

BRUK AV GASS I EUROPA

RAPPORT TIL NORSK OLJE OG GASS



Bilde: [American Public Power Association](#), [Unsplash](#)

Utarbeidet av:

- Valentin Vandenbussche
- Eric Rambech
- Sigrid Møyner Hohle

Versjon: 01.2

Dato: 15.03.2021

For mer informasjon, ta kontakt med:

Valentin Vandenbussche

valentin@endrava.com

+47 90715154

OUR WORK IS CLIMATE-POSITIVE

In cooperation with CHOOOSE, we compensate for our own CO₂ emissions through supporting climate-friendly projects around the world.

To go the extra mile, we actually compensate for more than what we emit.

This makes Endrava's work climate positive ♥

The CHOOOSE logo is a bright pink square with the word "CHOOOSE" in white, bold, sans-serif capital letters. The letter 'O' is stylized with a small circle above it.

Forkortelser	4
Sammendrag	5
1 Virkningsgraden for gass brukt på norsk sokkel er relativt lav	7
1.1. Konvensjonelle gassturbiner med eller uten WHRU	7
1.2. Kombikraftverk	9
1.3. Kjeler	9
2 Virkningsgraden i Europa er høy, selv når man tar hensyn til energitap og utslipp langs verdikjeden	10
2.1. Virkningsgrad på tvers av sektorer er høy	11
2.1.1. Kraftsektoren (32 % av forbruket)	11
2.1.2. Industri (29 % av forbruket)	12
2.1.3. Husholdninger (26 % av forbruket)	13
2.1.4. Andre sektorer (13 % av forbruket)	13
2.2. Energitap og utslipp i hele verdikjeden for norsk naturgass er moderate	14
3 Selv medutslippene i verdikjeden, er naturgassforbruket mye mer effektivt i EU enn på norsk sokkel	16
Vedlegg A - Oversikt over bruk av naturgass i Europa	18
En stor andel av naturgass brukt i Europa kommer fra Norge	18
Naturgass brukes av en rekke ulike sektorer i Europa	20
Vedlegg B - Energitapet gjennom kablene for kraft fra land er i samme størrelsesorden som for andre overføringer og konverteringer	24
Kilder	27

Forkortelser

CH₄	Metan
CO₂	Karbondioksid
EU	Den europeiske union
EU28	Den europeiske union, inkludert Storbritannia
kWh	kilowatt timer (1 000 Watt i en time)
LHV	Lower Heating Value (lavere brennverdi), en måte å beregne energiinnhold i ulike brennstoff
TWh	Terawatt timer (1 TWh = 1 000 000 000 kWh)
TWh_{LHV}	Terawatt timer målt i lavere brennverdi (se over), brukt i rapporten for å måle energiinnholdet i naturgass

