJA	1,0	0,5	1,6	1,9	1,0	3,0
	Høst SON	1,8	1,3	2,6	3,4	2,3	4,8
TR-4 Nordland/ Troms	År	1,9	1,3	2,5	3,4	2,3	4,6
	Vinter DJF	2,3	1,5	3,3	4,2	2,7	6,0
	Vår MAM	2,1	1,4	2,9	3,8	2,6	5,2
	Sommer JJA	1,2	0,7	1,8	2,2	1,3	3,3
	Høst SON	1,9	1,2	2,5	3,4	2,3	4,5
TR-5 Finnmarks- vidda	År	2,3	1,7	2,8	4,2	3,1	5,2
	Vinter DJF	2,9	2,0	3,9	5,3	3,6	7,1
	Vår MAM	2,3	1,6	3,1	4,3	3,0	5,8
	Sommer JJA	1,5	1,0	2,2	2,8	1,7	4,0
	Høst SON	2,3	1,6	3,0	4,1	2,9	5,5
TR-6 Varanger	År	2,3	1,6	2,9	4,2	3,0	5,4
	Vinter DJF	2,8	1,7	4,0	5,2	3,0	7,3
	Vår MAM	2,6	1,8	3,5	4,7	3,3	6,4
	Sommer JJA	1,6	0,9	2,2	2,9	1,7	4,0
	Høst SON	2,2	1,4	2,8	4,0	2,6	5,2



Norges miljø- og biovitenskapelig universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway