

Kan vi få overskudd av kraft i 2050 uten ny vindkraft?

I den norske debatten om det grønne skiftet snakkes det om behovet for mer kraft. I dette kapittelet viser utredningsgruppen at det er mulig å skaffe mer enn nok kraft uten å bygge et eneste nytt kraftverk.

Av: Sverre Sivertsen, Mads Løkeland-Stai, Kjell Sivertsen & Magne Vågsland

Oppsummering

Her analyseres kraftsituasjonen i Norge fram mot 2050. Dette gjøres ved å benytte to ulike tilnærminger eller metoder:

Del 1 tar utgangspunkt i offisielle rapporter fra SINTEF og Statnett om forbruk og produksjon av elektrisk energi fram mot 2050, supplert med tall fra Norges vassdrags- og energidirektorats (NVE) analyser. I analysen legger utredningsgruppen stor vekt på energiøkonomisering og bedre utnytting av eksisterende vannkraftverk. Med dette som bakgrunn tegnes det et framtidsbilde av kraftsituasjonen i 2050 som et alternativ til de offisielle rapportene.

Del 2 analyserer mulighetene for tilgang på ny elektrisk energi fram mot 2050, med utgangspunkt i dagens forbruk, uten å legge til nytt forbruk. Utredningsgruppen vurderer hvor mye strøm det er mulig å «frigjøre» gjennom tiltak for redusert energibruk i bygg, industri, offentlig forvaltning og næringslivet ellers. I tillegg vurderes potensialet for effektivisering av eldre kraftverk og potensialet for solenergi på tak og fasader. I analysene er det brukt utredninger fra Norges vassdrags- og energidirektorat, Statnett, SINTEF og mange andre kilder som grunnlag.

Resultat

Del 1 viser at med målrettet satsing på enøk, bedre utnytting av allerede utbygd vannkraft og skrinlegging av planene om videre elektrifisering av oljevirkksomheten, kan Norge få et kraftoverskudd på rundt 46 TWh i 2050. I tallet er det allerede tatt høyde for økt bruk av strøm til «det grønne skiftet» ved blant annet elektrifisering av bilparken og til ferger, og til å dekke en betydelig vekst i nye kraftkrevende næringer.

Mulig kraftsituasjon i 2050:

Total produksjon:	178 TWh
Totalt forbruk:	133 TWh
Produksjons-overskudd i 2050:	46 TWh

Del 2 viser at summen av tilgjengelig kraft til «fri benyttelse» i 2050 kan være om lag 82 TWh med utgangspunkt dagens produksjons- og driftsnivå. Se tabell under.

Tilgjengelig kraft sammenlignet med 2020:

		2030	2040	2050
Økt kraftproduksjon		15 TWh	20,7 TWh	22,8 TWh
Redusert forbruk		16,9 TWh	36,8 TWh	45,1 TWh
Sum ny tilgjengelig kraft		31,9 TWh	57,5 TWh	67,3 TWh
Kraftoverskudd 2020	15 TWh	15 TWh	15 TWh	15 TWh
Tilgjengelig kraft til nye formål	15 TWh	46,9 TWh	72,5 TWh	82,3 TWh

I «økt kraftproduksjon» ligger blant annet kraftverk under bygging, mer nedbør (klimaendring), oppgradering av gamle vannkraftverk og ny solenergi, minus nedlegging av en del vindkraftverk.

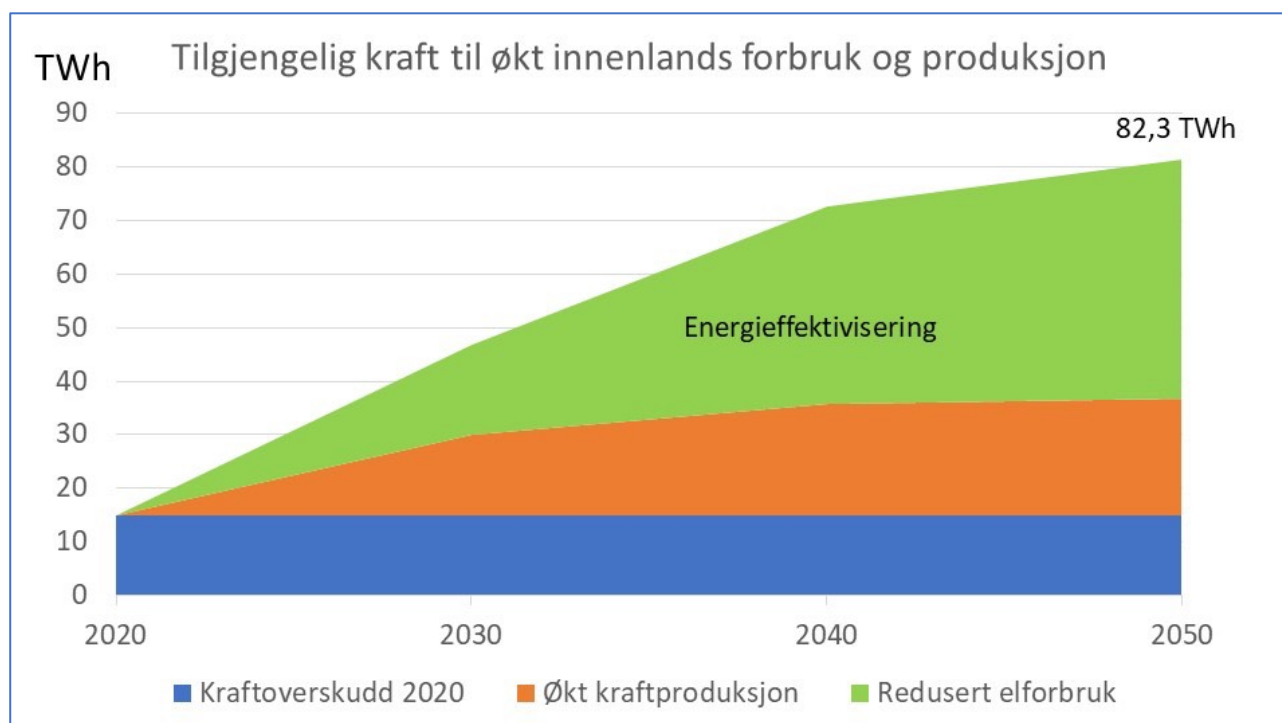


Fig. 1: 82,3 TWh tilgjengelig for industri etc.

Statnett hevder at 25 TWh kraft er tilstrekkelig for å oppnå «omfattende elektrifisering» av det norske samfunnet, når man ser bort fra elektrifisering av sokkelen¹. Selv etter slik «omfattende elektrifisering» vil det være 82,3 TWh minus 25 TWh = 57,3 TWh tilgjengelig til andre formål.

Statnett har i tillegg et scenario som heter «fullelektrifisering med hydrogen», som vil kreve 47 TWh når man ser bort fra elektrifisering av sokkelen. Selv etter slik «fullelektrifisering med hydrogen» vil det være 82,3 TWh-47 TWh = 35,3 TWh tilgjengelig for andre formål. Her vil utredningsgruppen også skyte inn at man er sterkt kritiske til slik satsing på hydrogen som Statnett foreskriver. Biogass fra husdyrgjødsel og andre avfalls ressurser kan blant annet erstatte kraftkrevende hydrogen i mange sammenhenger.

Begge tilnærmingene viser at det er fullt mulig å gjennomføre omfattende elektrifisering og samtidig ha nok kraft til storstilt utvikling av industri, bygg, og andre næringer uten å starte bygging av nye kraftverk.

¹ Et elektrisk Norge – fra fossilt til strøm, Statnett, 19.03.2019.

Ett viktig vilkår er omlegging av energipolitikken og at det blir vedtatt langt sterkere tiltak for energieffektivisering enn de ganske forsiktige tiltakene man har sett til nå.

Innhold

1: Del 1: Utredning basert på analyser fra SINTEF, Statnett og NVE (s. 6)

- 1.1: Fire rapporter som utgangspunkt (s. 6)
- 1.2: Oppsummering av rapportene (s. 9)
- 1.3: Et alternativt framtidssbilde (s. 9)
- 1.4: Konklusjon for et alternativt framtidssbilde (s. 13)
- 1.5: Sluttmerknad (s. 13)

2: Del 2 – Slik skaffer vi tilstrekkelig fornybar energi (s. 15)

2.1: Generelt om energi (s. 16)

- 2.1.1: Norsk energibruk i dag (s. 16)
- 2.1.2: Norsk el-produksjon 2019 (s. 17)
- 2.1.3: Energi og effekt (s. 18)
- 2.1.4: Energikvalitet (s. 18)
- 2.1.5: Fornybar energi (s. 18)
- 2.1.6: Fossil energi (s. 19)
- 2.1.7: Kjernekraft (s. 19)

2.2: Energiproduksjon (s. 19)

- 2.2.1: Vannkraft (s. 19)
- 2.2.2: Vindkraft (s. 20)
 - 2.2.2.1: Vindkraft til havs (s. 22)
- 2.2.3: Solenergi (s. 22)
- 2.2.4: Bioenergi (s. 24)
- 2.2.5: Geotermisk energi (s. 25)
- 2.2.6: Spillvarme (s. 26)
- 2.2.7: Andre energikilder (s. 26)

2.3: Energieffektivisering og redusert energibruk (s. 27)

- 2.3.1: Internasjonal satsing på energieffektivisering (s. 27)
- 2.3.2: Energieffektivisering i Norge (s. 28)

2.4: Økt tilgjengelig energi i Norge (s. 29)

- 2.4.1: Redusert energibruk i bygg (s. 29)
 - 2.4.1.1: Energieffektivisering i bygg gjennom tekniske tiltak (s. 29)
 - 2.4.1.2: Energisparing i bygg gjennom energiledelse (s. 29)
 - 2.4.1.3: Nye varmepumper (s. 30)
 - 2.4.1.4: Andre rapporter om redusert energibruk i bygg (s. 30)
 - 2.4.1.5: Oppsummert om bygg (s. 31)
- 2.4.2: Redusert elforbruk i industri (s. 31)
 - 2.4.2.1: Aluminiumsindustrien (s. 32)
 - 2.4.2.2: Kjemisk industri og annen metallindustri (s. 32)
 - 2.4.2.3: Annen industri enn metall, kjemisk og treforedling (s. 32)

2.4.2.4: **Treforedling** (s. 32)

2.4.2.5: **Oppsummering av redusert bruk av elektrisitet i industri. 2030 og 2040 er basert på SINTEFs rapport** (s. 33)

2.4.3: **Redusert elforbruk i annet næringsliv og offentlig forvaltning** (s. 33)

2.4.4: **Oppgradering/ utviding av gamle vannkraftverk** (s. 34)

2.4.5: **Endret produksjon på grunn av klima og vassdragsrevisjoner** (s. 34)

2.4.6: **Vind- og vasskraftverk under bygging** (s. 35)

2.4.7: **Vindkraftproduksjon og nedlegging av anlegg** (s. 35)

2.4.8: **Nye vannkraftanlegg** (s. 35)

2.4.9: **Solceller på tak og i fasader** (s. 36)

2.4.10: **Biogass** (s. 36)

2.4.11: **Nye energiformer** (s. 36)

3: Oppsummert om tilgang på kraft (s. 37)

3.1: Elektrisitetsproduksjon (s. 37)

3.2: Redusert elforbruk (ikke innlagt økt aktivitet i industri og samfunnet ellers) (s. 38)

3.3: Tilgjengelig kraft sammenlignet med 2020 (s. 38)

3.4: Statnetts prognose for elektrifisering av Norge (s. 39)

3.5: Krafttilgang målt opp mot Statnetts prognose (s. 40)

3.5.1: **Statnetts satsing på hydrogen er delvis et sidespor** (s. 40)

4: Tiltak for å oppnå energieffektivisering (s. 40)

4.4: Hvite sertifikat som tiltak for energieffektivisering (s. 40)

4.5: Offentlige innkjøpsordninger (s. 41)

4.6: Krav til informasjon om kraftbruk (s. 41)

4.7: Tiltak for biogass (s. 41)

4.8: Andre tiltak (s. 41)

5: Vedlegg 1: Beregningsunderlag for del 1 (s. 41)

1: Del 1 - Utredning basert på analyser fra SINTEF, Statnett og NVE

Utredningsgruppen tar utgangspunkt i offisielle rapporter fra SINTEF og Statnett om forbruk og produksjon av elektrisk energi fram mot 2050, supplert med tall fra Norges vassdrags- og energidirektorats (NVE) analyser. Man gjør endringer i tallene for produksjon og forbruk begrunnet i en alternativ energipolitikk som blant annet legger langt større vekt på energiøkonomisering og bedre utnytting av eksisterende vannkraftverk. Med dette som bakgrunn tegnes det et framtidsbilde av kraftsituasjonen i 2050 som alternativ til de offisielle rapportene.

Utredningsgruppen viser at med en målrettet satsing på enøk, bedre utnytting av allerede utbygd vannkraft og skrinlegging av planene om videre elektrifisering av oljevirkomheten, kan Norge få et kraftoverskudd på rundt 46 TWh i 2050. I tallet er det allerede tatt høyde for økt bruk av strøm til «det grønne skiftet» ved blant annet elektrifisering av bilparken og til ferger, og til å dekke en betydelig vekst i nye kraftkrevende næringer.

1.1: Fire rapporter som utgangspunkt

Det tas utgangspunkt i fire rapporter som omhandler det framtidige elektrisitetsbehovet i Norge:

- Rapportene «*Strømforbruk mot 2040*»² fra 2019 og «*Langsiktig kraftmarkedsanalyse 2020 - 2040*»³ fra 2020, er utarbeidet av NVE og analyserer strømforbruket i Norge og i en del europeiske land fram mot 2040.
- Rapporten «*Langsiktige markedsanalyse - Norden og Europa 2020-2050*»⁴ er utarbeidet av Statnett i 2020.
- Rapporten «*Veikart for energi i Norge mot 2050*»⁵ er utarbeidet av SINTEF i 2020.

I tillegg vises det til tilgjengelige data og analyser på ulike deltema som blant annet energiøkonomisering, solenergi, opprustning og utvidelse av eksisterende vannkraftanlegg, som er omtalt senere i dette dokumentet.

Prosess21, som er et strategiarbeid for norsk prosessindustri, har levert et partsinnspill til regjeringen om kraftbehovet i denne industrien framover. Rapporten omtales, men analyseres ikke i denne sammenhengen.

Alle rapportene peker på to store tendenser som kan bidra til å øke strømforbruket mot 2050. Den viktigste er overgangen fra fossil energi til fornybar strøm, og den andre er framveksten av nye kraftintensive næringer som datasentre, batterifabriker og produksjon av hydrogen som ledd i «Det grønne skiftet».

SINTEF og Statnett analyserer situasjonen fram mot 2050, mens NVE har valgt 2040 som sluttår. Utredningsgruppen har valgt 2050, blant annet fordi det da forventes at oljeproduksjonen nærmer seg null, og at de fleste vindkraftkonsesjoner da har løpt ut og må bli fornyet.

I den følgende tabellen vises sammenslåtte verdier fra rapportene. Underlaget er hentet fra tabeller, grafer og regneark i rapportene, og presenteres som rådata, dvs. uredigerte. Men utredningsgruppen har i sine regneark rettet opp helt innlysende summeringsfeil, slik at kolonnene får riktig totalsum, og noen verdier er avrundet.

2 «Strømforbruk mot 2040»: https://publikasjoner.nve.no/rapport/2019/rapport2019_22.pdf

3 «Kraftmarkedsanalyse 2020 – 2040»: <https://www.nve.no/energiforsyning/kraftmarkedsdata-og-analyser/langsiktig-kraftmarkedsanalyse>

4 Langsiktig kraftmarkedsanalyse Norden Europa 2020 – 2050: https://www.statnett.no/globalassets/for-aktorer-i-kraftsystemet/planer-og-analyser/langsiktig-markedsanalyse-norden-og-europa-2020-50_revidert.pdf

5 «Veikart for energi i Norge fram mot 2050»: <https://www.sintef.no/publikasjoner/publikasjon/?pubid=1793057>

Som tabell 1.1.1 under viser, er det store sprik mellom anslagene for strømforbruk og strømproduksjon i de ulike rapportene. Usikkerheten blir naturlig nok større jo lengre tidsperspektivet er. Det betyr at tallverdiene kan betraktes som framtidsbilder mer enn prognoser.

Ut fra tabellen ligger Norge an til få et netto strømoverskudd på om lag 13 TWh i 2050 med de nevnte rapportene som utgangspunkt. Dette er en middelvei av flere scenarier.

Sammenslått NVE, SINTEF og Statnett-verdier													
Rådata fra rapportene er uredigerte													
	[TWh]	SINTEF					Statnett				NVE		
		Fasit	Tjeneste-samf.		Industri-samf.		Basis-prognose				Basis-scenariet		
		2020	2030	2050	2030	2050	2020_E	2030	2040	2050	2020_E	2030	2040
Vannkraft	136,4	136	135	138	143	139	148	150	152	140	146	149,3	
Vindkraft land	13,1	12	12	13	39	11	21	24	24	14	18	20	
Vindkraft hav		0	0	0	1	0	4	15	20	0	2	4	
Solkraft		4	7	0	1	0	3	5	10	0	2	7	
Termisk	3,4	0	0	0	0	2	0	0	0	2	1	1	
Total prod	152,9	152	154	151	184	152	176	193	206	156	169	182	
Industri, petroleum, datasentre ol		45	45	62	80	45,4	71	74	77	60	73	74	
Bygg, alminnelig forbruk, husholdninger, tjenesteyting		60	62	63	68	92	88	85	77	64	59	57	
Transport inkl. hydrogen-satsing		12	13	11	25	3	13	24	35	1	9	17	
Nett-tap		9	10	10	12	0	0	0	0	12	13	14	
Total forbruk	132,9	126	130	146	185	140,4	172	183	189	137	155	163	
Netto overskudd	20	26	24	5	-1	11,6	4	10,6	17	19	14,4	19	
Midlere netto strøm-overskudd i 2050:	13 TWh												

Tabell 1.1.1: Framtidig strømproduksjon og forbruk basert på rapporter fra SINTEF, Statnett og NVE.

Forklarende kommentarer til tabell 1.1.1:

1. Statnetts rapport har flere poster for forbruk enn de to andre selskapene. Utredningsgruppen har valgt å transformere disse til de samme postene som SINTEF og NVE har.
2. Statnett oppgir ikke nett-tap. Det kan vurderes slik at de har inkludert verdiene i de andre forbrukstillene. Nett-tap er jo rimelig godt definert.
3. Fra SINTEF-rapporten har utredningsgruppen valgt å bruke data fra scenariene «Tjeneste-samfunnet» og «Industri-samfunnet» som er SINTEFs mest ekspansive scenario. Det betyr at man har valgt bort «Referanse-scenariet», som forutsetter få endringer i samfunnsutviklingen, blant annet at oljeutvinningen vil fortsette som nå. SINTEF sier selv at energisystemet mest sannsynlig vil utvikle seg et sted mellom de to valgte scenariene.
4. Verdier i tabellen merket «2020_E» representerer selskapets estimat for 2020 før 2020 har gått. Endelig verdi for 2020 står i kolonne 1 «Fasit».
5. Midlere netto strømoverskudd (nederst): Tallene er midlet SINTEF og Statnett-verdier for 2050. NVE-tall er ikke medregnet, siden de bare har regnet fram til 2040.

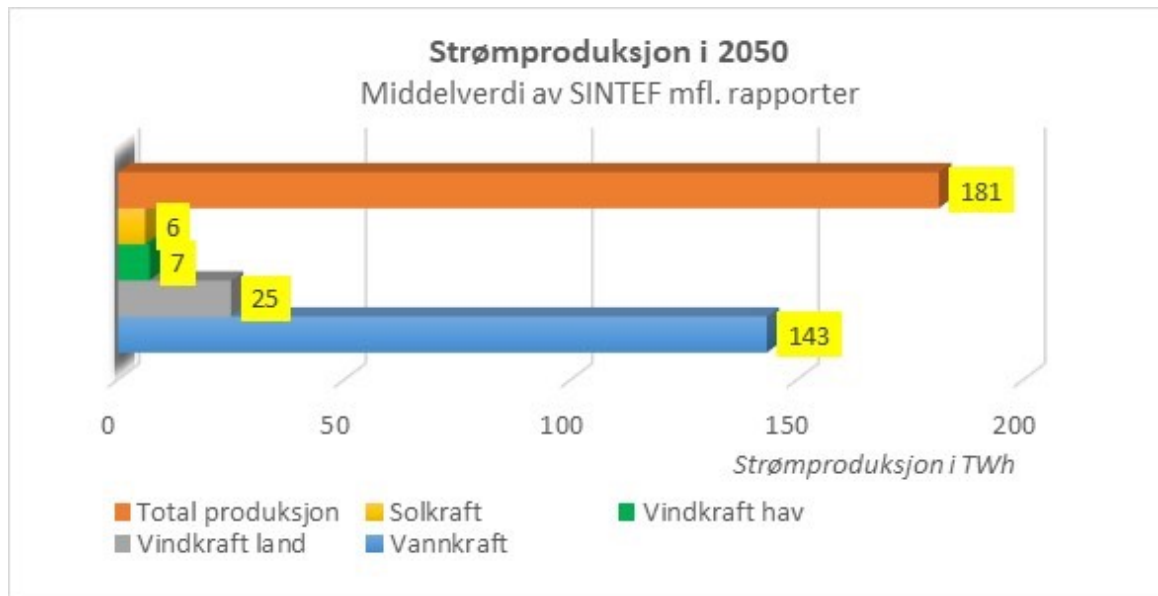
I den følgende tabellen er hovedtabellen komprimert og forenklet ytterligere, slik at den kan leses på en enklere måte.

Sammenslåtte og midlede SINTEF og Statnettverdier:

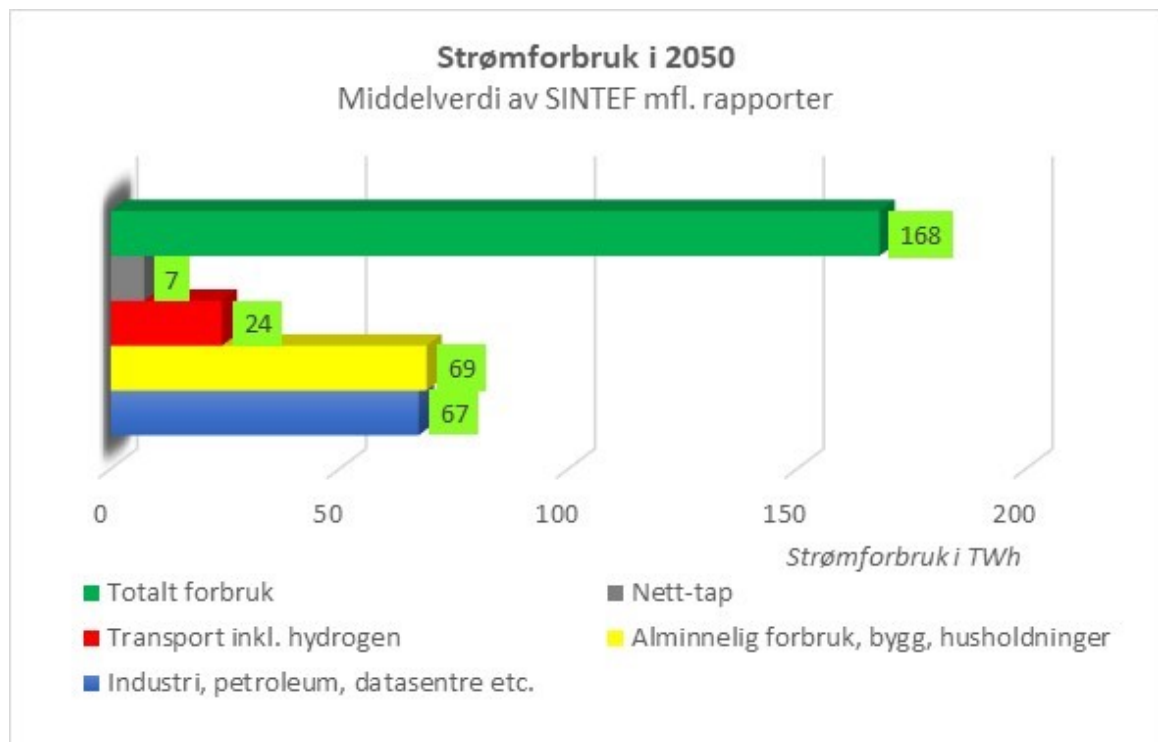
Produksjon i 2050 [TWh]	Middel
Vannkraft	143
Vindkraft land	25
Vindkraft hav	7
Solkraft	6
Termisk	0
Total produksjon	181

Forbruk i 2050 [TWh]	Middel
Industri, petroleum, datasentre etc.	67
Alminnelig forbruk, bygg, husholdninger	69
Transport inkl. hydrogen	24
Nett-tap	7
Totalt forbruk	168
Produksjonsoverskudd	13

Tabell 1.1.2: Komprimerte og midlede produksjons- og forbrukstall.



Figur 1.1.3 Midlere strømproduksjon i 2050.



Figur 1.1.4 Midlere strømforbruk i 2050

1.2: Oppsummering av rapportene

Rapportene fra NVE, Statnett og SINTEF viser at Norge kan få et komfortabelt kraftoverskudd fram mot 2050. Da er det tatt høyde for økt bruk av strøm til «det grønne skiftet» ved blant annet elektrifisering av bilparken og til ferger, og til å dekke en betydelig vekst i nye kraftkrevende næringer som datasentre og batterifabrikker.

Påstandene om at Norge kan få et stort strømunderskudd i 2050 er derfor ikke riktig ifølge disse rapportene. Bildet om kraftunderskudd blir ytterligere svekket dersom man legger inn realistiske tall for energieffektivisering av bygninger og kraftintensiv og annen industri. Det er tiltak som i liten grad er analysert og tatt hensyn til i rapportene fra NVE og Statnett.

Samtidig kan man øke vannkraftproduksjonen vesentlig mer enn det rapportene viser gjennom å oppgradere og eventuelt utvide eksisterende vannkraftanlegg. Det kan skje uten eller med minimale naturinngrep.

De samme rapportene legger også til grunn at det skal gjennomføres en ytterligere elektrifisering av petroleumsvirksomheten fram mot 2050. Nyttene av å føre strøm fra land og ut til installasjoner på sokkelen er neppe effektiv klimapolitikk. Det bør derfor ikke gjennomføres, selv om det kan bli lønnsomt for oljeselskapene på grunn av økt kvotepris og stigende CO₂-avgift, og fordi mesteparten av kostnaden betales av forbrukerne via skatte- og avskrivningssystemet. Strøm fra land til sokkelen gir sannsynligvis liten global reduksjon av CO₂-utslipp, uavhengig av diskusjoner om turbineffektivitet og Norges tilknytning til EUs kvotesystem [ETS]. Dette fordi strøm fra land til sokkelen uansett vil bety tilsvarende redusert mulighet til å eksportere kraftoverskudd direkte til kraftmarkeder i Europa, der kullkraft i hovedsak er marginalkraft.

Analysene viser også at det nordiske kraftmarkedet kan få et betydelig kraftoverskudd fram mot 2050, noe Norge vil kunne dra fordel av og som kan være en garanti for norsk strømforsyning i eventuelle tørrårssituasjoner.

1.3: Et alternativt framtidssbilde

I tabell 1.3.1 har utredningsgruppen revurdert tallene for forbruk og produksjon i 2050 i de omtalte rapportene, basert på en alternativ tilnærming der det blant annet legges inn en realiserbar satsing på enøk og høyere vannkraftproduksjon som følge av oppgradering av kraftanleggene.

For strømproduksjonen brukes NVE/SSB-tall for 2020 som referanse, og kolonnen kalles «Fasit 2020». For strømforbruket er ikke tilsvarende SSB-tall tilgjengelige på det nåværende tidspunkt. Derfor bruker utredningsgruppen middelveiene fra de omtalte rapportene som referanse for endringene. Denne kolonnen kalles for «SINTEF mfl. 2020». Sluttverdiene (resultatet) finnes i kolonne helt til høyre «Alternativt scenario».

Hovedendringene for strømproduksjonen i 2050:

- Vannkraftproduksjonen økes med 25 TWh fra dagens nivå, uten nye anlegg. Det skjer gjennom økt satsing på oppgradering og eventuelle utvidelser av gamle vannkraftanlegg, teknologiutvikling og gjennom økt nedbør/tilsig.
- Vindkraft på land fryses på dagens nivå, påbegynte anlegg ferdigstilles, og dette gir 17 TWh i 2022. Det betyr at de gjenværende konsesjonene ikke blir utbygd.
- Vindkraft-konsesjoner går ut etter 25 år, og mange av disse vil ikke bli fornyet, bl.a. omstridte anlegg som Haramsøya, Okla (Stadt) og Frøya. Begrunnelsen er opinionspress, redusert lønnsomhet, strømoverskudd på grunn av ENØK-satsing, nye helseopplysninger (infralyd, forurensing) mm. Derfor vil det bare være 7 TWh vindkraftproduksjon igjen i 2050.
- Havvind koblet til det norske kraftnettet justeres ned fra 7 til 3 TWh (NVE antar 4 TWh), noe utredningsgruppen mener er ambisiøst nok fordi utbyggingskostnadene og kabelpris blir veldig høy.
- Totalproduksjonen blir da 178 TWh, som er en økning på 25 TWh fra dagens nivå.

Hovedendringene for strømforbruket i 2050:

- Enøktiltak i bygg reduserer forbruket til 34 TWh. Det er lavere enn det forbruket Arnstadutvalget⁶ kom fram til for 2040 (40 TWh). FME ZEN Forskningsssenter⁷ mener Norge kan redusere dagens forbruk med 38 TWh mot 2050, altså til ca. 30 TWh i 2050.
- Elektrifiseringen av olje- og gassinstallasjonene fra land fryses på dagens nivå (ca. 10 TWh), og vil gå ned til 8 TWh i 2050 på grunn av nedgang i produksjonen.
- For datasentre og batteriproduksjon beholdes middelverdien fra analysene i rapportene som er på 7 TWh. For datasentre er det grunn til å bremse og avvende utredninger som viser om de tjener samfunnet, jfr. erfaringer fra Luleå⁸ og Ballangen⁹. Satsingen på batterifabrikker derimot kan øke forbruket en god del om de blir realisert. I sum altså ingen endring.
- Totalforbruket endres dermed til 133 TWh. Da ender man opp med 35 TWh lavere forbruk enn de analyserte rapportenes oppsummering.

Sammenlagt fører det til at Norge kan få et produksjonsoverskudd på om lag 46 TWh i 2050.

⁶ Arnstadutvalget i 2010: https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/krd/vedlegg/boby/rapporter/energieffektivisering_av_bygg_rapport_2010.pdf

⁷ <https://energiogklima.no/to-grader/ekspertintervju/ekspertintervjuet-energibruken-i-bygg-kan-naer-halveres-pa-30-ar>

⁸ <https://svenska.yle.fi/artikel/2020/10/14/30-000-utlovade-jobb-blev-i-verkligheten-56-nar-datajatte-kom-till-lulea>

⁹ https://www.nrk.no/nordland/skulle-bli-verdens-storste-datasenter-med-3000-arbeidsplasser-_kan-i-stedet-bli-10_15-1.14228232

Strømproduksjon i 2050 i TWh	Fasit	SINTEF mfl.	Endring	Alternativt
Økt vannkraft O/U og mindre vindkraftutbygging	2020	2050	ift. 2020	scenario
Vannkraft	136	143	24,8	161
Vindkraft land	13	25	-6	7
Vindkraft hav	0	7	3	3
Solkraft	0	6	6	6
Termisk	3,4	0	-2	1
Total produksjon	153	181		178

Strømforbruk i 2050 i TWh	SINTEF mfl.	Endring	Alternativt
Økt ENØK-satsing, elektrifisering av transport og mindre til oljeindustrien	2050	ift. SINTEF	scenario
Industri, petroleum, datasentre ol	67	-11	57
Alminnelig forbruk, bygg	69	-29	40
Transport inkl. hydrogen	24	0	24
Nett-tap	7	-	12
Totalt forbruk	168		133

Produksjonsoverskudd [TWh]

13

46

Tabell 1.3.1 Justerte produksjons- og forbrukstall i et alternativt framtidsbilde.

Tilleggsopplysning til tabellen over:

I kolonne «Fasit 2020» er oppgitt normalårsproduksjonen (med normalnedbør/normalvind)¹⁰. Den faktiske produksjonen for 2020 var 141.6 TWh for vannkraft og 9.9 TWh for vindkraft av en totalproduksjon på 154.2 TWh.

Tar man med bare sluttresultatet, blir tabellen slik:

Strømproduksjon i 2050 i TWh Økt vannkraft O/U og mindre vindkraftutbygging	Alternativt scenario
Vannkraft	161
Vindkraft land	7
Vindkraft hav	3
Solkraft	6
Termisk	1
Total produksjon	178
Strømforbruk i 2050 i TWh Økt ENØK-satsing, elektrifisering av transport og mindre til "sokkelen"	
Industri, petroleum, batterifabrikker ol.	57
Alminnelig forbruk, bygg	40
Transport inkl. hydrogen	24
Nett-tap	12
Totalt forbruk	133
Produksjonsoverskudd [TWh]	46

Tabell 1.3.2: Komprimert framstilling av tabell 1.3.1

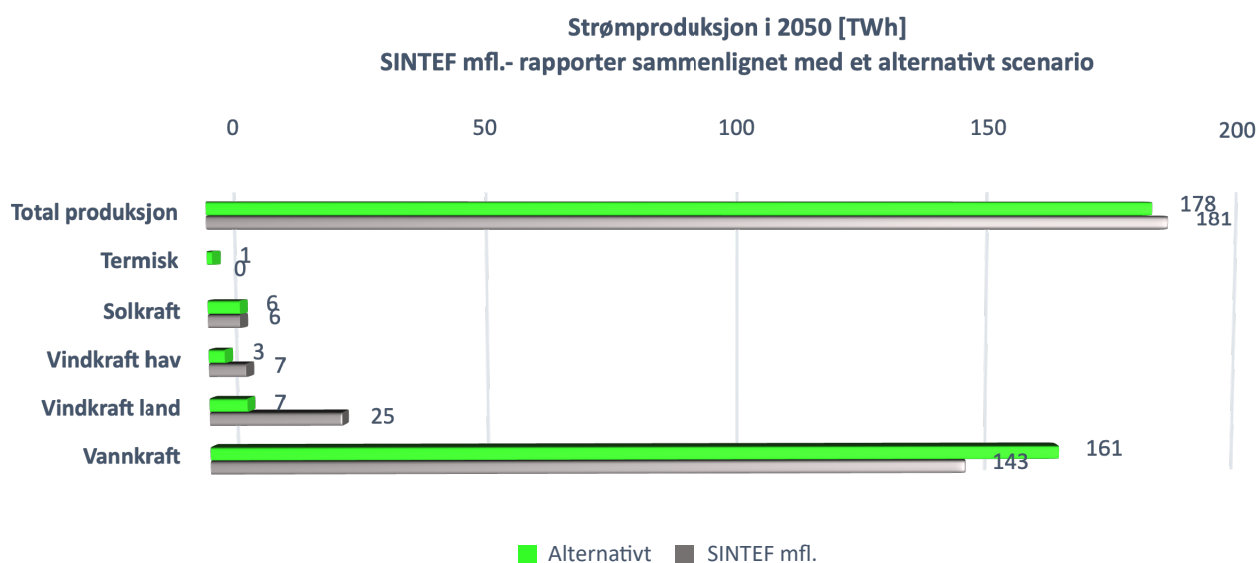


Fig. 1.3.3: Sammenligning av produksjonstall for 2050: Rapportenes middelværdi og alternativt scenario.