Sammendrag

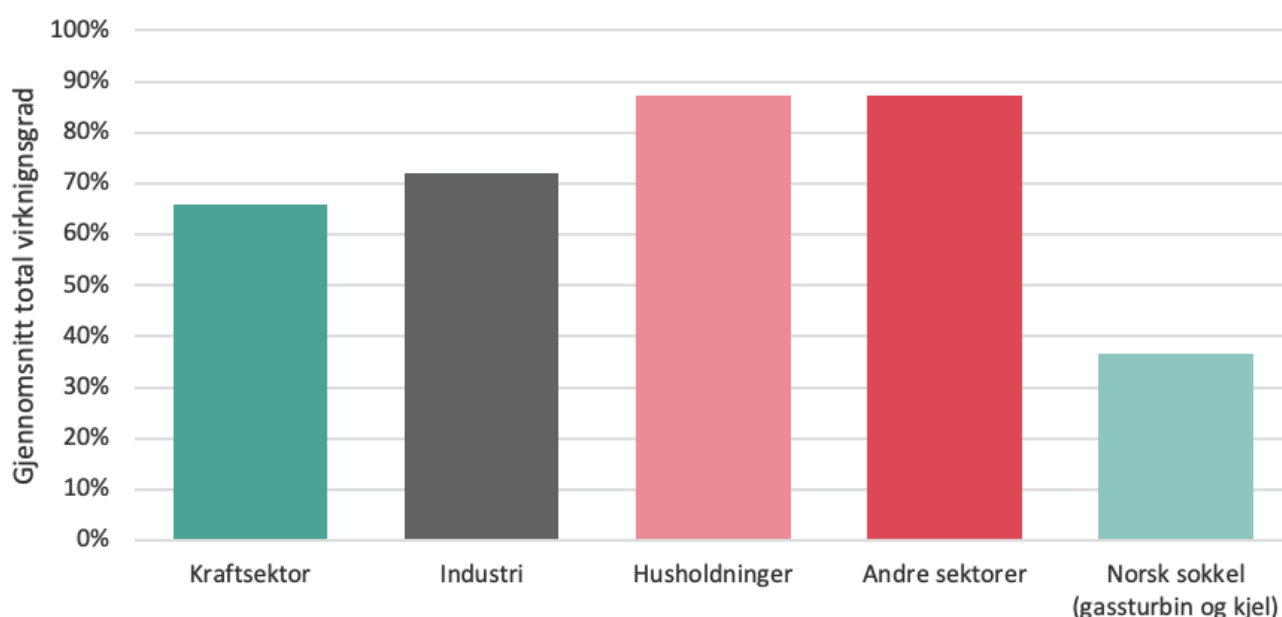
Naturgass som produseres i Norge eksporteres først og fremst til EU, der den brukes i flere sektorer. Naturgassen er i tillegg brukt som en av hovedkildene til energi på norsk sokkel. Elektrifisering av sokkelen kan imidlertid helt eller delvis erstatte bruk av naturgass på innretningene som blir elektrifisert. Dette frigjør naturgassen til eksport, slik at enda mer av norsk produksjon kan benyttes andre steder.

Når ambisjonen er å redusere klimagassutslipp globalt, er det viktig å vurdere ulike løsninger opp mot hverandre i et systemperspektiv. Det diskuteres nå om å eksportere naturgass fra norsk sokkel er mer hensiktsmessig enn å bruke gassen på norsk sokkel, særlig sett fra et energi- og klimaperspektiv. For å vurdere dette, er virkningsgrad et sentralt konsept. Virkningsgrad handler om hvor mye energi man kan utnytte sammenlignet med hvor mye energi man har tilført. Et anlegg med lav virkningsgrad utnytter energien mindre effektivt enn et anlegg med høy virkningsgrad.

Spørsmålet som denne rapporten belyser, kan oppsummeres slik: *Basert på ønsket om høyest mulig virkningsgrad, er det mer hensiktsmessig å bruke gassen på norsk sokkel eller å eksportere den?*

Våre beregninger viser at det i all hovedsak er mer hensiktsmessig å eksportere gassen. Den gjennomsnittlige virkningsgraden på norsk sokkel er relativt lav, uten mulighet til store forbedringer. Samtidig er virkningsgraden for bruk av gass i Europa relativt høy. Konklusjonen står seg godt selv når det tas hensyn til energitap og utslipp i verdikjeden, før gassen når forbrukeren.

Sammenligningen av virkningsgrad på tvers av sektorer er illustrert i figuren under.



Figur 1 - Gjennomsnittlig total virkningsgrad for ulike sektorer som benytter naturgass i Europa, og for gasturbiner og kjel på norsk sokkel (kilde: Endrava, kombinasjon av flere datakilder)

Rapporten er utarbeidet av Endrava, på oppdrag for Norsk olje og gass, og kan leses som følger:

- Kapittel 2 gir en oversikt over bruk av naturgass og virkningsgrad på norsk sokkel
- Kapittel 3 redegjør for bruk av naturgass og virkningsgrad i resten av Europa, inkludert analyse av verdikjedetap
- Kapittel 4 sammenligner virkningsgradene og konkluderer
- Vedlegg A gir utdypende bakgrunnsinformasjon om bruk av naturgass i Europa

- Vedlegg B sammenligner energitapet gjennom kablene for kraft fra land med andre type overføringer

