RAPPORT

Nr 89/2018

Dokumentasjon av NVEs energibruksframskrivinger 2016-2035

Synne Krekling Lien, Dag Spilde, Torgeir Ericson

Rapport nr 89-2018
Dokumentasjon av NVEs energibruksframskrivinger 2016-2035

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat
Redaktør: Synne Krekling Lien
Forfatter: Synne Krekling Lien, Dag Spilde, Torgeir Ericson

Trykk: NVEs hustrykkeri
Forsidefoto: iStock.com/Si-Gal
ISBN: 978-82-410-1761-2
ISSN: 1501-2832

Sammendrag: I 2018 ga NVE ut to rapporter om energibruk i Fastlands-Norge om «Strømforbruk i Norge mot 2035» og «Energibruk i Norge mot 2035». Tallene i disse rapportene baserer seg på samme framskriving som ble laget av NVE i perioden 2017-2018. Denne rapporten er en dokumentasjon av hvordan denne framskrivingen ble laget og hvilke forutsetninger og antagelser som er gjort i framskrivingsarbeidet.

Emneord: LEAP energibehov energibruk transport bygg industri landbruk strøm modell TIMES

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Epost: nve@nve.no
Internett: www.nve.no

18.10.2018

Forord

NVE skal ha god kunnskap om kraftforbruk i kraftsystemet, og god innsikt i utviklingen i energibruk fra ulike energibærere, og hvilke faktorer som påvirker denne (OED, 2017). I 2018 utga NVE to rapporter om fremtidig energibruk i Norge: «Strømforbruk i Norge mot 2035» og «Energibruk i Norge mot 2035».

Disse rapportene er basert på den samme framskrivingen, som ble utarbeidet hos NVE i perioden 2017-2018. Framskrivingen er laget i modellene LEAP-Norge og TIMES-Norge og baserer seg på arbeid som er gjort i NVE over flere år. Denne rapporten er en dokumentasjon på hva som ligger bak NVEs framskrivinger av strømforbruk og energibruk for 2016-2035.

Oslo, oktober 2018.

Ingrid H. Magnussen
Fungerende seksjonssjef
Seksjon for energibruk og teknologier

Synne Krekling Lien
Avdelingsingeniør
Seksjon for energibruk og teknologier

Innhold

1 Introduksjon: NVEs framskriving av energibruk i Norge 2
1.1 Hva bruker NVE framskrivingene til? 2
1.2 Framskrivingene er laget ved hjelp av modellverktøy 2
1.3 Sammenligning av Energibruksrapporten og Strømforbruksrapporten 5
1.4 Energibruk i startåret er bestemt av energibalansen fra SSB 6
1.5 Priser, virkningsgrader og levetider er bestemt av «Kostnadsrapporten» 6
1.6 Usikkerhet er illustrert med en vifte i figurene i Energibruksrapporten 6
1.7 Tidligere arbeid i NVE er viktig for antagelsene i analysen 7
2 Bygg 8
2.1 Metodikk for framskriving av energibehov og energibruk til i bygg 8
2.2 Viktige forutsetninger i modellverktøyet for framskriving av energibruk i bygg 9
2.3 Usikkerhet knyttet til framskrivingene av energibruk i bygg 10
3 Transport 11
3.1 Metodikk for fremskriving av energibehov og energibruk til transport 11
3.2 Viktige forutsetninger i modellverktøyet for framskriving av energibruk til transport 12
3.3 Usikkerhet og forbedringsmuligheter knyttet til framskrivingene av energibruk i transport 12
4 Industri, petroleum, landbruk og anleggsbransjen 13
4.1 Metodikk for framskriving av energibehov og energibruk i industri 13
4.2 Viktige forutsetninger i modellverktøyet for framskriving av energibruk i industri 14
4.3 Usikkerhet knyttet til framskrivingene av energibruk i industri 16
5 Referanser 17

1 Introduksjon: NVEs framskriving av energibruk i Norge

I 2018 ga NVE ut to rapporter om energibruk i Fastlands-Norge:

- Strømforbruk i Norge mot 2035 (NVE-rapport 43 2018)
- Energibruk i Norge mot 2035

Tallene i disse rapportene baserer seg på samme framskriving. Framskrivingen ble laget av NVE i perioden 2017-2018.

Denne rapporten er en dokumentasjon av hvordan denne framskrivingen ble laget og hvilke forutsetninger og antagelser som er gjort i framskrivingsarbeidet.

1.1 Hva bruker NVE framskrivingene til?

Framskrivingene av energibruk brukes til flere formål hos NVE:

- Framskrivingen av strømforbruk brukes inn i langsiktig kraftmarkedsanalyse og til kontrollstasjon for elsertifikatordningen
- Framskrivingen av energibruk brukes til analyser av fornybarbrøken.
- Framskrivingene brukes også til å svare på andre oppgaver under NVEs mandat knyttet til årlig energibruk og strømforbruk i fremtiden.

1.2 Framskrivingene er laget ved hjelp av modellverktøy

NVE har framskrevet energibruken, energibehovet og strømforbruket i Norge. Disse begrepene er definert som følger i prosjektet:

> **Energibehov** kalles også for nyttiggjort energi og er den energimengden som sluttbrukeren trenger for å dekke sitt behov når man ikke tar hensyn til systemets virkningsgrad eller tap i energikjeden (Standard Norge, 2014). Eksempler på energibehov er: Den energien som trengs for å drive dieselbilen fremover - men ikke varmetapet i motoren. Den varmen vi trenger for å varme opp et rom uten å ta hensyn til hvilken oppvarmingsteknologi som skal benyttes. Energibehovet måles ikke, men er en teoretisk størrelse for hvor mye energi man trenger hvis man antar at virkningsgradene til teknologiene vi bruker er 100 prosent.
>
> **Energibruk** er den energien som må tilføres et system for å utføre et arbeid og dekke ulike tap i systemet. Eksempler på energibruk er: Den mengden energi i form av diesel som brukes for å drive en bil fremover, og dekke varmetapet i motoren. Eller energien i den mengden ved som må brennes i en ovn for å holde ønsket romtemperatur og dekke tapene i forbrenningen av veden. Med andre ord er energibruk den mengden energi som må kjøpes eller tilføres systemet.
>
> **Strømforbruk** er delen av energibruken som dekkes av strøm.