¹⁰ NVE, Kraftsituasjonen: <https://www.nve.no/energiforsyning/kraftproduksjon/?ref=mainmenu>

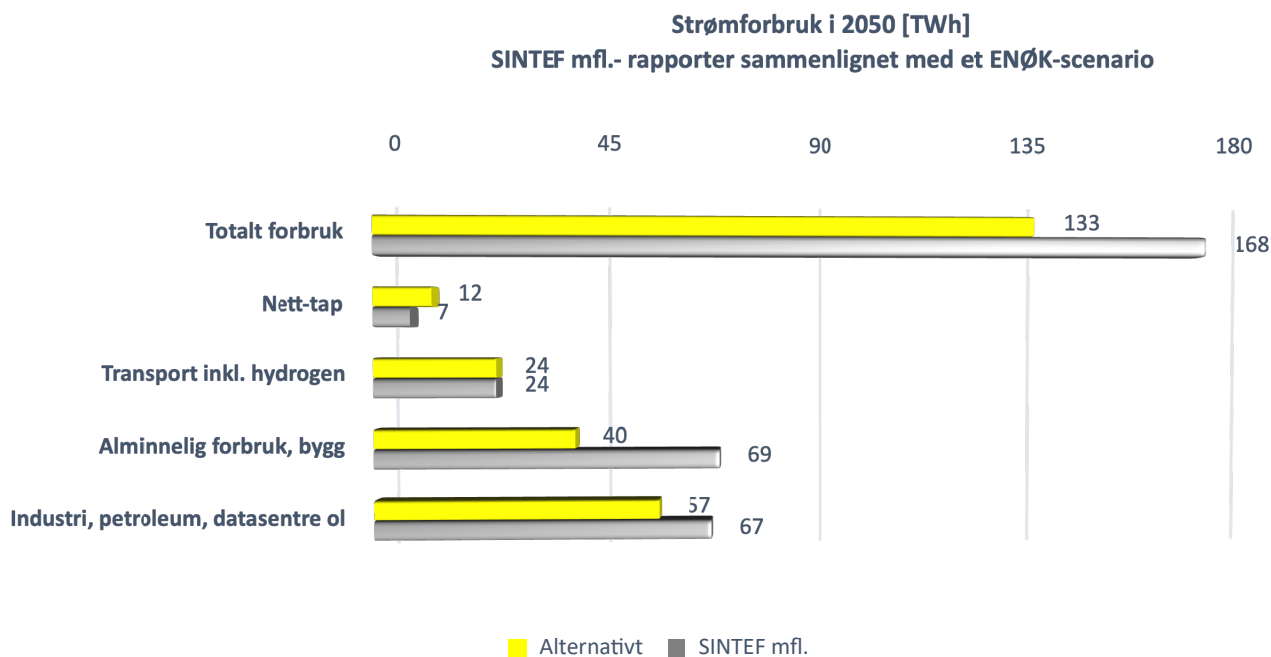


Fig. 1.3.4: Sammenligning av forbrukstall for 2050: Rapportenes middelværdi og alternativt enøk-scenario.

1.4: Konklusjon for et alternativt framtidsbilde

Med målrettet satsing på enøk, bedre utnyttning av allerede utbygd vannkraft og skrinlegging av planene om videre elektrifisering av oljevirkksomheten, kan Norge få et kraftoverskudd på rundt 46 TWh i 2050. Dette gir blant annet muligheter for Hydro Aluminium til å realisere sine planer om et nytt anlegg for aluminiumsproduksjon på Karmøy, og Yara Porsgrunn kan modernisere sitt gjødsel-anlegg med CO₂-fjerning. Begge prosjektene krever ifølge selskapene store mengder stabil kraft (1500 MW/12 TWh) fra vannkraft¹¹.

1.5: Sluttmerknad

Et generelt bilde er at Norge mangler en helhetlig energipolitikk der energiproduksjon og energisparing ses i sammenheng. I dette bildet må enøk spille en langt mer framskutt rolle i framtiden. I scenariene for kraftbehov fra myndighetene framskrives stort sett dagens enøk-nivå uten at det blir gjenstand for nærmere analyse.

Fra viktige fagorganer som SINTEF og NTNU samt Arnstad-utvalget er det dokumentert et betydelig potensial for enøk innen bygningssektoren, kraftkrevende industri og annen industri, samt fra energiproduksjon innen vannkraft. Dette er stort sett neglisjert i myndighetsrapportene og i rapporten fra Prosess21. Selv Prosess21 påpeker at Norge mangler et ambisiøst regelverk og en virkemiddelpakke for energiøkonomisering.

På den måten legitimerer analysene til SINTEF, Statnett, NVE og Prosess21 en politikk og en tenkemåte der økt energibehov skal dekkes ved stadig ny utbygging uten å vurdere måten man bruker energien på.

Det er også grunn til å minne om at FNs bærekraftsmål ikke kan nås hvis reduksjon av CO₂-utslippene medfører et stadig økende tap av verdifull natur. Det vil bli konsekvensen hvis utformingen av ny politikk følger logikken i disse rapportene.

¹¹ TU-artikkel, debatt: 2021-03-23-prioriter vannkraft til prosessindustrien-TU.pdf

Framtidig energibehov må derfor vurderes i et bærekraftperspektiv der mål og forpliktelser på klimaområdet balanseres mot tilsvarende mål for å bevare natur og arts mangfold.

Vi redder ikke klimaet ved å ødelegge naturen. Derfor er det tvingende nødvendig med en total omlegging av energipolitikken.

Prosess 21 mener det må bygges ut 56 TWh mer kraft til 2050

Prosess21 er et strategiarbeid for norsk prosessindustri og ble etablert av Nærings- og fiskeridepartementet i 2018. I en nylig fremlagt rapport peker de på at kraftbehovet i Norge kan øke med hele 82 TWh fram til 2050. Av dette vil blant annet 15 TWh gå til datasentre og batterifabrikk og tilsvarende til hydrogenproduksjon i industrielle prosesser.

I tillegg regner de med 15 TWh til videre elektrifisering av oljeinstallasjoner på sokkelen og på land. I sine anslag har de lagt inn et enøkpotensial i industrien på 2 TWh og i bygninger på 8 TWh i perioden.

Ifølge Prosess21 må Norge bygge ut 56 TWh mer kraft utover det som er normalproduksjonen i dag i tillegg det som er under bygging. De understreker samtidig at det er umulig å vite hvordan det framtidige energiforbruket kommer til å se ut. Ulike prognoser spriker i mange retninger, noe som gjenspeiler hvor stor usikkerheten er både når det gjelder hvor mye elektrifisering som er realistisk. Mye må ses på som ambisjoner heller enn prognoser, heter det i rapporten.

«Kraftmarkedet- Prosess21- Ekspertgrupperapport»¹².

¹² https://www.prosess21.no/contentassets/39713b28868a41858fc2c8a5ff347c0b/nf_prosess21_ekspertgrupperapport_kraftmarkedet_def_131020.pdf

2: Del 2 - Slik skaffer vi tilstrekkelig fornybar energi

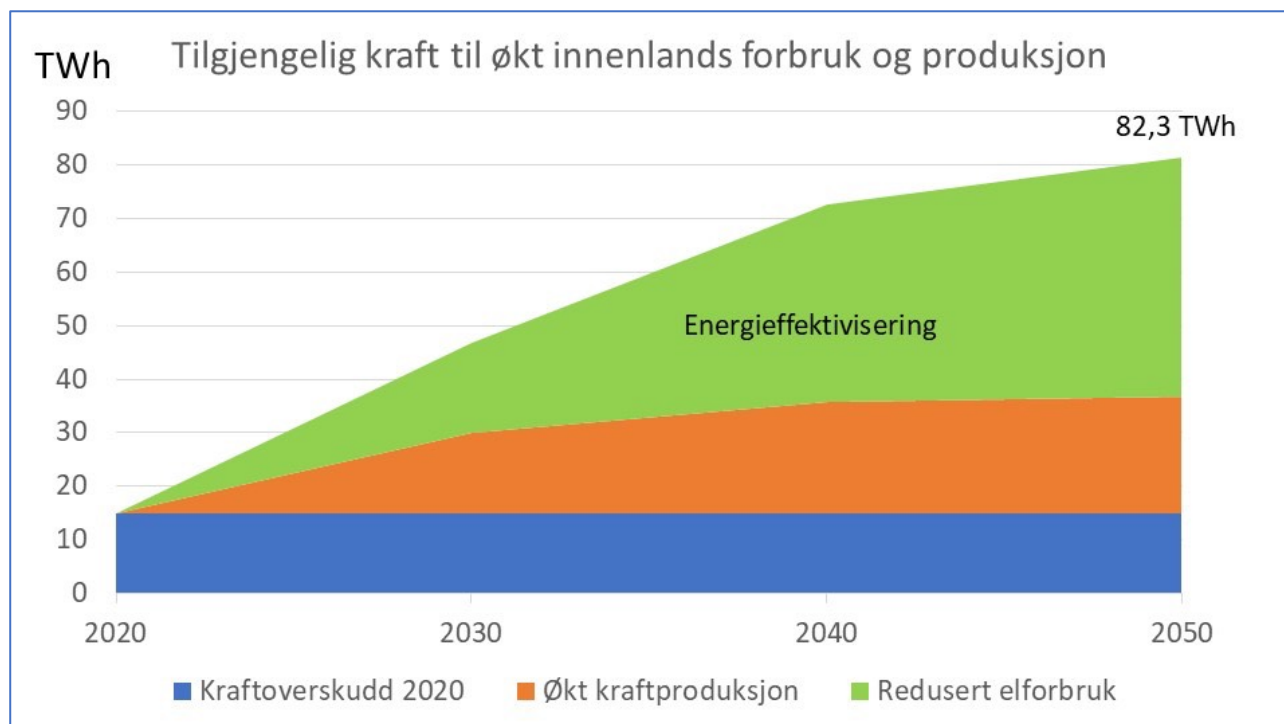
Her analyserer utredningsgruppen mulighetene for tilgang på ny elektrisk energi fram mot 2050, med utgangspunkt i dagens forbruk, uten å legge til nytt forbruk. Det vurderes hvor mye strøm det er mulig å «frigjøre» gjennom tiltak for redusert energibruk i bygg, industri, offentlig forvaltning og næringslivet ellers. I tillegg vurderes potensialet for effektivisering av eldre kraftverk og potensialet for solenergi på tak og fasader. I analysene er det brukt utredninger fra Norges vassdrags- og energidirektorat, Statnett, SINTEF og mange andre kilder som grunnlag.

Utredningsgruppen viser at summen av tilgjengelig kraft til «fri benyttelse» i 2050 kan være om lag 82 TWh med utgangspunkt dagens produksjons- og driftsnivå. Se tabell under.

Tilgjengelig kraft sammenlignet med 2020:

		2030	2040	2050
Økt kraftproduksjon		15 TWh	20,7 TWh	22,8 TWh
Redusert forbruk		16,9 TWh	36,8 TWh	45,1 TWh
Sum ny tilgjengelig kraft		31,9 TWh	57,5 TWh	67,3 TWh
Kraftoverskudd 2020	15 TWh	15 TWh	15 TWh	15 TWh
Tilgjengelig kraft til nye formål	15 TWh	46,9 TWh	72,5 TWh	82,3 TWh

I «økt kraftproduksjon» ligger blant annet kraftverk under bygging, mer nedbør (klimaendring), oppgradering av gamle vannkraftverk og ny solenergi, minus nedlegging av en del vindkraftverk.



Statnett har laget prognose for elektrifisering av Norge, og alternativet «omfattende elektrifisering» krever 25 TWh utvidet kraftbehov når man ser bort fra elektrifisering av sokkelen. Dersom dette legges inn i anslagene for energieffektivisering, blir det fortsatt 57,3 TWh tilgjengelig kraft til videre utvikling av industri etc, ut over det som ligger i Statnetts prognose.

Statnett har i tillegg et scenario som heter «fullelektrifisering med hydrogen», som vil kreve 47 TWh når man ser bort fra elektrifisering av sokkelen. Selv etter slik «fullelektrifisering med hydrogen» vil det være 35,3 TWh tilgjengelig for andre formål. Her vil man også skyte inn at utredningsgruppen er sterkt kritiske til slik satsing på hydrogen som Statnett foreskriver. Biogass

fra husdyrgjødsel og andre avfalls ressurser kan blant annet erstatte kraftkrevende hydrogen i mange sammenhenger.

2.1: Generelt om energi

2.1.1: Norsk energibruk i dag

Norges innenlandske forbruk av energi var 214 TWh i 2019, og 75,2 TWh av dette var fossilt. I tillegg ble det brukt 28,9 TWh energiråvarer i industrien, som steinkull til produksjon av silisium, aluminium og andre metaller, gass til produksjon av metanol, olje til asfalt etc. Kilde: Statistisk sentralbyrå¹³.

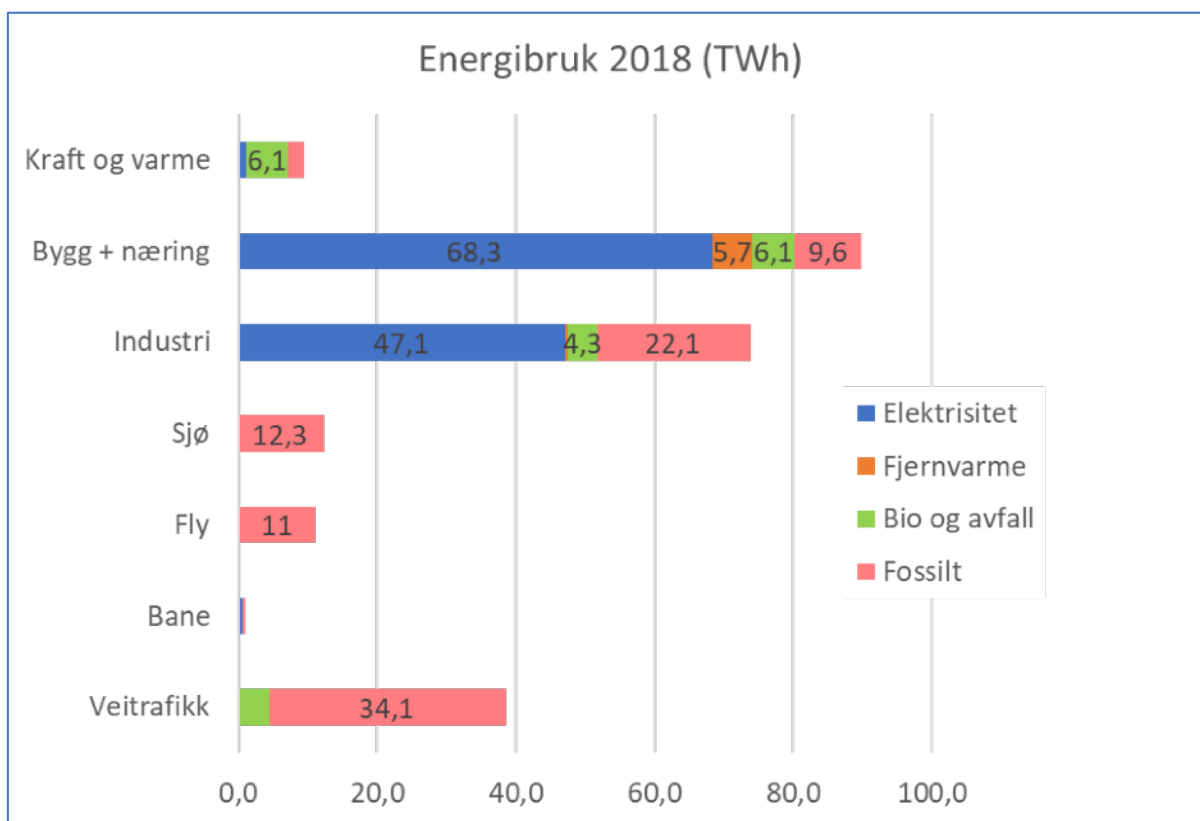
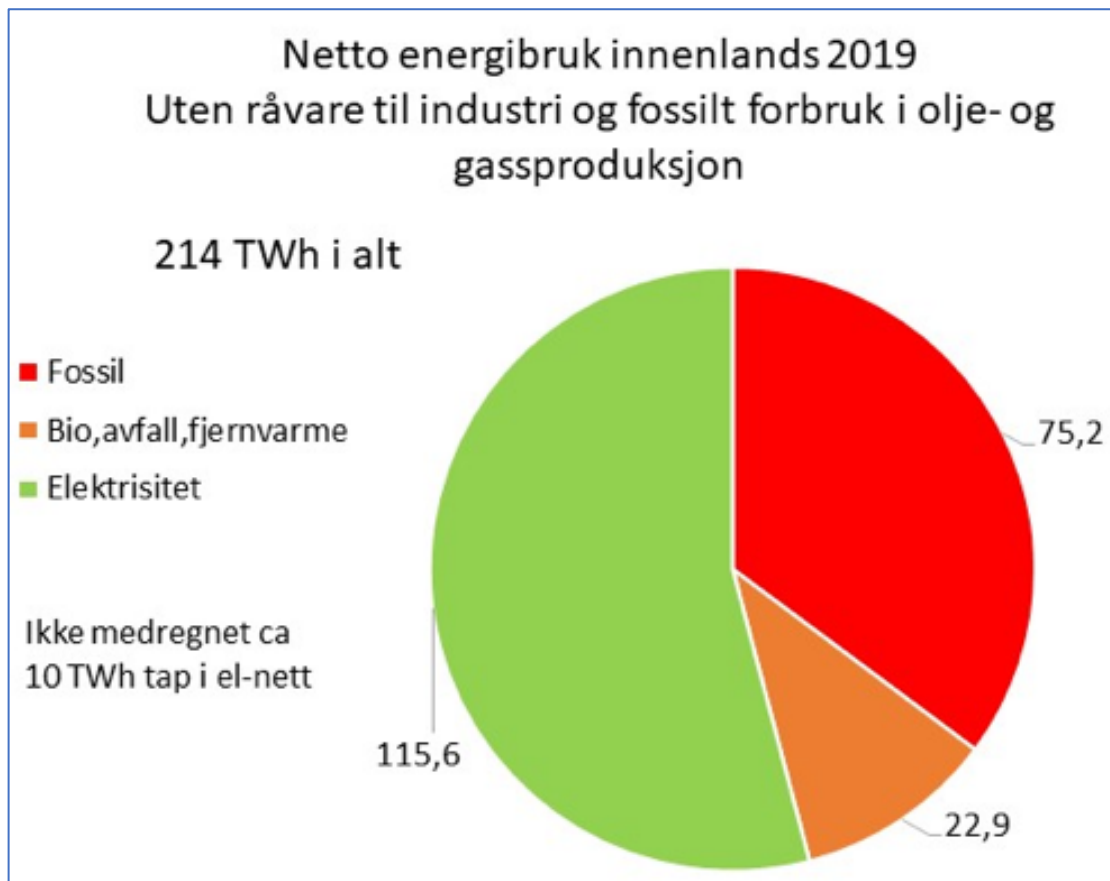


Fig. 4: Fordeling av energi i ulike sektorer. Ingen del av olje- og gassproduksjonen er med, verken til havs, eller på land.