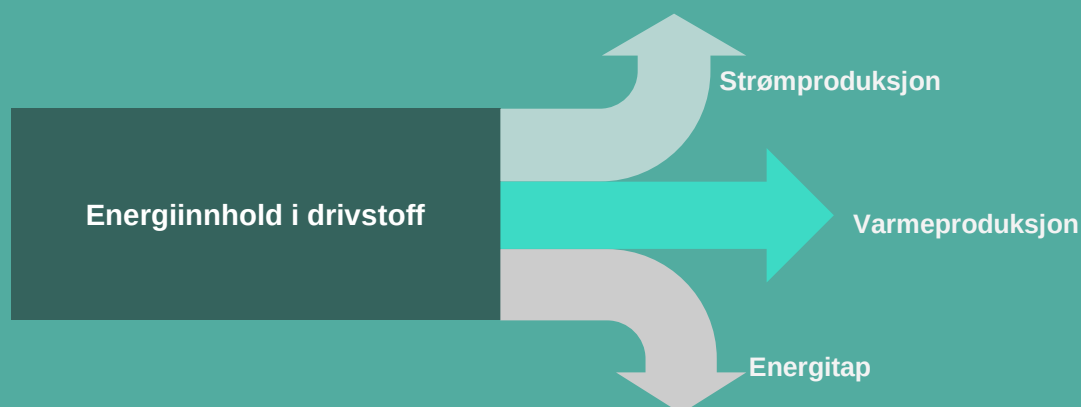
Rapportens faktagrunnlag og konklusjoner er nyttige inn i den pågående diskusjonen om elektrifisering av norsk sokkel. Den fokuserer på energiutnyttelse, men tar ikke mål av seg å dekke alle aspektene i debatten rundt elektrifisering.

Om virkningsgrad

Virkningsgrad brukes til å vurdere hvor effektivt man bruker energi på tvers av ulike maskiner eller prosesser. Den indikeres oftest i prosent, og representerer hvor stor andel tilført energi (f.eks. energiinnholdet i naturgass) som utnyttes, for eksempel til mekanisk energi, strøm eller varme.

Virkningsgraden kan også brukes for å sammenligne klimagassutslippene fra bruk av naturgass på tvers av systemer: jo høyere virkningsgrad, jo lavere CO₂-utslipp per produsert kWh energi. Hvis to systemer bruker naturgass som drivstoff, og ett system har dobbelt så høy virkningsgrad som det andre, slipper det første systemet bare ut halvparten av klimagassutslippene for samme mengde energi produsert.

Figuren nedenfor illustrerer en prosess hvor en tredjedel av energiinnholdet i drivstoff utnyttes i form av strømproduksjon, en tredjedel i form av varmereproduksjon, og den siste tredjedelen tapes. En slik prosess har en total virkningsgrad på 66 % (strøm og varme), med en elektrisk virkningsgrad på 33 % (andelen av energien i brenselet som blir omdannet til strøm).