Framskrivinger av energibruk lages ved hjelp av modeller. NVE har brukt modellverktøyene LEAP og TIMES for å framskrive energibehov, energibruk og strømforbruk i Fastlands-Norge for perioden 2016 til 2035.

LEAP-Norge er en modell som NVE har bygget opp i programmet LEAP. LEAP-Norge framskriver både årlig *energibehov og energibruk* i Norge.

LEAP er en programvare for energiplanlegging som er mye brukt internasjonalt. I LEAP-Norge fremskrives årlig energibehov og energibruk for hvert Elspot-område i Norge fra 2016 til 2050. Energibehovet i LEAP-Norge er inndelt i sju sektorer: «Husholdninger», «Tjenesteyting», «Industri», «Transport», «Bygg og anlegg», «Jordbruk» og «Petroleum/energi»

Framskrivingene i LEAP-Norge gjøres ved hjelp av bottom-up scenarioanalyse. Det vil si at LEAP-Norge framskriver energibruk og energibehov basert på scenarioer som legges inn for ulike parametere. LEAP-Norge optimaliserer ikke, men framskriver energibehovet og energibruken basert på det som er lagt inn i scenarioene i modellen. Energibruken framskrives ved at man legger inn scenarioer for hvilke teknologier som brukes for å dekke energibehovet fremover. Ettersom LEAP-Norge ikke tar økonomiske hensyn i valg av teknologier er det ikke ønskelig å bruke LEAP-Norge alene til framskriving av energibruk.

NVEs LEAP-modell (LEAP-Norge) er dokumentert i egen rapport med navnet «LEAP-NORGE 2016». Les mer om programvaren LEAP her: https://www.energycommunity.org/

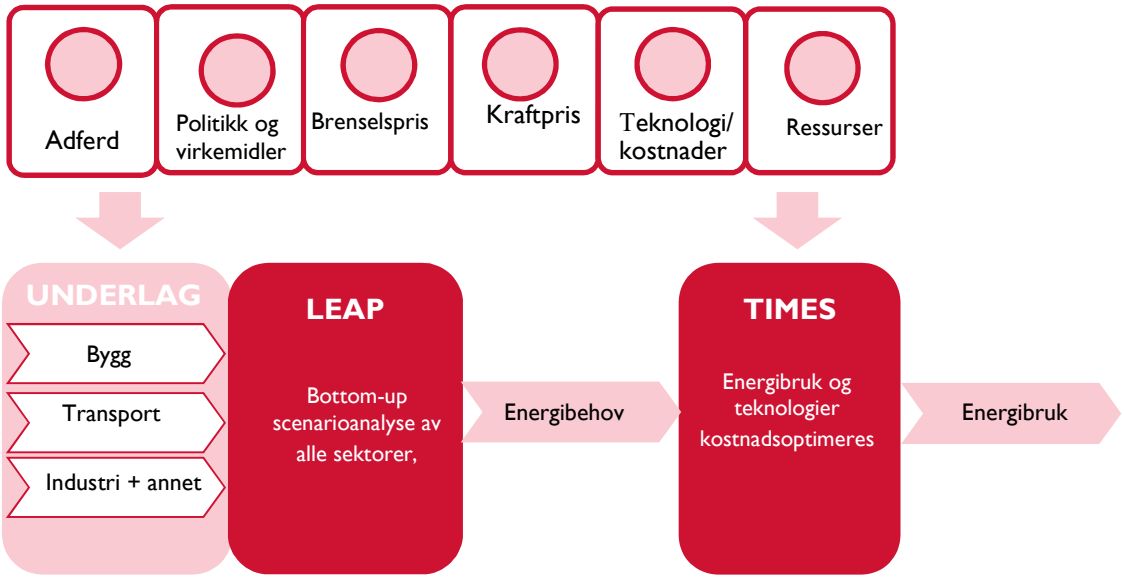
TIMES-Norge er utviklet av IFE for NVE og brukes av NVE til framskriving av energibruk. TIMES er en energisystemmodell som brukes av flere land til energisystemanalyser. TIMES-Norge er en optimerende partiell likevektsmodell som bruker blant annet energibehov, teknologi- og brenselspriser, og teknologidata som input til å framskrive energibruken i Norge. Med andre ord minimerer modellen energisystemkostnader for å møte fremtidens energibehov til en lavest mulig kostnad. TIMES-Norge ble tatt i bruk av NVE for første gang i 2008-2009 og er i kontinuerlig utvikling. Energibehovet som legges inn i TIMES-Norge hentes fra LEAP-Norge, og på den måten bruker NVE begge modellene sammen for å framskrive energibruken. Denne prosessen er skissert i Figur 1-1.

Ettersom TIMES er en optimeringsmodell bestemmer TIMES et kostnadsoptimalt nivå på investeringer og bruk av teknologier i energisystemet. I virkeligheten vil sluttbrukeres faktiske atferd avvike fra det rent kostnadsoptimale. Dette er fordi valgene vi tar som sluttbrukere av energi ofte er basert på flere kriterier enn hva som er økonomisk optimalt på lang sikt. Sluttbrukere kan være mer opptatt av komfort enn økonomi, og de har som regel ikke et ubegrenset investeringsbudsjett, og heller ikke perfekt informasjon om markedet. NVE har forsøkt å ta hensyn til dette ved hjelp av diskonteringsrater og begrensninger på hvor raskt teknologiutskifting kan foregå for å gi et mer realistisk bilde på utviklingen i teknologibruk i energisystemet.