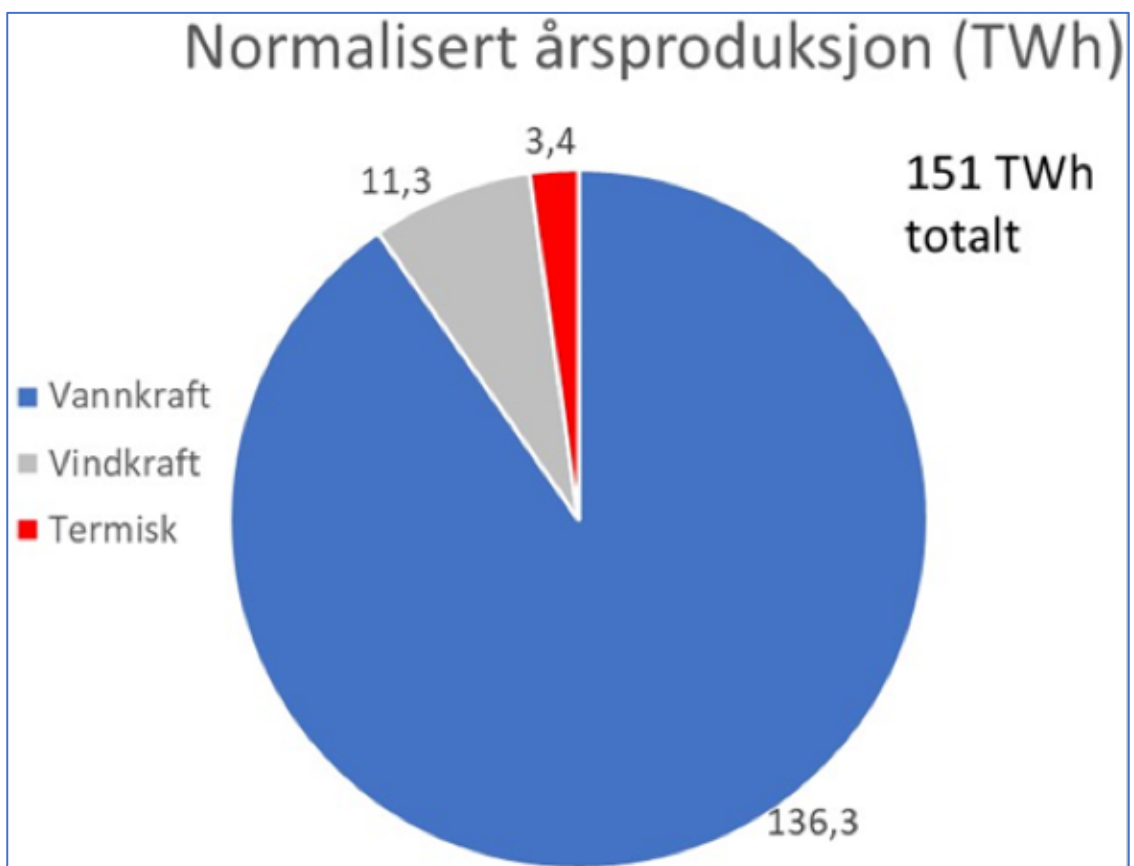
Det er 22,9 TWh bio, avfall og fjernvarme. Av dette ca 6 TWh importert bioenergi, der palmeolje og andre lite bærekraftige former for bioenergi også inngår.

Dette bør også bli vurdert for utfasing.

¹³ <https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/energibalanse/aar>



2.1.2: Norsk el-produksjon 2019



«Normalisert» årsproduksjon er hva NVE forventer i et år med gjennomsnittlig vær, basert på gjennomsnittlig tilsig for perioden 1981-2010¹⁴. Produksjonen i et enkelt år vil avvike fra dette. Termisk produksjon er spesielt knyttet til gasskraftverket på Mongstad, som skal stanse produksjonen. Vindkraft er basert på installert effekt ved utgangen av 2019, og ikke produksjonen i 2019.

2.1.3: Energi og effekt

Effekt er det man bruker i øyeblikket, for eksempel varmeovn på 2000 W (2 kilowatt eller 2 kW). Energien måler man som effekt x tid. Når varmeovnen på 2 kW har stått på i 1 time, så har den blitt tilført 2 kWt eller 2 kWh, om man bruker norsk eller engelsk bokstav for time.

En vindturbin på 4,2 MW (4.2000 kW = 4,2 Megawatt) leverer 4,2 MWh i timen når den går for fullt. Fordi vinden er variabel, brukes årstimetall eller kapasitetsfaktor for å regne ut årsproduksjonen. Det er 8.760 timer i et år, og årstimetallet for en turbin på land er ca 3.200 timer. Kapasitetsfaktoren er da 37%. En 4,2 MW turbin produserer $4,2 \times 3.200 = 13.440$ MWh, eller 13,44 GWh i året. Den totale norske elproduksjonen minus ledningstap er 135 - 145 TWh (terawattimer) i året. En del blir vanligvis eksportert. Netto eksport var 20,5 TWh i 2020 og 0 TWh i 2019. «Normalisert» netto eksport er 15 TWh i året.

Fakta om energi	Fakta om effekt
1 kWh, kilowattime, er mål for energi.	1 kW, kilowatt, er mål for effekt
1000 kWh = 1 MWh (Megawattime)	1000 kW = 1 MW (Megawatt)
1000 MWh = 1 GWh (Gigawattime)	1000 MW = 1 GW (Gigawatt)
1000 GWh = 1 TWh (Terawattime)	Norsk vasskraft: totalt ca 33 GW
Norsk elproduksjon er 135 - 145 TWh/år	Vindkraft 2019: 3,5 GW

2.1.4: Energikvalitet

Statnett sier at 97 TWh fossil energi kan bli erstattet med 30-50 TWh elektrisitet. Årsaka er at elektrisitet har høy energikvalitet. Mens en elektrisk motor har virkningsgrad på over 90%, utnytter en dieselmotor 35 % av energien i dieselen.

For varmeenergi er temperaturen viktig. Spillvarme med temperatur 50°C, har høyere energikvalitet enn spillvarme med temperatur 15 °C. Mens spillvarme på 50°C kan bli brukt direkte til oppvarming av bygg, må man tilføre ekstra energi med varmpumpe for å kunne bruke spillvarme på 15°C.

I avisartikler står det ofte feil om energi. 5 kWh elektrisitet kan bli lagt sammen med 5 kWh spillvarme, til 10 kWh for å illustrere energibruk, selv om det er stor forskjell på energikvaliteten. Slik addisjon er ofte meningsløs. Fysikkinteresserte kan søke på nettet om exergi og anergi.

2.1.5: Fornybar energi

«Fornybare energikilder er en betegnelse på energikilder som har sin opprinnelse i naturens eget kretsløp og som, innenfor et menneskelig tidsperspektiv, kontinuerlig fornyes og kan dermed anses som uuttømmelige.^{15»}

¹⁴ <https://www.nve.no/energiforsyning/kraftproduksjon/?ref=mainmenu>

¹⁵ Store Norske Leksikon (SNL)

Dette kan være energi fra vind, sol, vann, biomasse, geovarme og bølgekraft. Bortsett fra geovarme har alle disse energiformene direkte opphav i energi fra sola. Dette er den variable innsatsfaktoren for å produsere anvendelig energi, mens utstyret (faste innsatsfaktoren) vil ha innbygd fossil energibruk og en begrenset levetid. Det betyr at selv fornybar energi vil ha en fossil CO₂-faktor. Norsk vannkraft er den kommersielle energien med lavest fossil CO₂-faktor, 6 g CO₂/kWh. Grunnen er at de faste innsatsfaktorene (tunnel, dam etc) har svært lang levetid.

2.1.6: Fossil energi

Energikilder «som, innenfor et menneskelig tidsperspektiv, ikke fornyes og dermed må betraktes som en ressurs som kan gå tom.» (Store Norske Leksikon).

CO₂ fra disse energikildene går ikke tilbake i naturens lager i «et menneskelig tidsperspektiv». Omfattende bruk av slike energikilder er årsaken til økt innhold av CO₂ i atmosfæren. Kull, olje og gass er lagret i flere millioner år, og torv i tusenvis av år.

Ved bruk av fossil energi (og bioenergi) er det mulig å samle opp CO₂ fra avgassen, og injisere dette i velegnede bergarter (CCS). Foreløpig er dette kostbart, og krever i tillegg en god del energi.

2.1.7: Kjernekraft

Dagens verk er basert på energi fra spalting av atomer (fisjon). Disse reaktorene kan produsere materiale for atomvåpen, opererer under høyt trykk, og har vesentlige avfallsproblemer.

Det er i dag under utvikling alternative fisjonsreaktorer, spesielt saltsmeltreaktorer, som både kan brenne grunnstoffet Thorium og radioaktivt avfall fra tradisjonell kjernekraft. Radioaktivt avfall og spredning av atomvåpen er vurdert som de to største problemene med kjernekraft. Saltsmeltreaktorer med Thorium er dårligere egnet til å produsere materiale til atomvåpen enn tradisjonelle reaktortyper. De opererer under normaltrykk, og er «passivt sikre» mot nedsmelting. Avfallsproblemene er radikalt mindre enn fra tradisjonelle atomkraftverk. Det antas at slike kraftverk kan utvikles i løpet av 10-15 år.

Kjernekraft basert på sammensmelting av hydrogenatomer (fusjon) er under utvikling. Det største internasjonale prosjektet, «ITER» i Frankrike, planlegger å starte anlegget som prototyp i 2035, om forsøk på igangkjøring i 2025 blir vellykka. Det blir lite stråling og lite problem med radioaktivt avfall, men det er sannsynligvis svært lenge til dette kan bli en reell energikilde.

2.2: Energiproduksjon

Ulike former for aktuell energiproduksjon i Norge.

2.2.1: Vannkraft

Ca 60% av alle norske elver er bygget ut, med store konsekvenser for vannmiljøet. Etter omfattende aksjoner mot utbygging fra 1970 (Mardøla) og utover i 1980-åra, der den mest kjente er Alta-aksjonen, ble det gjennom flere år vedtatt verneplaner for vassdrag¹⁶ og det blir arbeidet for å verne flere vassdrag. 2000 markert en form for stans i utbygging av store vasskraftverk i Norge: «Uberørt natur får en stadig større verdi. Vi er nå kommet dit at tiden for nye, store vannkraftutbygginger i Norge er over¹⁷».

¹⁶ <https://www.nve.no/vann-vassdrag-og-miljo/verneplan-for-vassdrag>

¹⁷ St.meld. nr. 37 (2000-2001), Om vasskrafta og kraftbalansen, <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/Stmeld-nr-37-2000-2001-/id194921/sec3>

De senere årene er det åpnet for utbygging av mindre anlegg i verna vassdrag, og det er dessverre i tillegg nylig lagt fram forslag om å utvide slike inngrep i verna vassdrag¹⁸.

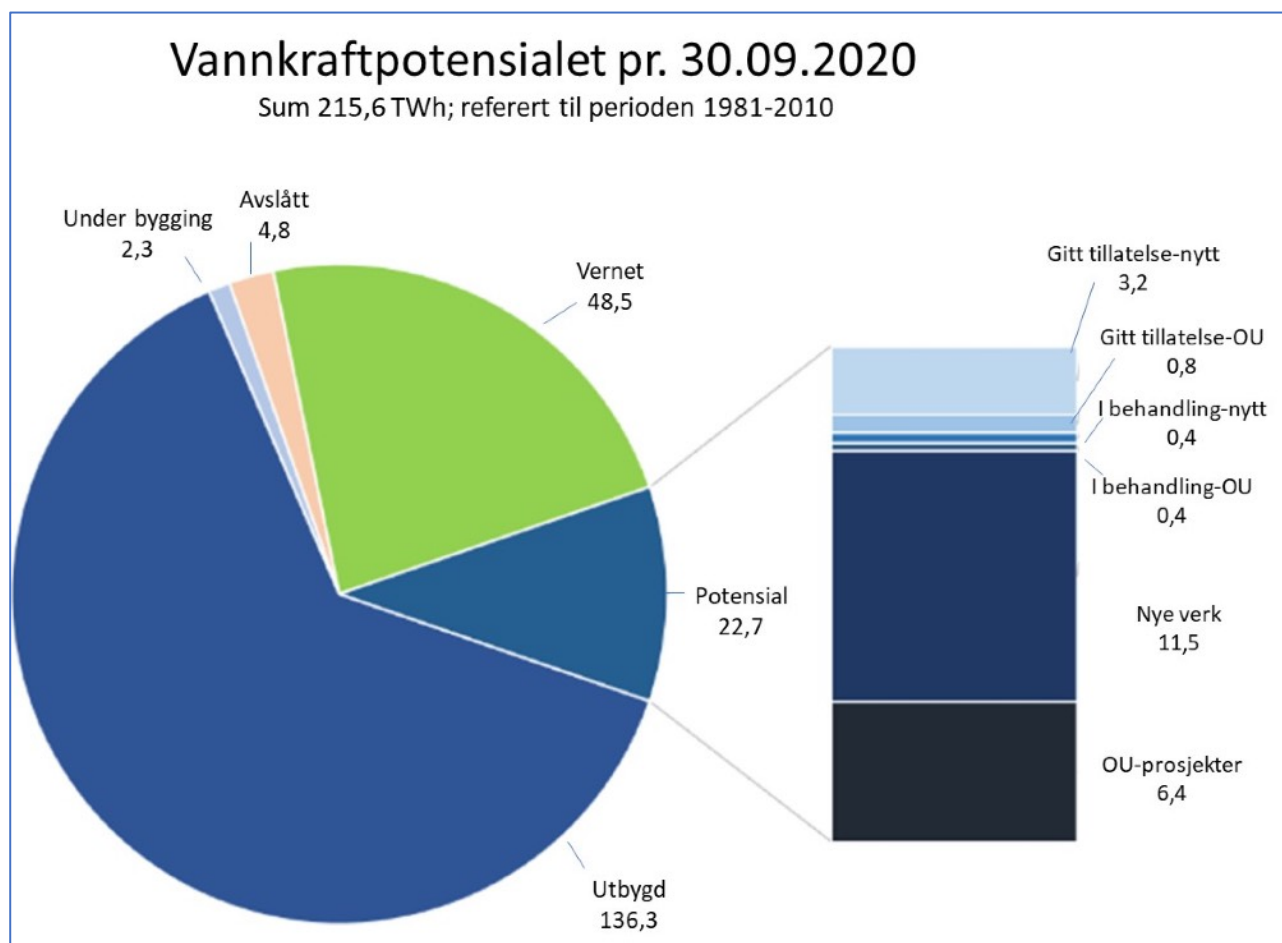


Fig. 1: NVE, 06.10.2020, <https://www.nve.no/nytt-fra-nve/nyheter-energi/hvor-mye-kraft-kan-vi-fa-ved-oppgradering-og-utvidelse-av-kraftverkene/>

Total utbygget kapasitet i vannkrafta er 33.000 MW, fordelt på ca 1.150 kraftverk. Midlere produksjon er 136,4 TWh, og 11,4 TWh av dette er småkraft¹⁹. Samlet magasinkapasitet er 87 TWh, 4.000 dammer i 2021²⁰. Det vil si at magasinkapasiteten svarer til ca 64% av et års kraftproduksjon.

Det er noen få pumpekraftverk i Norge, der det blir pumpet vann opp i et magasin ved kraftoverskudd, og produsert elektrisitet med dette vannet etter behov.

2.2.2: Vindkraft

Det finnes ulike beregninger for energipotensialet for vindkraft på land i Norge. Teoretisk potensiale hvis man ekskluderer alle hensyn til mennesker, dyre-, fugle- og planteliv, økosystemer og vernet natur, er trolig et sted mellom 420 og 480 TWh (kilder: NVE og NTNU).

Totalt utbygget kapasitet på land 08.03.2021: 4.000 MW. Midlere produksjon ca 13 TWh/år.

Figuren under, fra NVE viser en voldsom økning i installert produksjonskapasitet i årene 2016-2020, fra 2,2 TWh til 13 TWh.