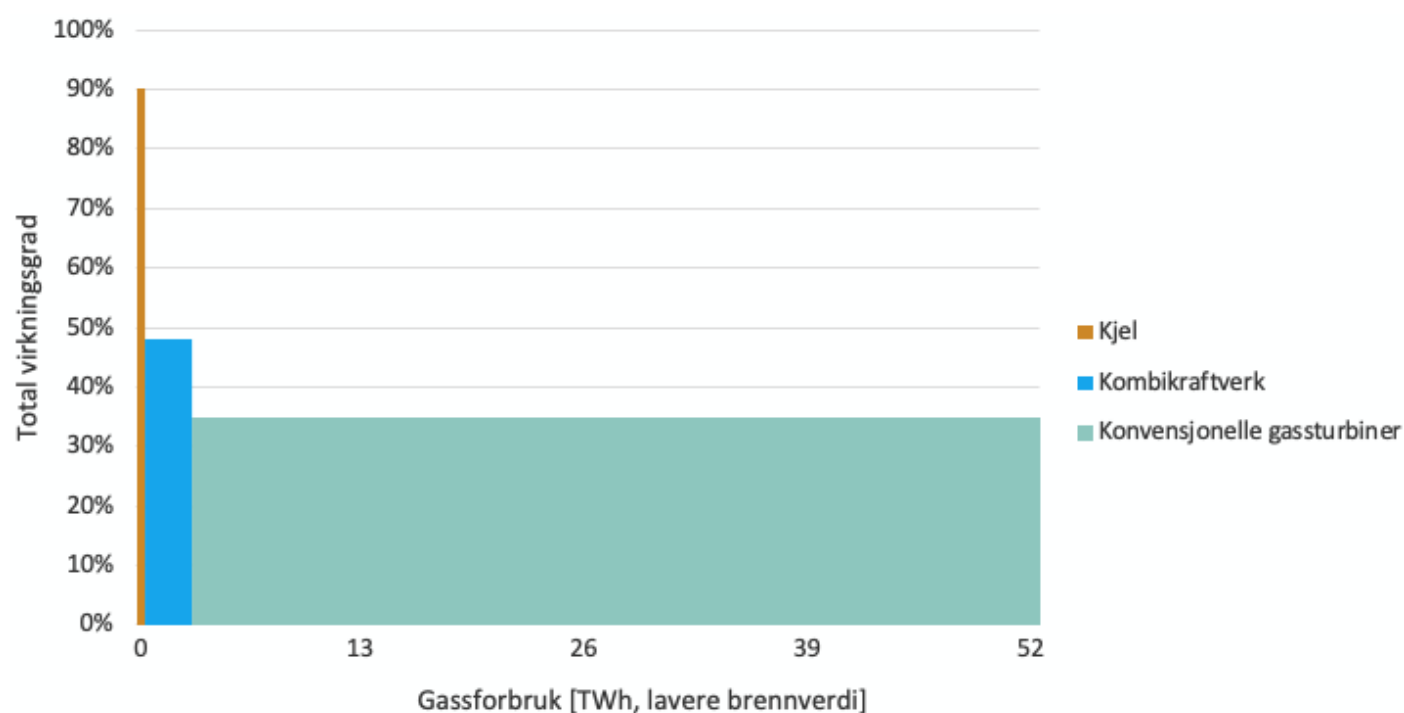


Figur 2 - Illustrasjon av energiflyten fra drivstoff til strøm- og varmereproduksjon for en prosess med 66 % total virkningsgrad

1 Virkningsgraden for gass brukt på norsk sokkel er relativt lav

Det meste av naturgass som brukes i den norske olje- og gassektoren benyttes som drivstoff i gassturbiner for å produsere mekanisk energi, strøm og varme. I 2019 ble det brukt 55 TWh_{LHV} naturgass på norsk sokkel og i deler av landanleggene (dvs. alle aktiviteter i petroleumsskatteloven). Enheten TWh_{LHV} representerer energiinnholdet i naturgass, målt i lavere brennverdi (LHV). Dette tilsvarer 4,4 % av gassseksportene fra Norge til EU28, og ca. 1,3 % av naturgassforbruket i EU28 i 2019.

Gassturbiner representerer 92 % av forbruket i olje- og gassektoren i Norge, og resten ble brukt til varmemproduksjon i kjel (1,5 %) eller ble tapt i faking (EEH, 2020). Figuren nedenfor gir en oversikt over gassforbruk og virkningsgraden fra kjeler og turbiner på norsk sokkel i 2019. Merk at data om virkningsgrad er usikker. Den gjennomsnittlige totale virkningsgraden er estimert til 36,5 %.



Figur 3 - Gassforbruk fra kjeler og gassturbiner i 2019, og total virkningsgrad i % (kilde: Endrava, kombinasjon av flere datakilder).

1.1. Konvensjonelle gassturbiner med eller uten WHRU

I 2018 var det ca. 180 gassturbiner på norsk sokkel (NEMS, 2019). De fleste anleggene brukte gassturbiner med åpen syklus, det vil si at restvarmen i eksosen ikke blir utnyttet til ekstra strømproduksjon (i motsetning til kombikraftverk, se neste delkapittel). Modellen General Electric LM2500 (og variantene +, +G4) representerte to tredjedeler av turbinene i 2018, om lag uendret fra 2013 (NEMS 2019, NPD 2014).