Les dokumentasjon av TIMES-Norge 2013 her
Oppdateringer av TIMES-Norge i 2015 er også dokumentert [3]
Les mer om programmet TIMES her: https://iea-etsap.org/

I prinsippet skal energibehovet framskrives i LEAP-Norge og energibruken i TIMES-Norge

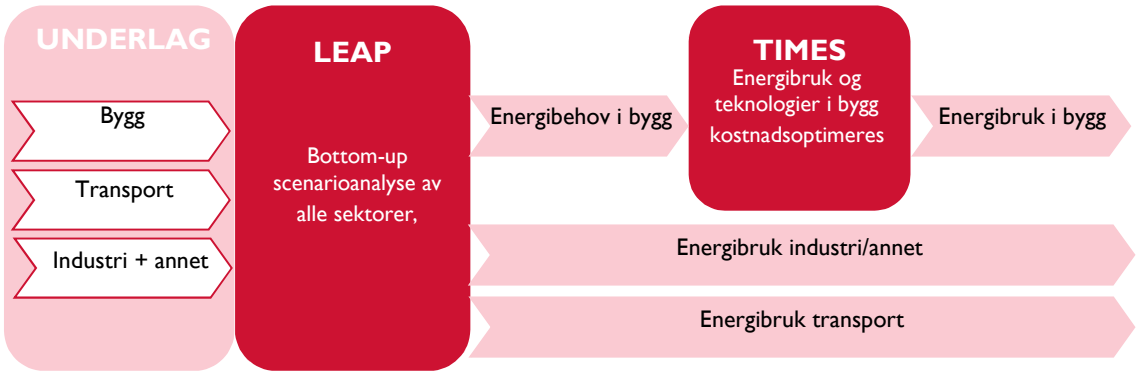
Energibehovet modelleres i LEAP og TIMES bruker dette til å framskrive energibruken. Det første som skjer i denne prosessen er at statistikk og forutsetninger i underlagsmodellene til LEAP-Norge (som er bygget opp i Excel). Dette overføres deretter inn i LEAP hvor fremtidig energibehov beregnes. Energibehovsframskrivingene fra LEAP overføres så til TIMES-Norge hvor det også legges inn skranker, brenselspriser og teknologidata. TIMES-Norge bruker deretter denne informasjonen til å framskrive energibruken gjennom optimering, som vist i Figur 1-1.



Figur 1-1 I NVEs prinsipielle prosess for framskriving av energibruk i Norge der energibehovet framskrives i LEAP og brukes som input i TIMES som fremskriver energibruken.

I framskrivingene fra 2018 ble både LEAP-Norge og TIMES-Norge brukt til framskriving av energibruk

Av ulike grunner ble ikke TIMES-Norge brukt til å framskrive energibruk i transport og industri i årets framskrivinger. LEAP-Norge kan som nevnt brukes til å framskrive energibruk ved å legge til scenarioer for teknologivalg. Dette ble gjort i NVEs framskrivinger av strømforbruk og energibruk som ble publisert i 2018. I disse framskrivingene ble energibehovet til bygg beregnet i LEAP-Norge. TIMES-Norge brukte deretter energibehovsframskrivingene til å framskrive energibruk i bygg. Energibruk til industri, transport og andre næringer ble beregnet direkte i LEAP-Norge.



Figur 1-2 NVEs framskrivinger av energibruk fra 2018 ble energibruk til transport og industri framskrevet i LEAP-Norge mens energibruk til bygg ble framskrevet i TIMES-Norge.

1.3 Sammenligning av Energibruksrapporten og Strømforbruksrapporten

NVE-rapportene «Strømforbruk i Norge mot 2035» (heretter forkortet «Strømforbruksrapporten») og «Energibruk i Norge mot 2035» (heretter forkortet «Energibruksrapporten») er basert på den samme framskrivingen. Det er likevel noen forskjeller i avgrensningene og kapittelinndelingene i de to rapportene. En oversikt over hva som er inkludert i de to rapportene er vist i Tabell 1-1.

Energibruksrapporten skiller seg i hovedsak fra Strømforbruksrapporten fordi den ser på all energibruk fra alle energivarer (med unntak av energivarer som benyttes som råstoff), mens - Strømforbruksrapporten kun ser på strømforbruket. Mens Energibruksrapporten begrenser seg til å se på innenlandsk sluttbruk av energi, ser Strømforbruksrapporten også på nett-tap, landstrøm til olje- og gassutvinning, og strøm brukt i fjernvarmeproduksjon. Bakgrunnen for at Strømforbruksrapporten dekker flere sektorer enn Energibruksrapporten, er at NVE trenger oversikt over samlet strømforbruk i hele kraftnettet i Norge til sine langsiktige kraftmarkedsanalyser, ikke bare innenlandsk sluttbruk av strøm i Fastlands-Norge.

I begge rapportene er sluttbruken inndelt i kapitlene «bygg», «transport» og «industri». Strøm til petroleum og energi er også lagt under industri-kapittelet i Strømforbruksrapporten.

Tabell 1-1 Sammenligning av innhold og oppbygning i Energibruksrapporten og Strømforbruksrapporten.

	Rapport Energibruk 2016-2035	Rapport Strømforbruk 2016-2035
Strømforbruk	X	X
Andre energivarer	X	-
Framskriving 2016-2035	X	X
Historisk forbruk	X	-
Nettap	-	X (Kun i innledningskapittel)
Bygg	X	X
Transport og maskiner	X	X
Alminnelig industri	X	X
Landstrøm til petroleum	-	X (Inkludert i industri)
Elektrisitet til raffinerier og gassanlegg	-	X (Inkludert i industri)
Bygg og anlegg	X	X
Jordbruk og skogbruk	X	X

1.4 Energibruk i startåret er bestemt av energibalansen fra SSB

2016 er valgt som startår i modellene fordi 2016 var det siste året med fullstendig tilgjengelig statistikk for energibruken i Norge da arbeidet med framskrivingene startet i 2017.

Det viktigste statistiske grunnlaget i modellene er Energibalansen til SSB. Energibalansen gis ut hvert år og viser samlet produksjon, tilgang, transformasjon og forbruk av alle energivarer på norsk territorium. Energibalansen bestemmer energibruken i startåret i modellene. Energibalansen for 2016 ble hentet inn første gang sommeren 2017 og dette er grunnlaget for startåret i framskrivingen. I 2018 ble metodikken bak energibalansen endret hos SSB, og dette endret også de historiske tallene i energibalansen, blant annet tallene i energibalansen for 2016 (modellens startår). Dette gjør at det er noen avvik mellom energibalansen for 2016 som ligger publisert hos SSB i dag (høsten 2018) og energibruken i 2016 i NVEs modeller (som ble hentet fra SSBs nettsider sommeren 2017).

1.5 Priser, virkningsgrader og levetider er bestemt av «Kostnadsrapporten»

TIMES-Norge får energibehov, priser og teknologidata som input, og framskriver energibruken basert på denne inputen. Mens TIMES-Norge får energibehovet fra LEAP-Norge, hentes priser og teknologidata fra kostnadsrapporten.