¹⁸ Høyre-forslag vil tillate kraft-utbygging i vernede vassdrag, Bergens tidende, 05.09.2020

¹⁹ NVE, 01.01.2021, <https://www.nve.no/energiforsyning/kraftproduksjon/vannkraft/?ref=mainmenu>

²⁰ NVE, 03.06.2020, <https://www.nve.no/energiforsyning/kraftmarkedsdata-og-analyser/om-magasinstatistikken>

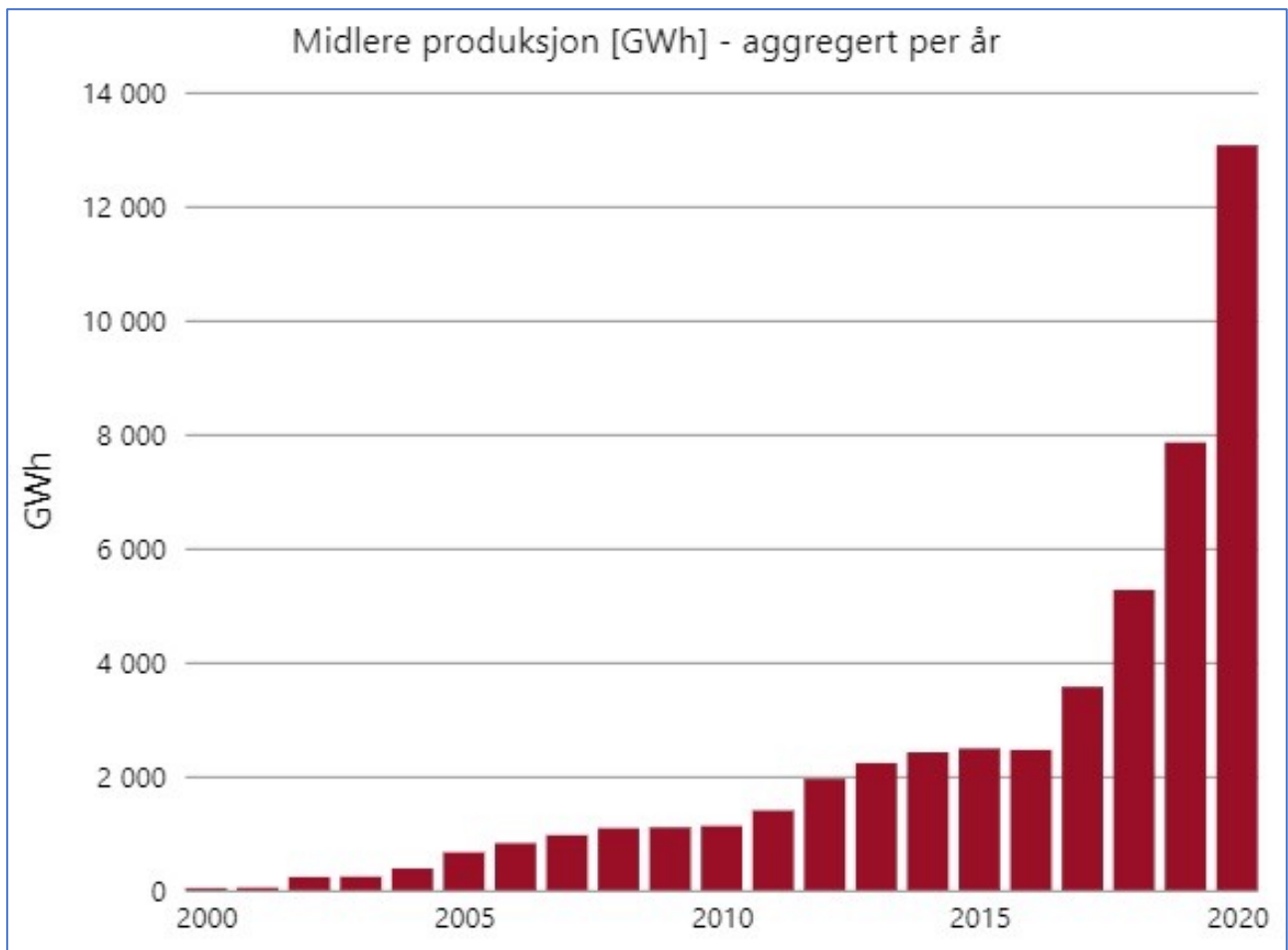
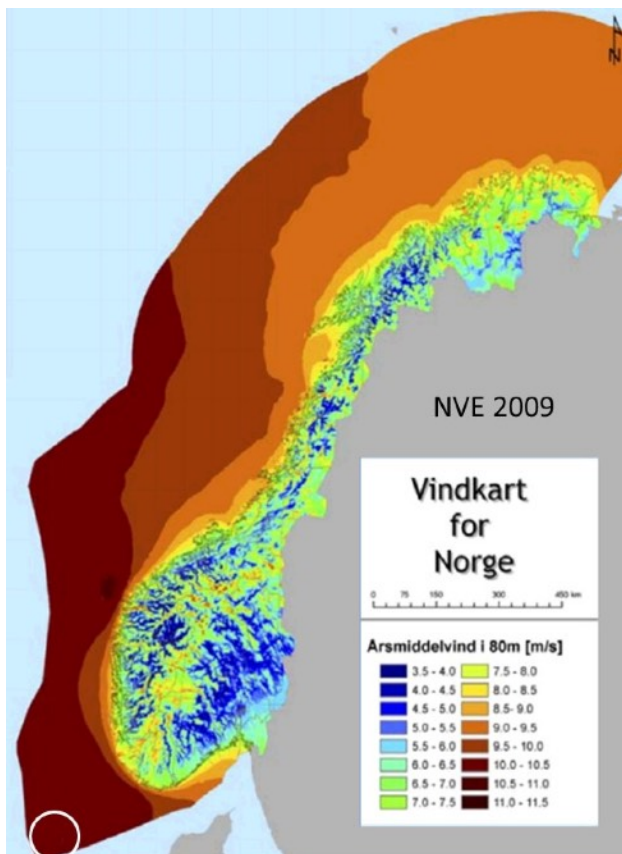


Fig. 2: NVE 08.03.2021, <https://www.nve.no/energiforsyning/kraftproduksjon/vindkraft/>

2.2.2.1: Vindkraft til havs



NVEs vindkart viser at de store vindkraftressursene er til havs. Fordi vindenergien øker sterkt med vindfarten, vil en økning fra 8 m/s til 9,5 m/s øke energien med 60%. Samtidig er brukstida for anlegg til havs i gjennomsnitt over 4.000 timer, mens den er 3.200 timer på land.

Den hvite sirkelen i sørlige del av Nordsjøen, nær Ekofisk, viser hvor NVE mener det er mulig med bunnfaste installasjoner i Norge. Basert på tall fra den Europeiske vindunionen, kan et felt her, på 70x70 km produsere opp mot 135 TWh, like mye som Norges vannkraftproduksjon.

Vindkraft til havs er foreløpig lite undersøkt for negative miljøvirkninger. Det kan være negativt for fiskeriene, er kostbart, og vil kreve store subsidier.

I denne utredningen ser man bort fra vindkraft til havs, da utredningsgruppen ser det som mulig å få tilstrekkelig energi uten havvind. Diskusjonen om havvind overlates til andre fora.

2.2.3: Solenergi

Markedet for solceller i Norge er i forandring. Fra et tidlig, og i internasjonal sammenheng kjempestort «hyttemarked», har solceller også inntatt hustak på boliger og yrkesbygg i sentrale strøk.

Potensialet kan være ganske stort, også uten å ta i bruk anlegg på bakken, som går på bekostning av dyrket mark og natur. Institutt for Energiteknikk (IFE) og Solenergiklyngen har denne prognosen:

«Ifølge veikartet er det teoretiske potensialet for årlig kraftproduksjon fra solceller på norske tak på hele 30 terawattimer (TWh).²¹»

Men:

«Med dagens rammeverk tror bransjen imidlertid at den årlige produksjonen av solkraft på norske tak «bare» vil øke til mellom to og fire terawattimer (TWh) i 2030.»

Statnett opererer med totalt 3 TWh solkraft i 2030, 5 TWh i 2040 og 10 TWh i 2050²².

²¹ E24, 08.12.2020, <https://e24.no/olje-og-energi/i/1Bvq9W/nytt-veikart-om-solkraft-kan-bygge-ut-mye-mer>

²² Langsiktig kraftmarkedsanalyse Norden Europa 2020 – 2050, figur 11-2, s 49, https://www.statnett.no/globalassets/for-aktorer-i-kraftsystemet/planer-og-analyser/langsiktig-markedsanalyse-norden-og-europa-2020-50_revidert.pdf

Solceller produserer mest når forbruket er lavest, med en produksjon nær null i perioden desember – januar, slik at det er behov for vesentlige tiltak for å balansere produksjonen. Forskjellen mellom sommer og vinter er en faktor på 20-40.

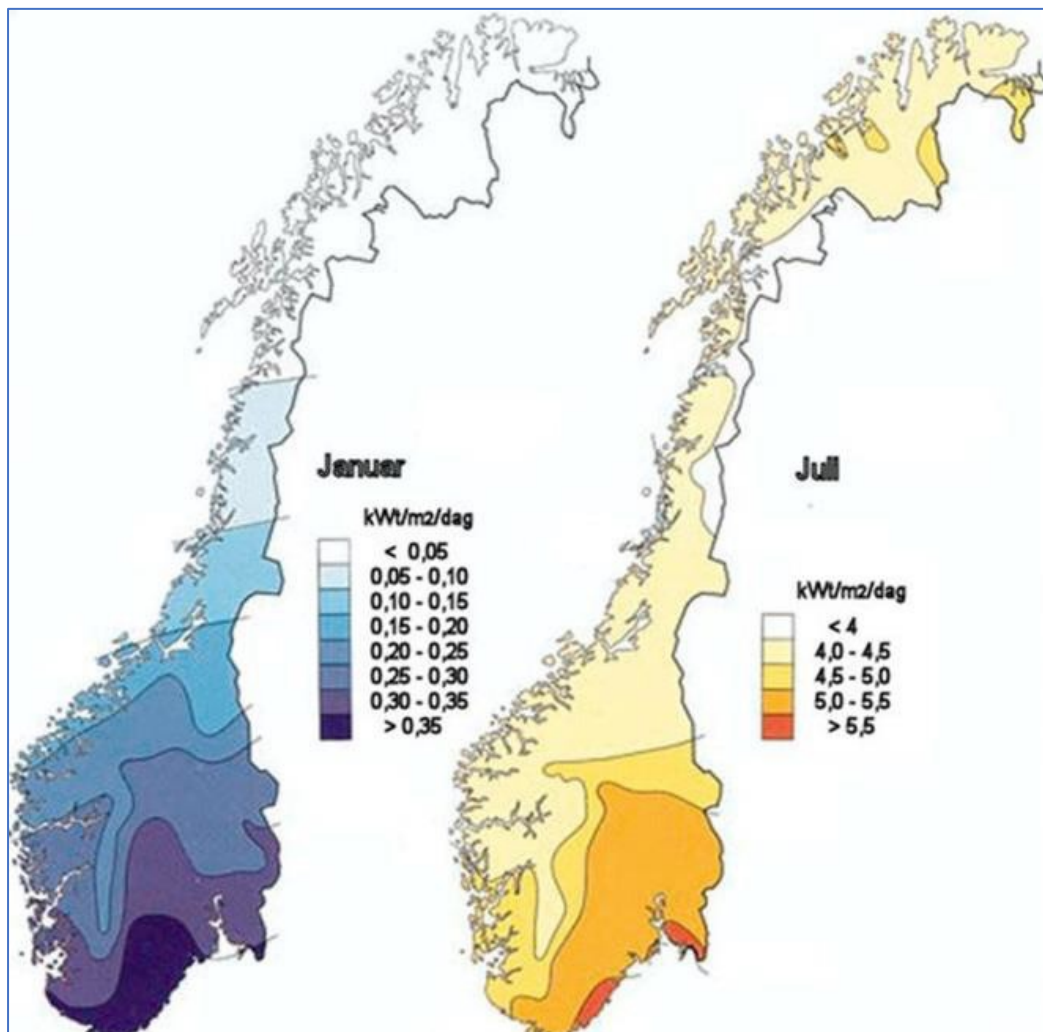


Fig. 3: Absorbert solenergi i Norge i januar og juli, kWh per m² og dag. Kilde: Norsk solenergiforening.

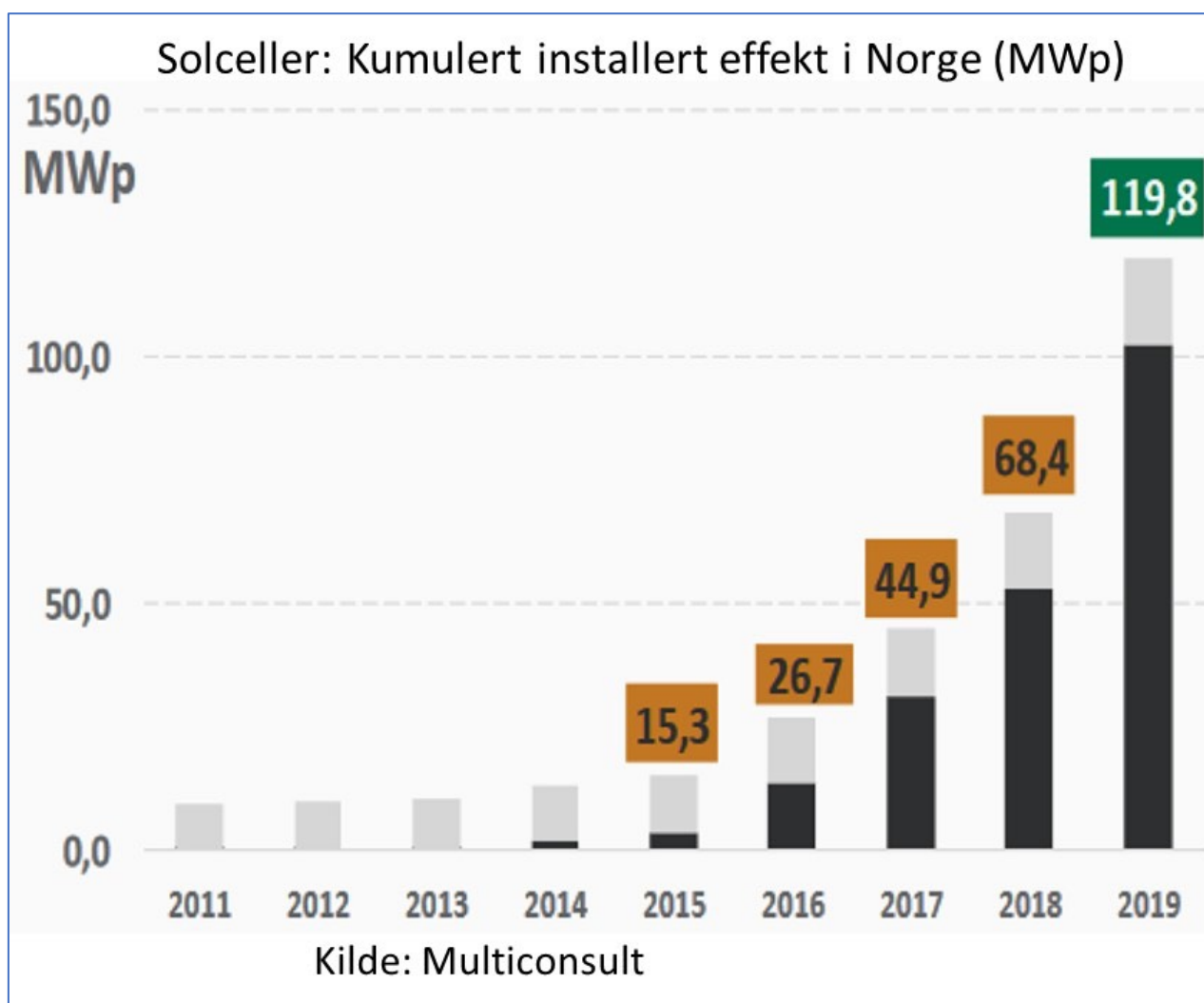


Fig. 4: Grå; ikke koblet til nettet. Svart; koblet til nettet.

CO₂-faktoren for solceller er komplisert å beregne, og studier tyder på store forskjeller på hvor mye CO₂ som slippes ut i anleggets livsløp (LCA). Utslippene er høyest for små anlegg, plassert i områder med lav solinnstråling. Utslipp fra monteringsystemet kan reduseres med ca 60 prosent om anlegget erstatter annet takbelegg som takstein og liknende. Utslipp over anleggets forventede levetid utgjør 30-120 CO₂eq/kWh. Lavest utslipp kommer fra de største anleggene med enklest montering. CO₂-faktoren er også avhengig av hvor i verden delene blir produsert og type energi som blir brukt. Man kan regne med 120-150 kWh/ m² produsert energi i året i Norge, og at det trengs ca 7 km² flate for å produsere 1 TWh.

Det er under utvikling solceller for integrering i fasader, som ytterligere kan øke potensialet.

2.2.4: Bioenergi

Norge brukte 22,9 TWh bioenergi, fjernvarme og avfallsforbrenning i 2019 (SSB). Av dette var 4,6 TWh importert. Mye av dette går til innblanding av biodrivstoff i diesel, og kan gi store utslipp av klimagass, naturskade og bruk av areal for matproduksjon i andre land.

Avansert biodrivstoff, fra rester fra papirproduksjon, trelastbruk og av rivningsmateriale kan være akseptabelt, men er en begrenset ressurs. Skogsdrift til denne typen drivstoff vil gi økt avvirkning, både i Norge og andre land, og legger beslag på store areal. Bioenergi skal i prinsippet gi nullutslipp, men når CO₂ fra skogsdrift har en svært lang sirkulasjonstid, vil satsing på dette i dag, gi et økt CO₂ innhold i atmosfæren i flere generasjoner. Det er mange grunner til å dempe entusiasmen for bioenergi som er i en del kretser, og planene om storstilt eksport av tre-pellets fra

Norge til Tyskland, for brenning i tyske varmekraftverk, bør bli lagt bort. Rester fra papirproduksjon og trelastbruk, rivningsmateriale og annen aktuell biomasse bør bli prioritert til størst mulig erstatning av fossilt kull i smelteverk.

Flere former:

1. Bra/akseptabelt

- Biogass basert på avfall (husdyrgjødsel, septikslam, våtorganisk avfall, slam fra fiskeoppdrett etc.) Målsettinga til Avfall Norge er 10 TWh i 2030²³. Potensialet fram mot 2040 er sannsynligvis en del større, kanskje 15 TWh
- Biokarbon til erstatning av fossilt kull i smelteverk (avhengig av tilgang)
- Vedfyring har lang tradisjon, men det bør bli brukt norsk, og ikke importert virke

2. Tvilsomt/negativt

- Bruk av hogstavfall (GROT), vil føre til økt CO₂ utslipp fra skogsdrift
- Produksjon av pellets for eksport til andre land
- Fortsatt satsing på flisfyringsanlegg
- Import av biodrivstoff fra andre land

2.2.5: Geotermisk energi

I Norge dreier dette seg stort i hovedsak om oppvarming (og kjøling) ved hjelp av varmepumper fra berggrunnen og vannressurser. Eksempler på store anlegg av denne typen, er Oslo Lufthavn (Gardermoen) og Akershus Universitetssykehus, der grunnvannsbasseng (Gardermoen) og berggrunn (Akershus) blir brukt for både oppvarming og kjøling.