Turbinene brukes til to hovedformål:

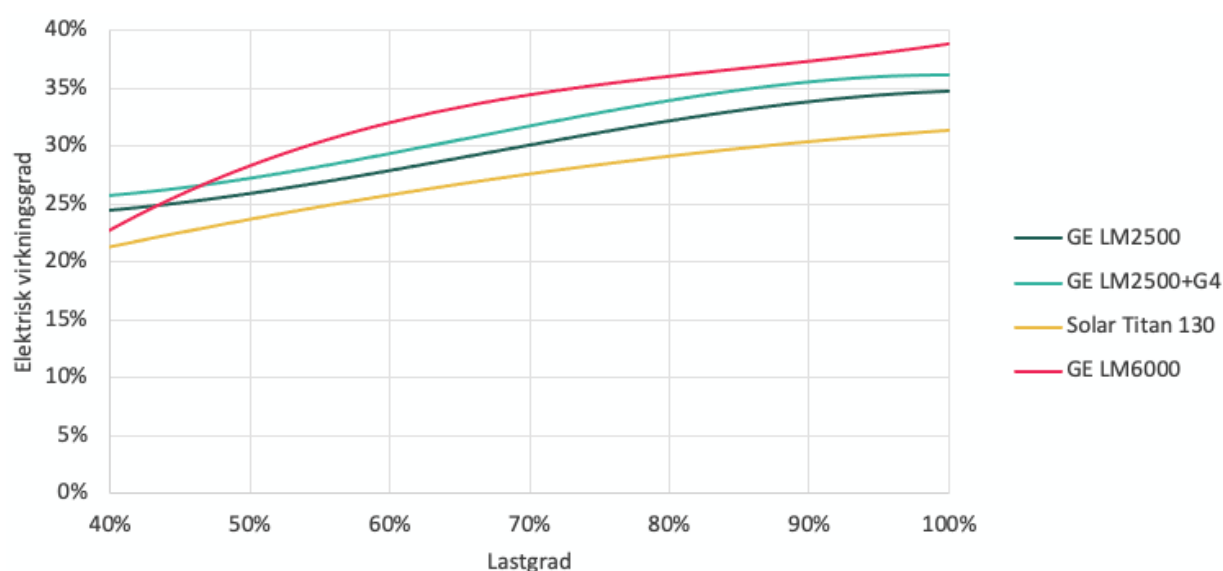
- å drive strømgeneratorer (gjelder to tredjedeler av turbinene). Elektrisiteten brukes her til ulike formål på innretningen. For disse turbinene er derfor elektrisk virkningsgrad mest relevant.

- å drive ulike maskiner, i hovedsak kompressorer (gjelder en tredjedel av turbinene). Det er her en fysisk kobling mellom gassturbinen og én eller flere kompressorer. For disse turbinene er mekanisk virkningsgrad mest relevant.

I praksis er det liten forskjell mellom elektrisk og mekanisk virkningsgrad: Elektriske generatorer er veldig effektive, og man taper lite energi i generatorene når mekanisk kraft konverteres til elektrisk kraft. De fleste turbiner har elektrisk eller mekanisk virkningsgrad på mellom 20 og 40%. Virkningsgraden av gassturbiner avhenger av mange faktorer, blant annet:

- turbinmodell
- lastgrad
- drivstoffstype og egenskaper
- bruk av NOx-reduserende teknologi (f.eks. DLE)
- lufttemperatur
- alder og vedlikehold

Figuren nedenfor illustrerer effekt av lastgrad på virkningsgraden for ulike turbinmodeller.



Figur 4 - Effekt av lastgrad på virkningsgraden for ulike turbinmodeller (kilde: Endrava, basert på data fra turbinprodusenter). Virkningsgraden er “de-rated” for å ta hensyn til effekt av typiske lufttemperaturer og alder på norsk sokkel.

Selv om noen gassturbinprodusenter kommuniserer en teoretisk elektrisk virkningsgrad på opptil 40 % for gassturbiner med åpen syklus, oppnår de fleste gassturbiner en reell elektrisk virkningsgrad på mellom 25 % og 35 % når de driftes på plattformer til havs. For å nå 35 % må de fleste modeller kjøres på full last (dvs. nærmere 100 % kapasitet), og virkningsgraden faller raskt med lavere lastgrad (se figur over). Siden kraftproduksjon må tilpasses kraftbehovet, kjøres de fleste turbiner på dellast. I tillegg er det av operasjonelle grunner ofte hensiktsmessig å benytte flere gassturbiner samtidig. Dette senker den gjennomsnittlige lastgraden for hver enkelt turbin.