NVE gir ut rapporter som jevnlig oppdateres med overslag for kostnader ved ulike former for energiproduksjon og for teknologier. Det er denne sammenstillingen som kalles for «Kostnadsrapporten». Kostnadsrapporten gir referansetall for kostnader ved produksjon av kraft og varme, utslipp fra produksjon, priser for energibærere, levetidskostnader for teknologier og kostnadstrender mot 2035. Tallene er basert på faktiske kostnader som er hentet inn fra markedet, fra litteratur og fra dialoger med bransjerepresentanter.

Tallene som er brukt i framskrivingene fra 2018 er hentet fra følgende filer:
Kostnadsrapporten 2017 (zip-fil).

1.6 Usikkerhet er illustrert med en vifte i figurene i Energibruksrapporten

Det er usikkerhet knyttet til framskriving av energibruk, og usikkerheten vokser jo lenger frem man framskriver. I Energibruksrapporten er det valgt å illustrere denne usikkerheten ved hjelp av en vifte i figurene. Viften er ment til å vise omtrentlig utfallsrom for fremtidig energibruk mot 2035, men er ikke basert på eksakte framskrivinger.

Industriens utfallsrom er bestemt av usikkerhet i aktiviteten i enkelte kraftkrevende bedrifter. Toppen av utfallsrommet er et anslag som baserer seg på at flere prosjekter starter opp og færre nedleggelser, mens bunnen av utfallsrommet er bestemt av at flere prosjekter ikke starter opp, og at det er flere nedleggelser i industrien.

Usikkerheten bak viftene i figuren for transport er bestemt av de alternative framskrivingene for transport som er basert på NVEs tolkninger av perspektivmeldingen fra 2017 og målbanen i nasjonal transportplan (NTP).

Utfallsrommet for energibruk i bygg er basert på at arealet vokser mer eller mindre enn framskrevet, samtidig som at effektiviseringen går tregere eller raskere og fremtidige krav til byggteknisk forskrift blir mer eller mindre ambisiøse enn antatt.

1.7 Tidligere arbeid i NVE er viktig for antagelsene i analysen

NVE har jobbet med innenlandsk energibruk i flere år, og dette arbeidet utgjør mye av grunnlaget bak analysene som er gjort i 2017/2018.

En del av dette arbeidet er dokumentert i offentlige rapporter. Et utvalg av disse er listet opp her:

Bygg	-	Energibruksrapporten 2012: Energibruk i husholdninger
	-	Energibruk i kontorbygg(2013)
	-	Energibruk i forretningsbygg(2014)
	-	Energibruk i undervisningsbygg(2014)
	-	Oppvarming i boliger(2014)
	-	Energibruk i yrkesbygg(2016)
	-	Energibruk til elektriske apparater i husholdningene(2018)
Transport	-	Energibruk til transport (2016)
	-	Hva betyr elbiler for strømnettet?(2016)
	-	Hvordan elektrifisering av transportsektoren for strømnettet?(2017)
Industri	-	Beskrivelse og økonomisk analyse av energiintensiv industri i Norge(2013)
Flere sektorer	-	Energibruksrapporten 2011
	-	Energibruksrapporten 2013
	-	Energibruk i Fastlands-Norge 2000-2020(2017)

2 Bygg

I Strømforbruksrapporten og Energibruksrapporten er følgende poster inkludert i analysen av energibruk i bygg:

Inkludert i «bygg» i framskrivingen	Ikke inkludert under «bygg» i framskrivingen
- Private husholdningers energiforbruk (inkludert fritidsboliger) - Energibruk til privat og offentlig tjenesteyting - Lokal produksjon fra solceller i husholdninger og tjenesteyting	- Drivstofforbruk knyttet til husholdningenes energibruk (fritidsbåter, gressklippere og annet)[1] - Drivstofforbruk knyttet til tjenesteyting, herunder forsvarets drivstofforbruk.[1] - Bygg og anlegg - Industribygg - Nye datasentre

2.1 Metodikk for framskriving av energibehov og energibruk til i bygg

Energibehov i bygg er beregnet i LEAP-Norge. Energibruk i bygg er beregnet i TIMES-Norge.

Dokumentasjon av LEAP-Norge finnes tilgjengelig på nett med tittelen «LEAP-Norge 2016» Dokumentasjon og TIMES-Norge finnes her

Dette kapittelet er et sammendrag av denne dokumentasjonen.

Følgende er modellert i LEAP-Norge:

- Utvikling i bygningsareal i perioden fra 2016 til 2035
- Installerte oppvarmingsteknologier i bygg i 2016
- Forventet utvikling i samlet energibehov for bygg i perioden fra 2016 til 2035

Det er middeleffektiviseringsscenariet (RRR)[2] fra LEAP-Norge for årene 2016 til 2035 som er benyttet i NVEs referansebane for energibehov i bygg mot 2035.

Den framskrevne banen for energibehov for bygg som ble beregnet i LEAP-Norge ble deretter lagt inn i TIMES-Norge. TIMES-Norge bestemte deretter utvikling i bruk og installasjon av oppvarmingsteknologier og solceller i bygg gjennom økonomisk optimalisering for årene 2025 og 2035, og dermed også energibruken til bygg i de to årene. Energibruken og bruk av teknologier for de øvrige årene ble bestemt med lineær interpolering.

[1] I LEAP er drivstoff til bygg inkludert under bygg, mens i rapportene er dette drivstofforbruket flyttet til «Transport».
[2] Det er laget tre scenarioer for energibehov i bygg i LEAP-Norge som er dokumentert og beskrevet i LEAP-dokumentasjonen.