Slike anlegg kan også bli brukt til både sesonglagring av varme, og som energikilde til fjernvarmeanlegg etc. Avantor Nydalen energisentral er godt eksempel på bruk av geotermisk energi og lagring av varme i 2 millioner m³ fjell^{24, 25}.

Geotermisk energi fra dype borehull ligger nok et stykke inn i framtida for å gi et vesentlig tilskudd til elektrisitetsproduksjon, men forskere på SINTEF og i Polen har startet et felles prosjekt med bruk av CO₂ som medium²⁶. Geotermisk energi på sokkelen er også under vurdering av store aktører²⁷.

På Gardermoen er rusegropa holdt snøfri med varme fra sirkulasjon gjennom to 1.500 m borehull (2018). Hvert borehull leverer 100 kW varme med driftskostnader på 5-10 øre/kWh²⁸.

«Det skal normalt ikke brukes varmepumpe for å heve temperaturen. Vannet som kommer opp, vil holde rundt 10 grader, og det er nok til å gjøre jobben.»

²³ Epost fra direktør Cecilie Lund i Avfall Norge, 18.02.2021

²⁴ <https://afgruppen.no/prosjekter/energi/nydalen-energisentral>

²⁵ <https://avantor.no/nydalen-energi>

²⁶ Vil forbedre potensialet for geotermisk energi, 26.11.2020. <https://www.geoforskning.no/nyheter/grunnforskning/2408-vil-forbedre-potensialet-for-geotermisk-energi>

²⁷ Klima - norsk sokkel i endring Konkraft-rapport 2016-2, https://konkraft.no/wp-content/uploads/2016/08/Konkraftrapport_komprimert_web.pdf

²⁸ Norges dypeste energibrønner skal levere 100 kWh hver, Teknisk Ukeblad, 11.06.2018, <https://www.tu.no/artikler/norges-dypeste-energibrønner-skal-levere-inntil-100-kilowatt-hver/439344?key=hVa3UuEe>

2.2.6: Spillvarme

Høytemperatur spillvarme i smelteverka blir allerede i stor grad brukt til elproduksjon, men det er fortsatt enkelte smelteverk der dette ikke er implementert.

Det er store mengder lavtemperatur spillvarme i industrien, og med tida kanskje også fra datasentre. Ikke minst gjelder dette aluminiumsverkene. Energigjenvinning i aluminiumsverkene for å bedre prosessen, til fjernvarme og eventuelt til elproduksjon er utviklet²⁹, men hittil ikke tatt i bruk.

«Studies show that this has the potential to improve ... cell current efficiency and energy consumption. Further uses can include district heating/cooling, [or] depending on the geographical location of the plant, by converting the heat to electricity using an Organic Rankine Cycle unit (ORC).³⁰»

I tilknytning til matvareindustri og butikker for dagligvarer er det store anlegg for kjøle- og frysebehov. Her er det spillvarme fra store kondensatorbatterier som i varierende grad blir utnyttet, og kan brukes direkte til oppvarming, eller bli lagret i energibrønner om sommeren for å hente ut varmen med varmepumper om vinteren.

Spillvarme egner seg godt til fjernvarme, og som innsats i andre bedrifter. Dette bør bli brukt i større grad, og slik gjenbruk bør bli lagt inn som vilkår ved lokalisering av ny industri og datasentre. Det er vanskelig å tallfeste framtidig virkning fra spillvarme på redusert behov for elektrisk energi til oppvarming i bygg. Varme i avløp kan også v.h.a. varmepumpe bli utnyttet til fjernvarme. Eksempel er Lillestrøm fjernvarme.

Det blir forsket på elproduksjon fra lavtemperatur spillvarme. Det er lav virkningsgrad, men med store energimengder kan det likevel gi en del elkraft³¹. Ikke minst gjelder det aluminiumsverkene.

2.2.7: Andre energikilder

En oversikt over noen andre energikilder, som sannsynligvis ikke vil gi vesentlige bidrag til norsk elproduksjon på lang tid, men fram mot 2050 kan det bli merkbart.

Bølgekraft

Norge har over 2000 km kyststripe som typisk mottar bølgeenergi på 24 kW/meter. Det betyr totalt 500 TWh energi i året. Som høyeste anslag kan man ta utgangspunkt i 10 prosent utbygging av en kyststripe på 2000 km, med en virkningsgrad på 20 prosent. Det ville gi en effekt 1,1 GW, eller ca 10 TWh i året.

Det er mange pågående forsøk på å etablere godt fungerende bølgekraft, men foreløpig har det vist seg vanskelig å etablere godt fungerende anlegg som samtidig tåler ekstremvær, og er økonomisk akseptabelt. Spørsmål rundt konsekvenser for miljø, sikkerhet til sjøs og fiskeri som følge av bølgekraft, er hittil i liten grad vurdert. Det har vært antydning 10% av Europas kraftforsyning fra bølgekraft i 2050³², men dette er foreløpig luftige anslag.

Ut ifra dette velger utredningsgruppen å se bort fra vesentlige bidrag fra bølgekraft i Norge fram mot 2040, men fram mot 2050 kan bølgekraft i f.eks. moloer, brygger (etc) kunne gi bidrag.

²⁹ <https://www.goodtech.no/losninger/miljo/energigjenvinning>

³⁰ Heat Recovery from Aluminium Cells Based on Heat Pipe Technology, Amal Aljasmí & al (Dubai Aluminium); Didier Ostorero & al (Goodtech recovery technology - Norway), 2017

³¹ TEGMA, <http://tegma.no>

³² <https://www.sintef.no/siste-nytt/2021/impact-sintef-er-med-i-europeisk-bolgekraftprosjekt-til-35-millioner-nok>

Saltkraft ved osmose

Det har vært vurdert et potensiale på 12 TWh/år ved utløp til hav fra elver i Norge. Statkrafts forsøk på å etablere et pilotanlegg ved Tofte i Hurum er lagt ned. Systemet krever blanding av 1 del ferskvann med 2 deler saltvann. Selv om systemet ikke medfører direkte forurensning, vil det kunne medføre betydelige miljøpåvirkninger ved elvemunningen.

Elproduksjon fra svært små temperaturforskjeller

Dette kan for eksempel være forskjell mellom overflatetemperatur og temperatur dypt nede i havet. Virkningsgraden for elproduksjon er veldig lav ved slike temperaturforskjeller.

2.3: Energieffektivisering og redusert energibruk

Utredningsgruppen skal beskrive to ulike metoder for redusert energibruk, og skiller mellom de på følgende måte:

Energieffektivisering/ redusert energibruk i form av tekniske tiltak.

Eks.: Bygg: mer isolasjon, nye vindu og varmepumpe. Industri: Nye produksjonsmetoder, energigjenvinning, energieffektive motorer etc

Sparing/ redusert energibruk med grunnlag i endret bruk/adferd

Eks.:

Bygg: slå av lys, lavere innetemperatur, mindre luftskifte og mindre bruk av varmtvann.

Industri: vedlikehold av trykkluftanlegg og andre former for smartere energibruk i produksjonen.

Når en skal vurdere hva som er mulig å oppnå, må en først vite **hvilke formål energien brukes til og hvor mye som går til de ulike behovene**. Dette gjelder både for industriproduksjon og drift av bygg. Det sentrale verktøyet her er innføring av Energiledelse (se; NS-EN ISO 50001:2011).

2.3.1: Internasjonal satsing på energieffektivisering

EUs energieffektiviseringsdirektiv

EU vedtok energieffektiviseringsdirektivet i 2012, og det ble oppgradert i 2018. Mens Norge i mange andre sammenhenger har vært rask til å innlemme direktiv fra EU, har det tatt lang tid med dette direktivet. Regjeringa konkluderte i mai 2019 med at direktivet skal inn i EØS-avtalen:

«Regjeringen har konkludert med at Energieffektiviseringsdirektivet skal innlemmes i EØS-avtalen med nødvendige tilpasninger.³³»

Norge vil kreve tilpassinger til direktivet, og Energi Norge hevdet i 2012 at Norge er i en spesiell situasjon med den omfattende fornybare produksjonen, og bør ha lavere mål for energieffektivisering enn land som i stor utstrekning kan nå målene sine ved bedre effektivitet i energisektoren³⁴. Energi Norge gjentok dette i 2019.

Energieffektivisering er sentralt i EUs energi- og klimapolitikk, og direktivet for energieffektivisering har et samlet mål på 32,5 prosent energieffektivisering innen 2030 for EU totalt. Som en del av dette, er medlemslandene forpliktet til 0,8% redusert energibruk i året³⁵.

³³ Energieffektiviseringsdirektivet, EØS-notat/ posisjonsnotat 28.05.2019, Regjeringen. <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2011/sep/energieffektiviseringsdirektivet/id2433307>

³⁴ Norwegian Implementation of EU Directives on Energy Efficiency, Tor Kristian Overå Haldorsen, master thesis, Universitetet i Oslo 2016.

³⁵ Energy Efficiency Directive, European Commission, <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-directive> (Referert 09.07.2019)

Det internasjonale energibyrået (IEA)

25.06.2019 etablerte IEA en internasjonal kommisjon for energieffektivisering: «*Global Commission for Urgent Action on Energy Efficiency*»³⁶.

IEAs direktør, Dr. Fatih Birol om energieffektivisering:

«No meaningful energy transition can take place without energy efficiency.»

IEA slo allerede i 2010 fast at energieffektivisering er det viktigste tiltaket i kraftsektoren for å oppnå klimamålet³⁷. Energieffektivisering skulle alene stå for minst 57% av tiltakene.

Mai 2021 lanserte IEA en rapport om hvordan energibransjen skulle bidra til å oppnå Parisavtalens mål om maks 1,5 graders temperaturstigning. Det ble raskt debatt om IEAs forslag om å stanse leting etter mer olje- og gass. At IEA har energieffektivisering som et grunnleggende vilkår, er ikke like kjent:

«A major worldwide push to increase energy efficiency is an essential part of these efforts, resulting in the annual rate of energy intensity improvements averaging 4% to 2030 – about three-times the average rate achieved over the last two decades.»³⁸

4% energieffektivisering i året er en høy målsetting, som også Norge må ta alvorlig.

2.3.2: Energieffektivisering i Norge

I Norge er det hittil satset relativt lite på energieffektivisering. I stedet er det i første rekke satset på ny energi. Det er påvist stort potensiale for å frigjøre fornybar energi i Norge gjennom energieffektivisering i bygg, industri og andre område, men Enova ser nå ut til å ha fått ordre om å satse mest på andre tiltak enn energieffektivisering/energisparring.

I regjeringserklæringa «Soria Moria II» (2009) lovte regjeringa å...:

«...lage en handlingsplan for energieffektivisering i bygg, med mål om å redusere samlet energibruk vesentlig i byggsektoren innen 2020.»³⁹

Dette løftet ble sterkt motarbeidet av energibransjen, med frykt for overskudd av elektrisitet, og det ble gjort lite med dette.

I regjeringserklæringa «Granavolden» (2019) kom det tilsvarende løfte fra Solbergregjeringa om å «realisere målet om 10 TWh energisparring i bygg innen 2030», men hittil er det ikke lagt fram troverdige tiltak for å oppnå dette.

Det er likevel lyspunkter. SINTEF har et eget senter for energieffektivisering i industri⁴⁰, med mål om å redusere spesifikk energibruk (energi pr produsert enhet) med 20-30%. I et innlegg i Dagens Næringsliv blir dette satt i perspektiv:

³⁶ IEA holds largest ever energy efficiency conference and launches new global commission for urgent action, 25.06.2019, <https://www.iea.org/newsroom/news/2019/june/iea-holds-largest-ever-energy-efficiency-conference-and-launches-new-global-commi.html>

³⁷ Energy Efficiency and Carbon Pricing, Lisa Ryan, 30.06.2010, IEA Paris.

³⁸ Net Zero by 2050, A Roadmap for the Global EnergySector, IEA, May 2021, Side 14, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ad0d4830-bd7e-47b6-838c-40d115733c13/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector.pdf>

³⁹ Politisk plattform for flertallsregjeringen utgått av Arbeiderpartiet, Sosialistisk Venstreparti og Senterpartiet 07.10.2009, <https://www.regjeringen.no/no/dokumentarkiv/stoltenberg-ii/smk/rapporter-og-planer/rapporter/2009/politisk-plattform-for-flertallsregjerin/id579058>

⁴⁰ HighEff, <https://www.sintef.no/projectweb/higheff>

«Den grønneste kilowattimen er den vi ikke trenger å produsere. Det er kortversjonen av en viktig forutsetning som det internasjonale energibyrået IEA har lagt inn i sine beregninger.

IEAs premis er at hele 37 prosent av utslippskuttet som må til for å innfri togradersmålet, tas gjennom mer effektiv utnyttelse av energi som alt er tatt i bruk. Men det budskapet ser ofte ut til å bli glemt.»⁴¹

2.4: Økt tilgjengelig energi i Norge

2.4.1: Redusert energibruk i bygg

2.4.1.1: Energieffektivisering i bygg gjennom tekniske tiltak

- Mer isolasjon i gulv, vegger og tak og av varme rør etc.
- Bedre vinduer og dører og varmegjenvinner i ventilasjon.
- Strengere krav til tetthet.
- Mer energieffektive motorer og styringssystem i ventilasjon.

Dette har ført til at et kontorbygg før 1987 kunne ha et forbruk på ca 180 kWh/m², mens kravet nå (TEK17) er 115 kWh/m².

Etter å ha analysert ulike bygningskategorier og areal har utredningsgruppen kommet fram til at ved oppgradering eller erstatning av tilsvarende areal vil det være mulig å redusere forbruket med 20 TWh. Av dette er ca. 19 TWh elektrisitet og 1 TWh er fjernvarme og biobrensel. For å være litt varsomme, velges det å legge seg på 6 TWh i 2030, 15 TWh i 2040 og 16 TWh 2050 som potensiale.

2.4.1.2: Energisparing i bygg gjennom energiledelse

Dette dreier seg om driftstiltak med relativt liten investeringskostnad. Et vilkår er at byggeier skaffer seg god kunnskap om hvilke formål energien brukes til og hvor mye som går til de ulike behovene. Med systematisk energioppfølging vil en kunne avdekke om drift og driftstider er tilpasset behov.

Med nye målere har både store og små forbrukere mulighet til å se variasjon i forbruk ned til timesnivå. Man vil anta at for alle sluttbrukere av elektrisitet vil det komme nettariffer som stimulerer til å flytte forbruk til andre tider på døgnet (eks. utkobling av varmtvannsbereder under matlaging). Dette vil føre til mer kunnskap om eget forbruk og mindre sløsing. Dette vil også kunne redusere tap i overføringsnett ved at spissbelastninga blir mindre.

Arnstadutvalget 2010⁴² skriver følgende:

«Erfaringer fra Enova og en rekke byggeiere viser at det er et stort potensial for redusert energibruk (20-30 %) kun ved bedre energioppfølging og ledelse.»

⁴¹ Vi kan bruke spillvarme til å lage norske avokadofarmer, Petter Røkke m.f, Dagens Næringsliv, 25.03.2021, <https://www.dn.no/innlegg/industri/miljo/klima/innlegg-vi-kan-bruke-spillvarme-til-a-lage-norske-avokadofarmer/2-1-986723>

⁴² KRDs arbeidsgruppe for energieffektivisering av bygg, Eli Arnstad m.fl. 23.08.2010, https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/krd/vedlegg/boby/rapporter/energieffektivisering_av_bygg_rapport_2010.pdf

Typiske områder er følgende:

- Driftstider og luftmengder i ventilasjon.
- Sirkulasjon i vannbåren oppvarming og sirkulasjon av varmt tappevann (gjelder større bygg).
- Nattsinking av temperatur (Oppvarming må starte før ventilasjon og bruk av arealer).
- Lysstyring etter behov og kontroll av snøsmelting o.l.
- Effektstyring. Utkobling av trege laster for å redusere belastning i nettet. Varme til vann og oppvarming.

I koronaårene 2020-2021 med mye hjemmekontor og undervisning kan man anta at det er brukt store mengder energi til å varme opp areal og ventilasjonsluft som ingen har behov for.

I 2021 melder Rosenholm Campus at de i 2020 sparte 1 GWh (ca 25 %) sammenlignet med 2019. Dette er oppnådd ved at Sentral Driftskontroll (SD-anlegg) gir mulighet til å styre bl.a. varme, ventilasjon og lys slik at det ble tilpasset nærvær av folk⁴³.

Teknisk museum m.fl. har kuttet energiforbruket med 48% med slikt anlegg⁴⁴.

Med etablering av Energiledelse, Systematisk EnergiOppfølging (EOS) og nye nettariffer har utredningsgruppen gjort et litt mer moderat anslag. Her oppnår man 5 TWh i 2030, 9 TWh i 2040 og 10 TWh i 2050.

2.4.1.3: Nye varmepumper

Varmepumpebransjen hevder at det er mulig med 7,5 TWh gevinst i 2030 i bygg ved ytterligere installasjon av varmepumper. NVE har noe lavere prognose, at nyinstallasjon av varmepumper i bygg vil føre til 5 TWh redusert energibruk⁴⁵. Utredningsgruppen velger å fordele dette med 2 TWh i 2030, 4 TWh i 2040 og 5 TWh i 2050.

2.4.1.4: Andre rapporter om redusert energibruk i bygg

Noen av de mange rapportene og innspillene fra forskere og bransjeorganisasjoner om energieffektivisering i bygg, som bygger opp under våre analyser.

- Arnstadutvalget (2010): Energibruk i eksisterende bygg ned fra 80 TWh til 40 TWh i 2040⁴⁶
- SINTEF 2019: 10 TWh spart energi i bygg innen 2020, og 40 TWh innen 2040⁴⁷
- Byggenæringas landsforening 2019: 10 TWh spart energi i bygg innen 2030⁴⁸

⁴³ 36 år gammelt bygg oppnådde Breem In-Use Excellent, Tekniske nyheter, 01.03.2021, <https://www.tekniskenyheter.no/forside/aktuelt/36-ar-gammelt-bygg-oppnadde-breeam-in-use-excellent>

⁴⁴ Kuttet strømbruken med 48 prosent, Teknisk Ukeblad, 22.03.2021.