2.2 Viktige forutsetninger i modellverktøyet for framskriving av energibruk i bygg

Energibehovet til bygg er framskrevet i LEAP-Norge. Samlet energibruk til bygg er framskrevet i TIMES-Norge

I LEAP-Norge er følgende antagelser gjort:

- Energibruk i byggene i 2016 er hentet fra energibalansen, men energibruken er temperaturkorrigert. Store deler av energibruken i Norge går til oppvarming og varierer med utetemperatur. Dette kan gi betydelige forskjeller mellom energibruken i kalde og varme år. For å få et riktig bilde av utvikling i energibruk over tid normaliseres energibruken ved hjelp av graddagskorrigering. Graddager er et mål for hvor kaldt det har vært og hvor mye energi som brukes til romoppvarming Graddagstall for et normalår kan regnes ut på flere måter, for eksempel som et snitt av alle stasjoner i Norge, eller som et snitt av bare noen utvalgte stasjoner. I NVEs utregninger brukes graddagstall basert på vekting av fem målestasjoner; Oslo, Bergen, Værnes, Kjevik og Tromsø. Et vektet snitt av disse er relativt representative for den geografiske plasseringen av bygninger i Norge. Et graddagstall for et normalår vil dessuten påvirkes av hvilken tidsperiode som legges til grunn for utregning av normalgraddagstallet. Vanligvis benyttes en periode for de siste 30-årene for å bestemme graddagstallet i et normalår. Ettersom de siste 15 årene har vært betydelig mildere enn de første årene i 30-års perioden, har det i denne framskrivingen blitt valgt å temperaturkorrigeres energibruken i bygg mot perioden 2001-2016. Dersom en 30-årsperiode hadde blitt benyttet ville det gitt et høyere graddagstall, og dermed ville det temperaturkorrigerte energibruken blitt høyere.
- Hvilke oppvarmingsteknologier byggene benytter i startåret er basert på data fra Energimerkedatabasen[3] og er kalibrert mot Energibalansen (SSB),
- Befolkningen vokser som i hovedalternativet i SSBs befolkningsframskrivinger, og dette er den viktigste driveren for utvikling av arealet.
- Bygg rives og rehabiliteres over en S-kurve basert på når de ble bygget. Alderen byggene er i når dette skjer er avhengig av bygningskategorien.
- Bygg kan rehabiliteres på tre nivåer som tilsvarer en reduksjon i oppvarmingsbehovet på henholdsvis 7, 15 og 20 prosent.
- Det er forutsatt at alle nye bygg bygges etter TEK-20 standard og senere har standard som lavenergibygg klasse 2.
- Utvikling i energibehovet til fritidsboliger følger befolkningsutviklingen.

I TIMES-Norge er følgende antagelser gjort:

- Kostnadene for teknologier og brenselspriser i bygg er i hovedsak basert på NVEs overslag for kostnader i energisektoren, som finnes i Kostnadsrapporten.
- Det er forutsatt en generell diskonteringsrente på 11 prosent i næringsbygg og 15 prosent i husholdningene når det gjelder kjøp av teknologier gjennom hele perioden.

[3] Alle bygg som skal selges eller leies ut, eller yrkesbygg over 1000 m^2 må energimerkes. Flere hundre tusen energimerker ligger i en database hos Enova. Energimerkene inneholder blant annet informasjon om hvor store byggene er og hvilke oppvarmingsteknologier som brukes i byggene til oppvarming av rom, oppvarming av ventilasjonsluft og oppvarming av varmt tappevann. Energimerkedatabasen inneholder derfor viktige informasjon som kan brukes til å bestemme hvilke oppvarmingsteknologier som brukes i dagens bygningsmasse.

Det er forutsatt spesielle diskonteringsrenter på 30 prosent for gass til oppvarming, 5 prosent for solcelleanlegg, 8 prosent for varmepumper i næringsbygg og 10 prosent for varmepumper i husholdningene.

- Det er antatt at «ingen» har solcelleanlegg i basisåret. Diskonteringsrenten for solcelleanlegg er satt lavt fordi dette er en ny teknologi, og for at forventet utvikling i installert kapasitet for sol skal stemme med andre prognoser fra NVE på solcelleanlegg.
- Det er forutsatt at maksimalt 8 prosent av yrkesbyggene og 4 prosent av husholdningene vil skifte oppvarmingssystem per år, og at maksimalt 4 prosent av næringsbyggene og 1 prosent av husholdningene kan installere vannbårne distribusjonssystem i året. For elektrisk oppvarming med panelovner og for elkjeler er det forutsatt at maksimalt 1 prosent av både næringsbygg og husholdninger vil kvitte seg med disse i året.
- Elprisen i omkringliggende land som Norge utveksler kraft mot er basert på Kraftmarkedsanalysen 2017-2030 [1]

2.3 Usikkerhet knyttet til framskrivingene av energibruk i bygg

Det er usikkerhet knyttet til utviklingen i energibruk i bygg, og vi ser at blant annet at befolkningsutviklingen, fremtidige valg av oppvarmingsteknologier, og adferd har stor påvirkning på hvordan energibruken i bygg vil utvikle seg fremover.

Befolkning er den viktigste driveren for utvikling av areal i bygningsmassen. SSBs befolkningsframskriving er brukt til å framskrive fremtidig bygningsareal. I SSBs hovedalternativ er det ventet at befolkningen vil øke fra 5,2 til 6,1 millioner mennesker i 2035, men SSB opererer med et utfallsrom på mellom 5,7 og 6,6 millioner i 2035. En annen befolkningsutvikling enn den som er lagt til grunn i analysene vil påvirke energibruken tilsvarende.

NVEs framskrivninger er basert på modellering hvor en rekke forutsettinger legges til grunn. Valg av kostnader, virkningsgrader, rente og begrensningene for ulike teknologier i modelleringen har stor betydning for hvilke oppvarmingsteknologier som velges i byggene, og dermed også energibruken. Utviklingen i total energibruk er spesielt sensitiv for forutsetningene som gjøres om priser og virkningsgrader for varmepumper.

En annen kilde til usikkerhet er den såkalte «reboundeffekten». I bygg hvor det er gjennomført tiltak for å redusere energibruken – som å etterisolere byggene eller å installere varmepumper – kan reduksjon i energibruk bli lavere enn forventet, fordi man tar ut gevinsten i økt komfort (vi øker innetemperaturen eller varmer opp større deler av byggene) fremfor redusert energibruk [17], eller fordi man bruker det økonomiske overskuddet til andre energikrevende formål (som å kjøpe mer elektrisk utstyr eller til å reise mer).

NVE har antatt en effektivisering av elektrisk utstyr og belysning i husholdninger, men nye brukervaner og apparater kan gi en økt energibruk. Når vi får mer effektive elektriske apparater og belysning i bygg får vi også mindre overskuddsvarme i byggene, som igjen kan øke behovet for romoppvarming i byggene.

NVE har antatt at byggene som oppføres etter 2020 vil være av standarden lavenergibygg klasse 2, som gir litt strengere krav til «bygningers energiytelse» enn dagens krav. Det er per 2018 ikke vedtatt hvilke energikrav som vil gjelde for nye bygg etter 2020. Dersom kravene strammes ytterligere inn, kan energibruken i nye bygg bli lavere enn det vi har framskrevet her.

3 Transport

NVE har analysert fremtidig energibruk til innenlandske transportytelser i Norge. Analysen inkluderer følgende poster:

Inkludert i «transport» i framskrivingen	Ikke inkludert under «transport» i framskrivingen
- Innenlandsk sjøtransport - Innenlandsk veitransport - Innenlandsk lufttransport - Innenlandsk jernbanetransport - Drivstofforbruk knyttet til maskiner i husholdningene (fritidsbåter, gressklippere og annet)[4] - Drivstofforbruk knyttet til maskiner i tjenesteyting, herunder forsvarets drivstofforbruk. [5] - Fiske	- Rørtransport av olje og gass - Utenlandsk transport til og fra Norge - Drivstoff til bygg og anlegg og jordbruk.

3.1 Metodikk for fremskriving av energibehov og energibruk til transport

LEAP-Norge er brukt til å framskrive energibruk til transport. TIMES-Norge ble ikke brukt i framskrivingen som ble gjort i 2017/2018. Dokumentasjon av transportmodellen i LEAP-Norge er i sin helhet beskrevet i dokumentasjonsrapporten med navnet «LEAP-Norge 2016».

Dette kapittelet er et sammendrag av denne dokumentasjonen.

Fremtidig energibruk til transport vil i stor grad påvirkes av hvor raskt elektrifiseringen av transporten vil skje. Ettersom det er stor usikkerhet rundt hvor rask denne utviklingen vil gå er det er det studert tre ulike scenarier for fremtidig energibruk i transportsektoren. NVEs referansebane er basert på RRR-banen i LEAP-Norge[6]. Perspektivmeldingsbanen er den samme som LLL-banen og NTP-banen er det samme som HHH-banen i LEAP-Norge.

Energibruk til veitransport (personbiler, varebiler, lastebiler og annen godstransport på vei) er framskrevet ved hjelp av **aktivitetsanalyse i LEAP-Norge**. Det innebærer at det er framskrevet en utvikling i antall kjøretøy, årlige kjørelengder per kjøretøy og energibruk per kjørte kilometer. Hvor mye energi kjøretøyene trenger per kilometer avhenger av kjøretøyets størrelse og type, og er oppgitt i vedleggene i dokumentasjonen av LEAP-Norge.

Sjøtransport, jernbanetransport og lufttransport er framskrevet som en utvikling i årlig energibruk.

[4,3] I LEAP er disse modellert under «households» og «services», mens i rapporten er disse postene lagt under transportkapittelet.

[6] Det er laget tre scenarioer for energibehov i bygg i LEAP-Norge som er dokumentert og beskrevet i LEAP-dokumentasjonen.

3.2 Viktige forutsetninger i modellverktøyet for framskriving av energibruk til transport

- Energibruk til fiske er modellert sammen med annen sjøtransport
- Noen av virkningsgradene for transport er hentet fra en tidligere versjon av TIMES-Norge, For de transportteknologiene som ikke tidligere er modellert i TIMES-Norge, eller hvor det finnes nye kilder som tilsier at virkningsgraden som er oppgitt i TIMES-Norge burde endres, er virkningsgradene hentet fra ulike andre kilder.
- I TIMES-Norge og LEAP-Norge skilles det ikke mellom levert energi og netto energibehov når man modellerer energibruk til transport. "Behovet" i transport er behovet for gods og personer for å fraktes fra et sted til et annet. LEAP-Norge benyttes derfor ikke til å estimere netto energibehov til transport, men til å framskrive utvikling i transportarbeidet (målt i transportstrekninger) og utvikling i levert energi til transport.

3.3 Usikkerhet og forbedringsmuligheter knyttet til framskrivingene av energibruk i transport

NVE følger utviklingen i energibruk til transport tett, men modellering av transport er gjort ganske forenklet, og modellene har rom for forbedring. I analysene fra 2017/2018 er det ikke sett på virkningen av modale skift – det vil si virkningen av endret transportmetode. I NTP står det at veksten i transportbehovet i byene skal tas med gåing, sykling og kollektivtransport. Overgang mellom transporttyper kan ha betydning for energibruken, men dette er ikke studert i denne analysen, selv om et modalt skift kan påvirke energibruken.

Framskriving av utvikling i bilparken er forenklet utført. Det ville vært hensiktsmessig å modellere utskiftning av bilparken med stockmodellering, slik at bilene skrotes etter en sannsynlighetsfordeling (slik det har blitt gjort for bygningsarealet). Også framskrivingen av energibruk til sjø-, luft- og jernbanetransport kan forbedres ved å legge om til aktivitetsanalyse for analyse av energibruken til disse transporttypene.

Elektriske fly er ikke lagt til som teknologi for lufttransporten, men mye tyder på at elektriske fly kan bli en viktig teknologi på kortbanenettet, spesielt mot 2050. Denne teknologien bør derfor legges til i modellen.

Det er kun brukt scenarioanalyse i LEAP-Norge for å framskrive energibruk til transport. Analysene ville blitt styrket ved å framskrive energibruken til transport i TIMES-Norge. På denne måten kan man studere virkningen av drivstoffpriser, subsidier og avgifter på teknologivalg og energibruk til transport.

Tidligere har NVE antatt at lading av elbil har følgende fordeling: 65 prosent av lading skjer hjemme, 25 prosent av lading skjer på arbeid/i næringsbygg og 10 prosent av lading foregår med hurtiglader [7]. Ettersom de fleste bygg ikke har egen strømmåler for ladere kan man ikke skille ut hvor mye av strømforbruket i husholdningene og næringsbyggene som går til lading av elbil. Dermed vil elektrisiteten som går til elbiler føre til økt elektrisitetsbruk i «husholdninger» og «tjenesteytende næringer», mens elektrisitetsbruk til personbiler ikke øker i SSBs energibalanse.