⁴⁵ Kartlegging og vurdering av potensial for effektivisering av oppvarming og kjøling i Norge, Oslo Economics / Asplan Viak, NVE-nr 8/2020, http://publikasjoner.nve.no/eksternrapport/2020/eksternrapport2020_08.pdf

⁴⁶ Kommunal- og Regionaldepartementets arbeidsgruppe for energieffektivisering av bygg, sluttrapport, Eli Arnstad m.fl. 23.08.2010. (Arnstadutvalget) https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/krd/vedlegg/boby/rapporter/energieffektivisering_av_bygg_rapport_2010.pdf

⁴⁷ <https://www.sintef.no/siste-nytt/hvorfor-vinner-vindkraft-nar-det-er-store-mengder-energi-a-hente-i-byggene-vare>

⁴⁸ Jon Sandnes, adm. Dir. i Byggenæringens landsforening. Behov for 800 færre vindmøller med energieffektivisering av bygg, www.nationen.no, 15.06.2019

- Norges Boligbyggelag 2019: 9 TWh spart, bare i burettslag og sameie innen 2030⁴⁹
- Norsk Varmepumpeforening: 7,5 TWh spart med varmepumper innen 2030⁵⁰
- Regjeringa Solberg (Granavolden): «10 TWh energisparing i bygg innen 2030»

85% av dagens energibruk i bygg er elektrisitet. Resten er fjernvarme og fossil energi. Man regner derfor 85% reduksjon elektrisitet av totalforbruket.

2.4.1.5: Oppsummert om bygg

Type tiltak	Reduksjon 2020-2030	Reduksjon 2020-2040	Reduksjon 2020-2050
Tekniske byggtiltak	6 TWh	15 TWh	17 TWh
Energiledelse/ energistyring	5 TWh	9 TWh	10 TWh
Nye varmepumper	2 TWh	5 TWh	7 TWh
Sum bygg	13 TWh	29 TWh	34 TWh

I tillegg kommer redusert tilført energi til bygg gjennom installasjon av solcelleanlegg på tak og i fasader. Dette behandles i et eget avsnitt.

2.4.2: Redusert elforbruk i industri

Her vurderer utredningsgruppen redusert bruk av elektrisitet i 2030 og 2040, basert på dagens produksjonsvolum. Elektrisitet til økt produksjon og ny industri må skje innenfor de store energimengdene som blir frigjort gjennom energieffektivisering.

Det er bare energi brukt til produksjon som det er regnet på i dette avsnittet. Oppvarming av bygninger er med i foregående avsnitt.

Drivhus er likevel med her, fordi energi til varme blir sett på som «råvare» i produksjonen. En slik oppdeling følger stort sett regelverket for redusert elavgift.

Enova la i 2010 fram en rapport med potensiale på 20% energieffektivisering i industrien i perioden 2012 – 2020⁵¹. Underlaget til rapporten viser stort potensiale for energieffektivisering ut over dette. Tiltakene går både på direkte sparing ved bedre energistyring, bedre/ nye produksjonsprosesser, energigjenvinning og bruk av spillvarme.

I 2020 leverte SINTEF Energi AS en rapport med tallfesting av årlig redusert energibruk i industri og annet næringsliv ⁵², og SINTEFs forskningscenter HighEff⁵³ har som mål 20 – 30% redusert energibruk pr produsert enhet i industrien.

⁴⁹ 07.06.2019, Enerwe.no

⁵⁰ 18.06.2019, mynewsdesk.com

⁵¹ Potensial for energieffektivisering i norsk landbasert industri, Enova, Enovareport 2009-5, https://www.enova.no/upload_images/EC1F6780830743F3950356367CBD45F9.pdf

⁵² Veikart for energi i Norge mot 2050, Linn Emielie Schäffer m.fl. Sintef Energi AS, 2020-01-31, <https://www.sintef.no/publikasjoner/publikasjon/?pubid=1793057>

⁵³ <https://www.sintef.no/projectweb/higheff>

ABB hevder at økt bruk av høyeffektive motorer og frekvensomformere alene kan redusere det globale strømforbruket med 10%⁵⁴. I stor grad i industri, men også i bygningsdrift. Dette styrker tallene fra SINTEF Energi AS når det gjelder årlig redusert energibruk i industri og annet næringsliv.

2.4.2.1: Aluminiumsindustrien

SINTEF: «Aluminiumsindustrien har et årlig effektiviseringspotensial på 1%.»

Med utgangspunkt i dagens produksjon og energibruk⁵⁵ kan dette redusere dette energibruken med

- 1,9 TWh (10%) i 2030.
- 3,8 TWh (20%) i 2040.

2.4.2.2: Kjemisk industri og annen metallindustri

SINTEF: «Et potensial for energieffektivisering som tilsvarer en årlig forbedring på 0,4% av elforbruket»

Med utgangspunkt i dagens produksjon og energibruk⁵⁶ reduserer dette energibruken med

- 0,6 TWh (10%) i 2030.
- 1,2 TWh (20%) i 2040.

2.4.2.3: Annen industri enn metall, kjemisk og treforedling

SINTEF: Potensial for effektivisering av elforbruk på 1% årlig.

Med utgangspunkt i dagens produksjon og energibruk⁵⁷ reduserer dette energibruken med

- 0,6 TWh (10%) i 2030.
- 1,2 TWh (20%) i 2040.

2.4.2.4: Treforedling

Treforedling er vanskelig å vurdere ut ifra SINTEFs tall, som sier 10% total reduksjon i 2050 (elektrisitet og varme), men utredningsgruppen har tatt utgangspunkt i 10% reduksjon i elforbruk i 2050, eller 0,33% i året.

- 0,2 TWh (3,3%) i 2030.

⁵⁴ Økt bruk av høyeffektive motorer og frekvensomformere kan redusere det globale strømforbruket med 10%, NTB kommunikasjon, 02.03.2021, <https://kommunikasjon.ntb.no/pressemelding/abb-okt-bruk-av-hoyeffektive-motorer-og-frekvensomformere-kan-reducere-det-globale-stromforbruket-med-10?publisherId=5310709&releaseId=17902332>

⁵⁵ Elektrisitet til «produksjon av aluminium» var 68 PJ (18,9 TWh) i 2015. <https://www.ssb.no/statbank/table/10705/tableViewLayout1>

⁵⁶ Elektrisitet til kjemisk industri og metaller etc, var 55 PJ (15,3 TWh) i 2015. <https://www.ssb.no/statbank/table/10705/tableViewLayout1>

⁵⁷ Elektrisitet til annen industri, var 22 PJ (6,1 TWh) i 2015. <https://www.ssb.no/statbank/table/10705/tableViewLayout1>

- 0,4 TWh (6,6%) i 2040.

2.4.2.5: Oppsummering av redusert bruk av elektrisitet i industri. 2030 og 2040 er basert på SINTEFs rapport

Type industri	Reduksjon 2020-2030	Reduksjon 2020-2040	Reduksjon 2020-2050
Aluminium	1,9 TWh	3,8 TWh	
Kjemisk og andre metaller	0,6 TWh	1,2 TWh	
Treforedling	0,2 TWh	0,4 TWh	
Annen industri	0,6 TWh	1,2 TWh	
Sum industriprosesser	3,3 TWh	6,6 TWh	9 TWh

2050 er langt inn i framtida, og man vet lite om teknologiutvikling etc i et så langt tidsperspektiv. Utredningsgruppen har for 2050 anslått en forsiktig videreføring fra perioden 2020-2040.

Potensialet for å erstatte varmebehov i industrien (spesielt næringsmiddelindustri og papirindustrien) med nyutviklede høytemperatur varmpumper, er sannsynligvis ikke vurdert her, og vil komme i tillegg. Det er i dag utviklet høytemperatur varmpumper som kan levere opp til 180°C⁵⁸, og som derfor kan erstatte direkte bruk av gass eller elektrokjeler i næringsmiddelindustri, papirfabrikker etc.

Bruk av spillvarme fra ei industribedrift til ei annen bedrift, gjerne på tvers av industritype, er sannsynligvis heller ikke medregnet. I tillegg kommer spillvarme fra industri til fjernvarme. Anlegg for energigjenvinning i aluminiumsindustrien er i liten grad implementert, og kan gi et vesentlig tillegg.

Redusert elforbruk i industri på 3,3 TWh i 2030 og totalt 6,6 TWh i 2040 er med andre ord konservative og forsiktige tall.

2.4.3: Redusert elforbruk i annet næringsliv og offentlig forvaltning

I alt er energibruk til annet næringsliv og offentlig forvaltning oppgitt til 34 TWh elektrisitet i 2015. Landtransport er ikke medregnet. Energibruk i bygg for annet næringsliv og offentlig forvaltning var 34 TWh i 2011 (uten industri)⁵⁹. Av dette utgjør elektrisitet 82 % (SINTEF). Det gir 6 TWh elektrisitet til andre formål enn drift av bygg. Dette er for eksempel vannforsyning, mobilnett etc. Om man regner 1% effektiviseringsgevinst i året, som i «annen industri», får man disse mulige reduksjonene i elforbruk, basert på reduksjon i forhold til dagens bruksmønster:

	Reduksjon 2020-2030	Reduksjon 2020-2040	Reduksjon 2020-2050
Annet næringsliv og off. forvaltning	0,6 TWh	1,2 TWh	1,5 TWh

⁵⁸ Utvikler verdens hittil heteste varmpumpe, Gemini, 15.04.2021, <https://gemini.no/2021/04/utvikler-verdens-hittil-heteste-varmpumpe>

⁵⁹ SLIK KUTTER VI ENERGIBRUKEN I BYGG, Sindre Østby Stub og Kristin Antonsen Brenna, ZERORAPPORT 2017, <https://zero.no/wp-content/uploads/2017/08/Energisparing-i-bygg-1-1.pdf>

NB! Redusert elektrisitetsbehov til oppvarming av bygg er ikke medregnet her.

Reduksjonen er basert på dagens produksjon og aktivitet. Økt produksjon/ aktivitet må bli vurdert ut ifra prioritering av tilgjengelig energi.

2.4.4: Oppgradering/utvidelse av gamle vannkraftverk

Her er det stor diskusjon og mange tall. NVE opererer med 4,4 TWh teknisk potensiale ved utskifting av turbinhjul etc. I tillegg er det mulig med utviding av tunneler (mindre friksjon) og installasjon av større turbiner (mindre flomtap). Ifølge NVE er det en del steder behov for økt slukeevne for å kunne nyttiggjøre seg økt nedbør fullt ut. NTNU/Hydrocen har beregnet et potensiale på 15-20 TWh ved oppgradering og noe utviding, der også tiltak for å ta inn flere bekker og øke magasin også er inne i bildet.

Utredningsgruppen har valgt å være forsiktige med prognosene, da utviding kan medføre uakseptable naturinngrep. Hvert tilfelle må bli vurdert individuelt, så det er vanskelig å sette opp «sikre» tall. I 2050 tas det høyde for at det blir ytterligere teknologiutvikling, med større virkningsgrad, og legger inn 12 TWh.

Tiltak	Økt produksjon 2020-2030	Økt produksjon 2020-2040	Økt produksjon 2020-2050
Oppgradering av utstyr	2 TWh	4 TWh	
Utviding av tunnel, større turbin etc	3 TWh	6 TWh	
Totalt	5 TWh	10 TWh	12 TWh

2.4.5: Endret produksjon på grunn av klima og vassdragsrevisjoner

Klimaendringene fører til varmere og våtere vær, og gir økt produksjon i vasskraftverkene. Mildere vintre reduserer kraftbehovet til oppvarming. NVE har vurdert spørsmålet om økt kraftproduksjon på grunn av mer nedbør, og konkluderer slik:

«Den gjennomsnittlige vannkraftproduksjonen i Norge øker med i overkant av 10 TWh mot midten av århundret og ytterligere 5 TWh i siste periode⁶⁰»

NVE skriver videre at endret klima kan gi redusert energibruk på grunn av mindre kalde vintre, noe som vil utgjøre ca 1 TWh fram mot 2030. I alt kan endret klima gi en «*gevinst*» på 4 TWh mer tilgjengelig energi fram mot 2030, eller ca 8 TWh fram mot 2040.

Samtidig er det på gang revisjon av gamle vassdragskonsesjoner, for å redusere negative miljøpåvirkninger. Dette kan gi redusert produksjon på grunn av krav til minstevassføring/ miljøvassføring og endret regulering av magasin.

«Marianne Holmen, avdelingsleder for konsesjoner i Statkraft, sier at i deres beregninger basert på NVE og Miljødirektoratets rapport om vilkårsrevisjoner, kan krafttapet årlig ligge mellom 2 og 6 TWh regulerbar vannkraft, med et snitt på 4 TWh.⁶¹»

⁶⁰ Et væravhengig kraftsystem - og et klima i endring, NVE-rapport 85/2015. http://publikasjoner.nve.no/rapport/2015/rapport2015_85.pdf

⁶¹ Nå står kampen om vannet i norske vassdrag- Hva skal prioriteres, bedre laksefiske eller produksjon av strøm? Aftenposten 14.01.2019

NVE opererer med lavere tall enn Statkraft⁶², og ut ifra de vassdraga som er prioriterte for revisjon, regner man tap på 2 TWh i 2030 og anslår 6 TWh akkumulert i 2050 – men dette er veldig usikre tall. Det har kommet mye ny kunnskap om miljøvannføring og andre tiltak som kan gi langt bedre miljøsituasjon etter revisjon, uten at det nødvendigvis gir de helt store produksjonstapene.

Hendelse	Kraftøkning 2020-2030	Kraftøkning 2020-2040	Kraftøkning 2020-2050
Mer nedbør	4 TWh	8 TWh	10 TWh
Varmere vintrer	0,5 TWh	1 TWh	2 TWh
Tap på grunn av revisjoner	- 2 TWh	- 4 TWh	-6 TWh
Netto økt kraftproduksjon	2,5 TWh	5 TWh	6 TWh

2.4.6: Vind- og vasskraftverk under bygging

6,2 TWh er under bygging ved utgangen av 2020. ca 4 TWh vindkraft og 2 TWh vasskraft⁶³.

2.4.7: Vindkraftproduksjon og nedlegging av anlegg

Når konsesjonstida har gått ut (25-30 år), er utgangspunktet i konsesjonene at anleggene blir rigget ned, og at naturområdene i størst mulig grad blir restaurert. Etter forsvarrets restaurering på Dovre, er det mye kunnskap om hvordan slikt kan gjøres på en god måte. Utredningsgruppen vil arbeide for at vindkraft ikke blir videreført, men blir lagt ned ved konsesjonstidens utløp. For å være realistiske, antas det likevel at ikke alle anlegg blir lagt ned, men at noen får fornyet konsesjon.

Med utgangspunkt i eksisterende konsesjoner (inkludert anlegg under bygging), anslår utredningsgruppen følgende utvikling i vindkraftproduksjonen:

Vindkraft	2020/21	Endring 2020-2030	Endring 2030-2040	Endring 2040-2050
Vindkraft under bygging i 2021		4,2 TWh		
Vindkraft nedlagt i perioden		-0,5 TWh	-1,4 TWh	-7,3 TWh
Endring		3,7 TWh	-1,4 TWh	-7,3 TWh
Total vindkraftproduksjon	12,3 TWh	16 TWh	14,6 TWh	7,3 TWh

En del anlegg har fått konsesjon, og er fortsatt ikke under bygging. Det er i dag uklart hvor mange av disse som får beholde konsesjonen, og som vil bli bygget. Utredningsgruppen ser bort fra disse, men de kan komme i tillegg til de som er lagt inn her.

2.4.8: Nye vannkraftanlegg

En del mindre anlegg har fått konsesjon, og noen kan bli bygget ut før fristen går ut. Dette er vanskelig å vurdere, og utredningsgruppen ser bort fra denne krafta.

⁶² Vannkraftkonsesjoner som kan revideres innen 2022, Nasjonal gjennomgang og forslag til prioritering, NVE-rapport 49/2013. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M49/M49.pdf>

⁶³ Ny kraft: Endelige tillatelser og utbygging Fjerde kvartal 2020, NVE, <https://webfileservice.nve.no/API/PublishedFiles/Download/b61a5621-9aad-44b7-8e8a-e322bcbe9dbb/201202014/3420898>

2.4.9: Solceller på tak og i fasader

Solenergiklyngen og Institutt for energiteknikk opererer med et totalt potensiale på 30 TWh, men dette er avhengig av sterke støtteordninger. Som et varsomt anslag, brukes Statnetts prognose på å nå 3 TWh i 2030 og totalt 5 TWh i 2040. Statnett opererer med 10 TWh i 2050, mens SINTEF og NVE opererer med 7 TWh. 10 TWh i 2050 virker høyt, så utredningsgruppen har lagt seg på 7 TWh.

	2020	Økning 2020-2030	Økning 2020-2040	Økning 2020-2050
Solceller på tak og fasader	0,2 TWh	3 TWh	5 TWh	7 TWh

2.4.10: Biogass

Biogass produsert på avfall kan i tillegg gi store bidrag til energi for havgående skip og andre formål der det er vanskelig å erstatte fossil energi med elektrisitet. Biogassbransjen opererer med 10 TWh potensiale innen 2030⁶⁴. Det gjør at utredningsgruppen vurderer det som mulig å oppnå 15 TWh i 2040.

Biogass kan bli brukt til transport med forbrenningsmotor i stedet for hydrogen og brenselcelle. Fordi biogass kan erstatte bruk av hydrogen i transport, kan man få store besparelser i bruk av elektrisitet til elektrolyse for å lage hydrogen i forhold til en del prognoser. Man kan regne med å spare ca 1 TWh elektrisitet for hver TWh biogass som erstatter hydrogen. Utredningsgruppen regner 35-40% virkningsgrad i forbrenningsmotor med biogass, og 35-40% virkningsgrad ved bruk av elektrisitet til hydrogen til transport (elektrolyse, komprimering/transport og brenselcelle).