LEAP-Norge er basert på energibalansen for 2016 som ble hentet fra SSB i 2017. Energibalansen, inkludert energibalansen for 2016 ble senere oppdatert i 2018. Disse endringene førte til endringer innen hver post i transporten og drivstofforbruk ble flyttet mellom transportgruppene i energibalansen. Totaltallet for energibruk til transport i 2016 i LEAP-Norge avviker ikke så mye fra totaltallet for den nye energibalansen (fra 2018), men hvis man går nærmere inn på hver transportgruppe i LEAP-Norge vil sum energibruk i 2016 avvike fra SSBs energibalanse 2016 for transportgruppen.

4 Industri, petroleum, landbruk og anleggsbransjen

Energibruk i industrien, petroleumsnæringen, landbruket og anleggsbransjen er omtalt sammen i denne rapporten fordi de er modellert sammen. Industrikapittelet i Strømforbruksrapporten og i Energibruksrapporten har likevel noe ulikt innhold[7].

Følgende er modellert i framskrivingen av energibruk til industri, petroleum, landbruk og anleggsnæringen (industri og annet):

Inkludert i «industri og annet» i framskrivingen	Ikke inkludert under «industri og annet» i framskrivingen
- Alminnelig industri - Nye datasentre - Bygg og anlegg - Jordbruk - Landstrøm til petroleumsanlegg (ikke inkludert i Energibruksrapport) - Strøm til raffineri og terminal for olje og gass (ikke inkludert i Energibruksrapporten)	- Bruk av energivarer utover elektrisitet i petroleumsanlegg og raffinerier - Energi brukt i energiproduksjon - Fiske

4.1 Metodikk for framskriving av energibehov og energibruk i industri

LEAP-Norge og den tilhørende underlagsmodellen i Excel («industrimodellen») ble brukt til å framskrive energibruk til industri, petroleum, landbruk og bygg og anlegg i denne analysen (2017/2018). TIMES-Norge ble ikke brukt. Dokumentasjon av industrimodellen finnes i LEAP-dokumentasjonsrapporten med navnet «LEAP-Norge 2016.
Dette kapittelet er et sammendrag av denne dokumentasjonen.

Selv om næringene industri, petroleum, landbruk og bygg og anlegg er modellert sammen i underlagsmodellen i LEAP-Norge, er metodikken noe ulik for de ulike næringene:

- Utvikling i energibruk i industrien og datasentre er bestemt av utvikling i enkeltanlegg. Endring i energibruk i enkeltanlegg er basert på markedsutvikling og NVEs kunnskap om kjent utvikling i enkeltanlegg.
- Utvikling i strømforbruket til petroleum er bestemt av utvikling i enkeltanlegg, og baserer seg på oljebransjens og Gasscos egne framskrivinger.
- Utvikling i energibruk til jordbruk og bygg og anlegg er basert på aktivitetsanalyse.

For å framskrive energibruken til industrien og i petroleumsbransjen i LEAP-Norge multipliseres energibruken (av alle energivarer) til hver bedrift i startåret med en faktor. Hvis det er antatt at en bedrift legges ned multipliseres bedriftens energibruk i startåret med 0 fra det året bedriften ikke lenger

[7] Energibruksrapporten er en oppfølging av NVE-rapporten 'Strømforbruk i Norge mot 2035' og viser endring i samlet sluttbruk av alle energivarer i Fastlands-Norge mot 2035. Analysen i Energibruksrapporten omfatter de samme hovedgruppene som Strømforbruksrapporten, men energi brukt i petroleumsnæringen og tap i strømnettet er ikke med i Energibruksrapporten.

har produksjon. Dersom en bedrift øker energibruken med 10 prosent multipliseres energibruken med 1,1 fra det året bedriften øker sin energibruk. Gjennom denne metoden tas det ikke hensyn til at en bedrift gjør teknologiendringer, for eksempel ved at enkelte prosesser innad i bedriften elektrifiseres slik at elbruken i bedriften øker mer enn andre prosesser. I stedet endres bruken av alle energivarer i bedriften parallelt.

4.2 Viktige forutsetninger i modellverktøyet for framskriving av energibruk i industri

Industri

Utvikling i energibruk i industrien samlet er bestemt av utvikling i enkeltanlegg. Kilder for framskriving av kraftbruk i industrien er bedriftene selv, kraftmarkedsrapporter, INSA og Statnett. De er også laget med bakgrunn i den jevnlige markedsovervåkningen av kraftintensiv industri som NVE har. Av konkurransemessige hensyn presenteres ikke energitall eller NVEs antagelser for enkeltbedrifter i dokumentasjonen.

Aluminium, metall og mineraler
Aluminiumsindustrien er den industrisektoren der det forventes størst vekst i kraftbruk. Både Hydro og INSA forventer en årlig vekst i aluminiumsmarkedet på 2 til 4 prosent fremover. Hvis vi legger til grunn 2 prosent årlig vekst, vil dette utgjøre en samlet vekst på 48 prosent fra 2016 til 2040. Kraftbruken vil øke litt mindre på grunn av mer effektiv produksjon, men kan øke med opp mot 40 prosent i samme periode. Dette underbygger de antatte utvidelsene av aluminiumsfabrikkene i Norge. Bakgrunnen for at det forventes høy vekst innen aluminium, er at aluminium brukes stadig mer på stadig flere områder.

Hydro startet opp sitt pilotanlegg på Karmøy i januar 2018. Det har økt kraftbruken til aluminium. Dette kan bli utvidet med et fullskalaanlegg fra midten av 2020-årene, som kan gi en kraftig økning i energibruken og strømforbruket. Hydro har også besluttet å starte opp igjen linje B hos Sør-Norge aluminium (Søral) i 2021 eller 2022. Hydro Sunndal planlegger å øke kraftbruken noe fra 2020. Etter 2025 kan det også komme utvidelser av enkeltanlegg, og omlegging av teknologi som kan øke kraftbruken.

NVE venter også en vekst i annen metallindustri og kjemisk industri.

Treforedling og skogsprodukter
Mens tradisjonell treforedling har slitt i mange år, planlegger flere bedrifter å starte produksjon av biodrivstoff fra skogsvirke i Norge. Det er ennå usikkerhet rundt teknologien for biodrivstoff fra skogsvirke, så det er vanskelig å vite hvor stort dette blir. Fabrikkene er forventet å bruke begrenset med strøm. I årets framskrivinger er det lagt inn en forsiktig vekst i fabrikker som produserer biodrivstoff, og en nedgang i tradisjonell treforedling.

Hydrogen
En annen industrinæringen som kan komme, er produksjon av hydrogen. Det er forventet økt bruk av hydrogen innen tungtransport og industri og dette kan gi grobunn for hydrogenfabrikker i Norge. Hvor raskt og hvor omfattende dette blir, er vanskelig å si, men vi har i denne omgang lagt inn at det vil bli brukt 1 TWh kraft til produksjon av hydrogen i Norge i 2030 og 2 TWh i 2040. Dette er relativt forsiktige anslag, da det er nødvendig med mye kraft for å produsere hydrogen.

Datasentre

I energibalansen er energibruk til datasentre lagt under tjenesteyting. I NVEs analyser er datasentre modellert sammen med industri fordi datasentres industribruk ligner mer på energibruken til kraftkrevende industri enn energibruk til næringsbygg.

Datasentre er en næring som vokser raskt. Våre naboland i Norden har allerede etablert flere store datasentre som bruker flere TWh kraft. Norden er attraktiv for etablering av datasentre på grunn av billig kraft, stabil politikk og tilrettelegging for datasentre.

I Norge er det foreløpig bygd noen mellomstore datasentre. Det er imidlertid planer for flere store datasentre i Norge. Det er stort behov for datasentre internasjonalt og det er derfor sannsynlig at det vil komme flere datasentre i Norge. Vi har derfor i årets framskrivinger antatt at det vil bli en jevn vekst i kraft til datasentre mot 2040. Total kraftbruk til datasentre i 2040 er estimert til 3,5 TWh. Dette er et grovt anslag og mer ment å signalisere retning i kraftbruk, enn å være et forsøk på å treffe riktig. Det er planer om datasentre over hele landet og det er vanskelig å vite hvilke planer som blir realisert. Vi har derfor lagt inn lik vekst i datasentre i hver av de fem prisområdene for strøm i Norge.

Petroleum

NVE har tatt med framskriving av strømforbruk i petroleumsnæring. Disse framskrivingene baserer seg på oljeselskapene og Gasscos egne framskrivinger av strømforbruk mot 2035. Oljeselskapene og Gassco har det siste året oppjustert prognosene for kraftbruk i petroleumsnæringen mot 2040. Etablerte felt og anlegg trenger mer kraft enn antatt til trykkstøtte og komprimering av gass, samt at de utvider anleggene. Det er også snakk om å utnytte kraft tilgrensede felt som allerede er elektrifisert.

Landbruk og anleggsnæringen

I LEAP-Norge framskrives energibehovet i jordbruket og i bygge- og anleggsbransjen gjennom enkel aktivitetsanalyse med BNP som aktivitet og kWh/NOK som intensitet. I LEAP-Norge er det gjort antagelser om teknologiskifter i disse bransjene, i motsetning til hva som er gjort av antagelser for industrien,

I jordbruket var aktiviteten i 2016 på 34,9 milliarder NOK og energibruken på 3,37 TWh. Dette gir en energiintensitet i jordbruket i 2016 på 0,0965 kWh/NOK. Mot 2035 er det er antatt en relativt svak vekst i landbrukets aktivitet på 0,2 prosent i året. Det er antatt at intensiteten faller tilsvarende med -0,2 prosent i året grunnet effektivisering av prosesser i landbruket, og dette gjør at det i praksis blir en flat utvikling i lanbrukets energibruk. På teknologisiden er det antatt at det skjer en overgang fra fossile brensler til mer bioenergi.

I bygge- og anleggsnæringen var aktiviteten i 2016 på 336 milliarder NOK. Samlet energibruk var på 4,2 TWh, som gir en energiintensitet for næringen på 0,0125 kWh/NOK i 2016. Det er antatt en vekst i aktiviteten i landbruket på 3 prosent mot 2030 og deretter på 2 prosent. På grunn av energieffektivisering som følge av elektrifisering er det antatt en årlig effektivisering av energiintensiteten til bygg og anlegg på -2,2 prosent mot 2030 og deretter -1,7 prosent. Det antas en overgang mot mer elektrisitet og bioenergi i bransjen.

4.3 Usikkerhet knyttet til framskrivingene av energibruk i industri

NVEs referansebane for industri baserer seg på NVEs forventninger til endringer i energibruken til enkeltbedrifter og i enkeltnæringer. Energibruken i industrien er ikke modellert ved hjelp av økonomiske modeller. De siste årene har mye ligget til rette for vekst i norsk industri. Kraftprisen, CO_2-prisene, kronekursen og rentene har vært lave, og dette har gjort at forholdene har vært gunstige for industrisektoren i Norge. Dersom det skjer endring i disse parameterne kan det får stor påvirkning på aktiviteten i industrien og energibruken til industri.

Når kraftbruken og aktiviteten til enkeltbedrifter øker i LEAP-Norge, økes også energibruken av alle andre energivarer for bedriften. Dette er en kraftig forenkling, ettersom det betyr at metodikken ikke tar hensyn til effektivisering eller teknologiskifter i bedriftene. For å få en analyse av hvordan energibruken utvikler seg i industrien dersom man gjør teknologiendringer, bør energibehovsframskrivingen som kommer fra LEAP-Norge brukes inn i TIMES-Norge.

5 Referanser

[1] OED, *Tildelingsbrev til Norges vassdrags og energidirektorat for 2018,* Oslo: Olje- og energidepartementet (OED), 2017.

[2] Standard Norge, «NS3031: Beregning av bygningers energiytelse - Metode og data,» Standard Norge, 2014.

[3] IFE, IFE/LR/F-2015/189 TIMES-Norway: Oppdatering 2015 og implementering av distribuert energilagring, Oslo: IFE Institutt for energiteknikk, 2015.

[4] NVE, «Kraftmarkedsanalyse 2017 - 2030, Underlagsrapport med detaljerte forutsetninger,» NVE, Oslo, 2017.

[5] Thema Consulting Group, «Rebound, prebound og lock-in ved energieffektivisering i boliger: Kunnskapsstatus og virkemiddelanalyse,» Husbanken, Oslo, 2013.

[6] NVE, Hvordan vil en omfattende elektrifisering av transportsektoren påvirke kraftsystemet? NVE-notat, 2016.

NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

MIDDELTHUNSGATE 29
POSTBOKS 5091 MAJORSTUEN
0301 OSLO
TELEFON: (+47) 22 95 95 95

www.nve.no