Biogass går med andre ord ikke direkte inn med formål elektrisitetsproduksjon, men kan bidra til å redusere behovet for elektrisitet ved å erstatte hydrogen i flere sammenhenger.

	Produksjon 2030	Kumulativt 2040
Biogass	10 TWh	15 TWh

2.4.11: Nye energiformer

Dype geotermiske brønner og mange andre former for ny elektrisitetsproduksjon, ligger et stykke inn i framtida, og man må ta forbehold om påvirkning på natur og miljø etc. Men utredningsgruppen velger likevel å legge inn et forsiktig anslag, på 3 TWh i 2050. Det er grunn til å vente vesentlig teknologiutvikling.

⁶⁴ Epost fra direktør Cecilie Lund i Avfall Norge til Mads Løkeland-Stai, 18.02.2021

3: Oppsummert om tilgang på kraft

3.1: Elektrisitetsproduksjon

Vannkraft	2020/21	Endring 2020-2030	Endring 2030-2040	Endring 2040-2050
Vannkraft som blir bygget i periodene		2 TWh	1 TWh	
Mer nedbør og varmere vintre		4,5 TWh	4,5 TWh	4 TWh
Revisjon av gamle konsesjoner		- 2 TWh	- 2 TWh	- 2 TWh
Oppgradering gamle verk		5 TWh	5 TWh	2 TWh
Endring		9,5 TWh	7,5 TWh	4 TWh
Total vannkraftproduksjon	136 TWh	145,5 TWh	153 TWh	157 TWh

Vindkraft	2020/21	Endring 2020-2030	Endring 2030-2040	Endring 2040-2050
Vindkraft under bygging i 2021		4,2 TWh		
Vindkraft nedlagt i perioden		-0,5 TWh	-1,4 TWh	-7,3 TWh
Endring		3,7 TWh	-1,4 TWh	-7,3 TWh
Total vindkraftproduksjon	12,3 TWh	16 TWh	14,6 TWh	7,3 TWh

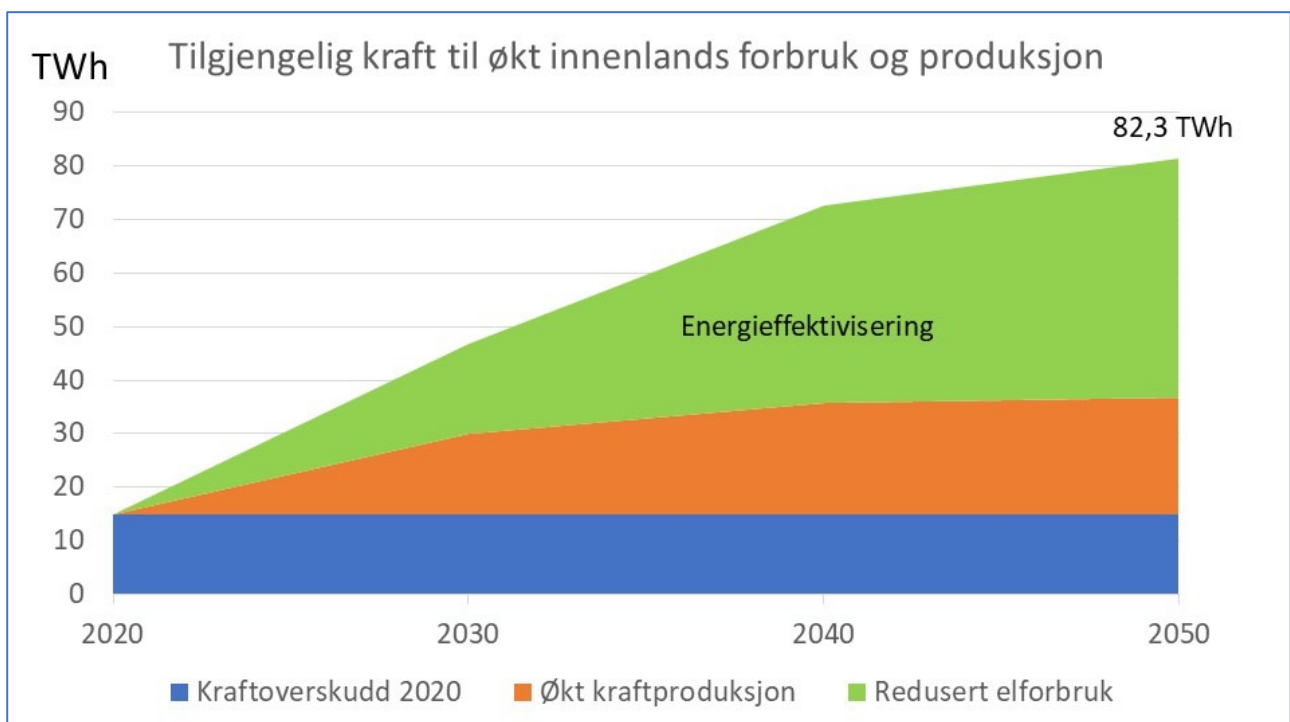
Kraftproduksjon minus tap	2020/21	2030	2040	2050
Vannkraft totalt	136 TWh	145,5 TWh	153 TWh	157 TWh
Vindkraft totalt	12,3 TWh	16 TWh	13,2 TWh	7,3 TWh
Solceller på tak og fasader	0,2 TWh	3 TWh	5 TWh	7 TWh
Nye energiformer				3 TWh
Tap i overføringsnett	-10 TWh	- 11 TWh	- 12 TWh	-13 TWh
Total kraftproduksjon minus tap	138,5 TWh	153,5 TWh	159,2 TWh	161,3 TWh
Økt krafttilgang sammenlignet med 2020	0 TWh	15 TWh	20,7 TWh	22,8 TWh

3.2: Redusert elforbruk (ikke innlagt økt aktivitet i industri og samfunnet ellers)

		Endring 2020-2030	Endring 2030-2040	Endring 2040-2050
Redusert elforbruk i industriproduksjon		3,3 TWh	3,3 TWh	3 TWh
Redusert elforbruk i næringsliv ellers og offentlig forvaltning, ut over drift av bygg		0,6 TWh	0,6 TWh	0,3 TWh
Redusert elforbruk i bygg		13 TWh	16 TWh	5 TWh
Totalt redusert forbruk i periodene		16,9 TWh	19,9 TWh	8,3 TWh
Redusert forbruk sammenlignet med 2020		16,9 TWh	36,8 TWh	45,1 TWh

3.3: Tilgjengelig kraft sammenlignet med 2020

		2030	2040	2050
Økt kraftproduksjon		15 TWh	20,7 TWh	22,8 TWh
Redusert forbruk		16,9 TWh	36,8 TWh	45,1 TWh
Sum ny tilgjengelig kraft		31,9 TWh	57,5 TWh	67,3 TWh
Kraftoverskudd 2020	15 TWh	15 TWh	15 TWh	15 TWh
Tilgjengelig kraft til nye formål	15 TWh	46,9 TWh	72,5 TWh	82,3 TWh



3.4: Statnetts prognose for elektrifisering av Norge

Statnett har laget prognoser for elektrifisering av Norge, der det også er lagt inn økende forbruk til industri etc. Utgangspunktet er denne framstillinga av dagens energibruk⁶⁵.

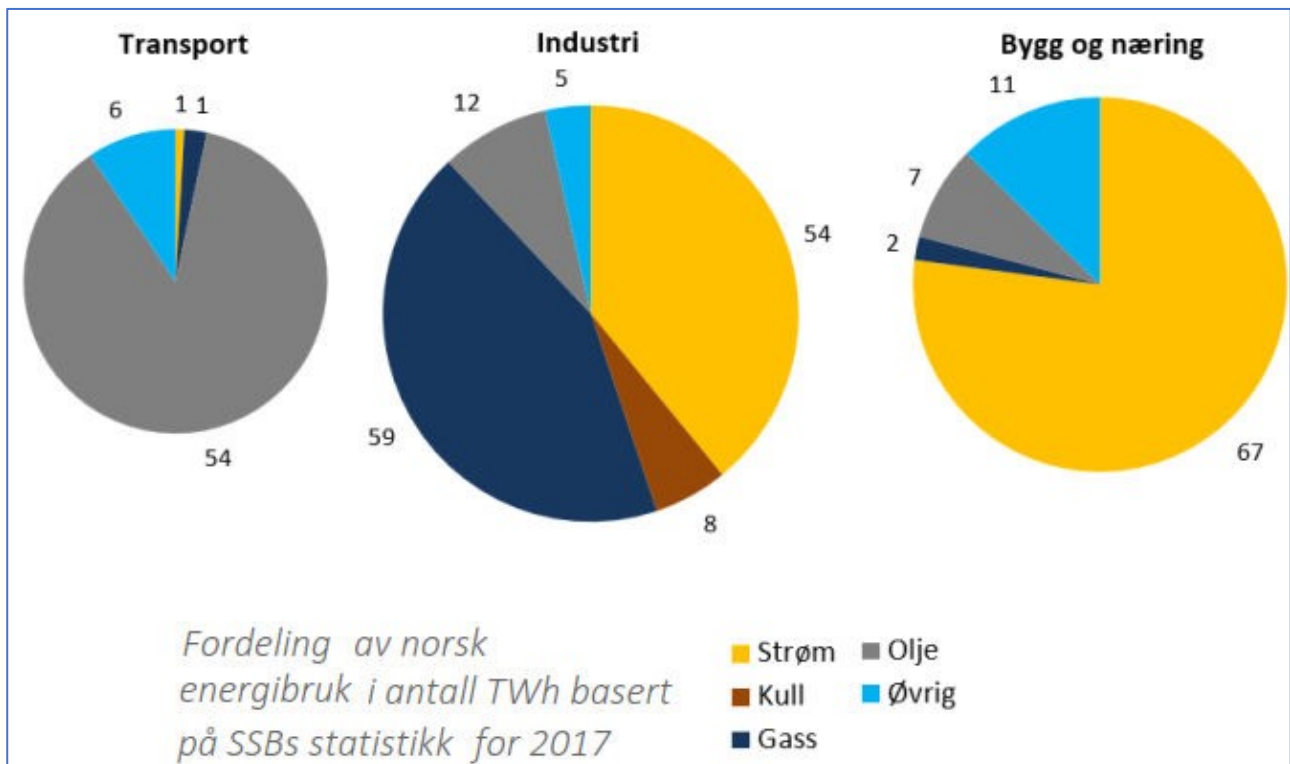


Fig. 5: Statnetts presentasjon av energibruk i ulike sektorer. «Øvrig» er bioenergi, fjernvarme etc.

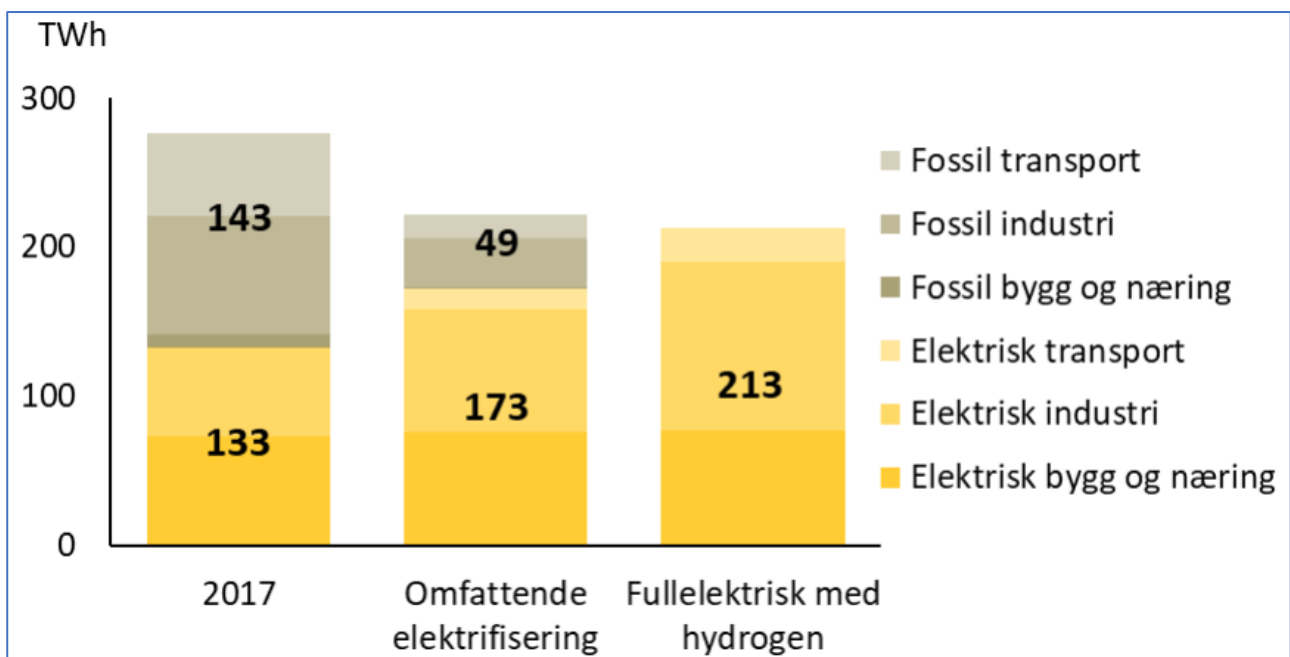


Fig. 6: Oppsummering av Statnetts prognose for elektrifisering, med to scenarier.

⁶⁵ Et elektrisk Norge – fra fossilt til strøm, Statnett 19.03.2019

Statnetts to scenarier for utvidet bruk av elektrisitet for å oppnå elektrifisering av Norge i 2050:

- + 40 TWh: «omfattende elektrifisering» (173 TWh-133 TWh)
- + 80 TWh: «fullelektrisk med hydrogen» (213 TWh – 133 TWh)

I begge scenarier er det lagt inn elektrifisering av sokkelen, henholdsvis 15 og 33 TWh. Elektrifiseringa skal skje, både med kabler og i siste tilfelle, ganske aggressivt med hydrogen. Dersom man ser bort fra elektrifisering av sokkelen, kan man oppsummere Statnetts prognoser for økt behov for elektrisitet slik:

- + 25 TWh: «Omfattende elektrifisering»
- + 47 TWh: «Fullelektrisk med hydrogen»

3.5: Krafttilgang målt opp mot Statnetts prognose

Utredningsgruppen viste at det er mulig å frigjøre/skaffe 82,3 TWh kraft dersom det blir satset på energieffektivisering.

Etter å ha brukt 25 TWh til det som Statnett kaller «omfattende elektrifisering» av Norge, er det fortsatt 57 TWh til gode for ytterligere utvikling av industri, nye bygg etc.

Dersom man bruker 47 TWh til det som Statnett kaller «fullelektrisk med hydrogen» for Norge, er det fortsatt 35 TWh til gode for ytterligere utvikling av industri, nye bygg etc.

3.5.1: Statnetts satsing på hydrogen er delvis et sidespor

Statnett tar inn satsing på hydrogen produsert med elektrolyse som en hovedløsning for elektrifisering av det som ikke kan skje direkte med kabler eller med dagens batteriløsninger.

Hydrogen er absolutt aktuelt til en del industrielle formål, men til transport kan hydrogen ofte være feil valg. Elektrifisering, direkte eller med batteri bør være førstevalg der det er mulig. Det store potensialet for biogass fra avfall, 10 TWh innen 2030 (ifølge Avfall Norge) kan dekke opp en god del av behovet for energi i båttransport etc der det er vanskelig med elektrifisering og batteri. Dette vil komme i stedet for hydrogen eller «e-fuel» produsert med utgangspunkt i elektrolyse.

4: Tiltak for å oppnå energieffektivisering

4.4.1: Hvite sertifikat som tiltak for energieffektivisering

Et eksempel på tiltak, er såkalte «hvite sertifikat», som premierer energisparing på samme måte som dagens elsertifikat gir premie for ny energi⁶⁶.

Det kan fungere slik at de som gjennomfører tiltak for å redusere bruken av elektrisitet kan få utstedt bevis (hvite sertifikat) for den mengden strøm som blir «frigjort». Dette krever en offentlig kontroll som grunnlag for å tildele slike sertifikat. Disse kan de selge til krafthandlere. De som selger kraft, må bli pålagt å kjøpe slike «hvite sertifikat» for en viss minste andel av den strømmen de selger. Det fører til at kraftselskapene må sikre at det faktisk blir investert i tiltak for energieffektivisering. Hvite sertifikat blir brukt i ulike former i minst 15 EU-land, med varierende,

⁶⁶ White certificates, Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/White_certificates

men mange gode resultat⁶⁷. Eksempel på land med «Hvite sertifikat»: Irland, Storbritannia, Frankrike, Spania, Danmark, Italia, Polen, Latvia, Austerrike, Luxemburg, Kroatia, Slovenia, Bulgaria og Hellas.

4.4.2: Offentlige innkjøpsordninger

Krav om at leverandører av varer og tjenester skal ha et fungerende og sertifisert system for energiledelse i hele produksjons- og leverings-kjeden.

4.4.3: Krav til informasjon om kraftbruk

Alle nettselskap må bli pålagt å gi lett lesbar informasjon om kraftbruk og priser gjennom døgnet, som grunnlag for å forstå hvilke tiltak abonnentene bør ta for å redusere både effekttopper og energibruk.

4.4.4: Tiltak for biogass

Avfall Norge arbeider for å kunne oppnå 10 TWh i 2030, men det skjer ikke av seg selv. Det krever tilrettelegging, tiltak for pris, bruk av offentlig innkjøpsordning, tiltak gjennom landbruksavtalen etc.

4.4.5: Andre tiltak

Krav til at kraftforbruk i bygninger skal ligge under en viss verdi per kvadratmeter.

5: Vedlegg 1 – Beregningsunderlag for del 1

Her finner man tekst og tallverdier kopiert fra excel-arket som er underlaget for beregninger og for tabeller og grafer som er vist i kapittel 1. PDF-versjonen finnes som separat vedlegg.

⁶⁷ Snapshot of Energy Efficiency Obligations in Europe: 2017 update. Association Technique Energie Environnement, http://atee.fr/sites/default/files/part_6-_2017_snapshot_of_eeos_in_europe.pdf