Konsekvensen er at gjennomsnittlig lastgrad for turbiner på norsk sokkel sannsynligvis er lavere enn det som er optimalt for energieffektiv drift. Basert på tilgjengelige data og tidligere erfaring, anslår Endrava at gjennomsnittlig lastgrad er ca. 70 % av kapasiteten for turbinene, noe som gir en gjennomsnittlig elektrisk virkningsgrad på rundt 30 %. Det finnes dessverre ikke offentlig tilgjengelige data om hvordan gassturbinene på norsk sokkel opereres, og disse antagelsene er basert på fragmenterte data Endrava har samlet over flere år.

Noen data om kraftproduksjon og drivstofforbruk rapporteres gjennom EU ETS-søknader, men denne informasjonen er ikke offentlig tilgjengelig. I 2021 vil det komme krav for rapportering av elektrisk og mekanisk kraftproduksjon for hvert felt på norsk sokkel til myndighetene. Denne dataen vil kunne gi en bedre indikasjon på virkningsgraden for gassturbiner på norsk sokkel hvis den offentliggjøres.

I tillegg til å produsere kraft, kan noen av systemene på norsk sokkel også produsere varme, som benyttes i prosess og til boligkvarterer. Dette er mulig gjennom bruk av Waste Heat Recovery Units (WHRU), en form for varmevekslere som gjenvinner varme fra turbinenes eksosgass. I 2013 hadde ca. en tredjedel av turbinene på norsk sokkel WHRU for varmegjenvinning (DNV GL, 2015). I teorien kan WHRU gjenvinne store mengder varme, noe som kan bidra til å øke den totale virkningsgraden (elektrisk + varme) til ca. 60 % når systemet utnyttes på fullkapasitet. I praksis er det mindre varmebehov på plattformene enn den maksimale kapasiteten fra WHRUene. Derfor utnyttes kun en del av varmekapasiteten, og resten av varme slippes ut i eksosen til luft. Dette betyr at den totale virkningsgraden for gassturbiner med WHRU ofte er langt under 60 %. Det er kun krav for rapportering av utnyttet varme gjennom EU ETS-søknader, og denne dataen ikke er offentlig tilgjengelig. Det er derfor ikke mulig å estimere nøyaktig hvor høy total virkningsgrad gassturbinene oppnår med WHRU i praksis. Basert på tidligere erfaring fra Endrava på flere prosjekter og basert på data fra NPD (2014), gir varmeutnyttelsen med WHRU en gjennomsnittlig økning i virkningsgrad (varme) på ca. 15 prosentpoeng for turbinene som har systemet installert.

Siden kun en tredjedel av turbiner på norsk sokkel har WHRU, er den gjennomsnittlige totale virkningsgraden for alle turbinene estimert til ca. 35 % (30 % elektrisk + 5 % varme).

1.2. Kombikraftverk

Tre plattformer på norsk sokkel har kombikraftverk (*Compact Cycle Gas Turbine - CCGT*) installert, der overskuddsvarme fra gassturbinene brukes til å produsere damp, som igjen driver en dampturbin. Disse er Snorre B, Oseberg D og Eldfisk 2/7 E (Kloster, 2000). Kombikraftverk på norsk sokkel er en mindre versjon av kombikraftverk som brukes i kraftanlegg på land. Slike systemer krever typisk store og tunge dampgeneratorer (en type varmeveksler), og systemet er nedskalert for bruk offshore. Dette gjør at virkningsgraden for systemene på norsk sokkel ikke er like høy som på kraftanlegg på land. Det forskes for å utvikle mer kompakte kombikraftverk, men dette tar tid og forventes ikke å utgjøre en vesentlig forskjell på virkningsgraden på norsk sokkel før etter 2030.

Virkningsgraden fra kombikraftverk avhenger av de samme faktorene som konvensjonelle gassturbiner (turbinmodell, lastgrad, drivstofftype og egenskaper, osv). Ifølge Miljødirektoratet (2014), har systemet på Snorre B virkningsgrad på 45,8 %, mens DNV GL (2015) indikerer 48 %. Jøssang (2013) indikerer en total virkningsgrad på 50 % for de tre kombikraftverksystemene på norsk sokkel, hvis de kjøres på full last. I følge DNV GL er det vanskelig å oppnå virkningsgrad på over 50 % for slike systemer i offshore applikasjoner, mens kombikraftverk på land per i dag kan oppnå en virkningsgrad på 55-60 % (se også "Kraftsektoren" i neste kapittel).

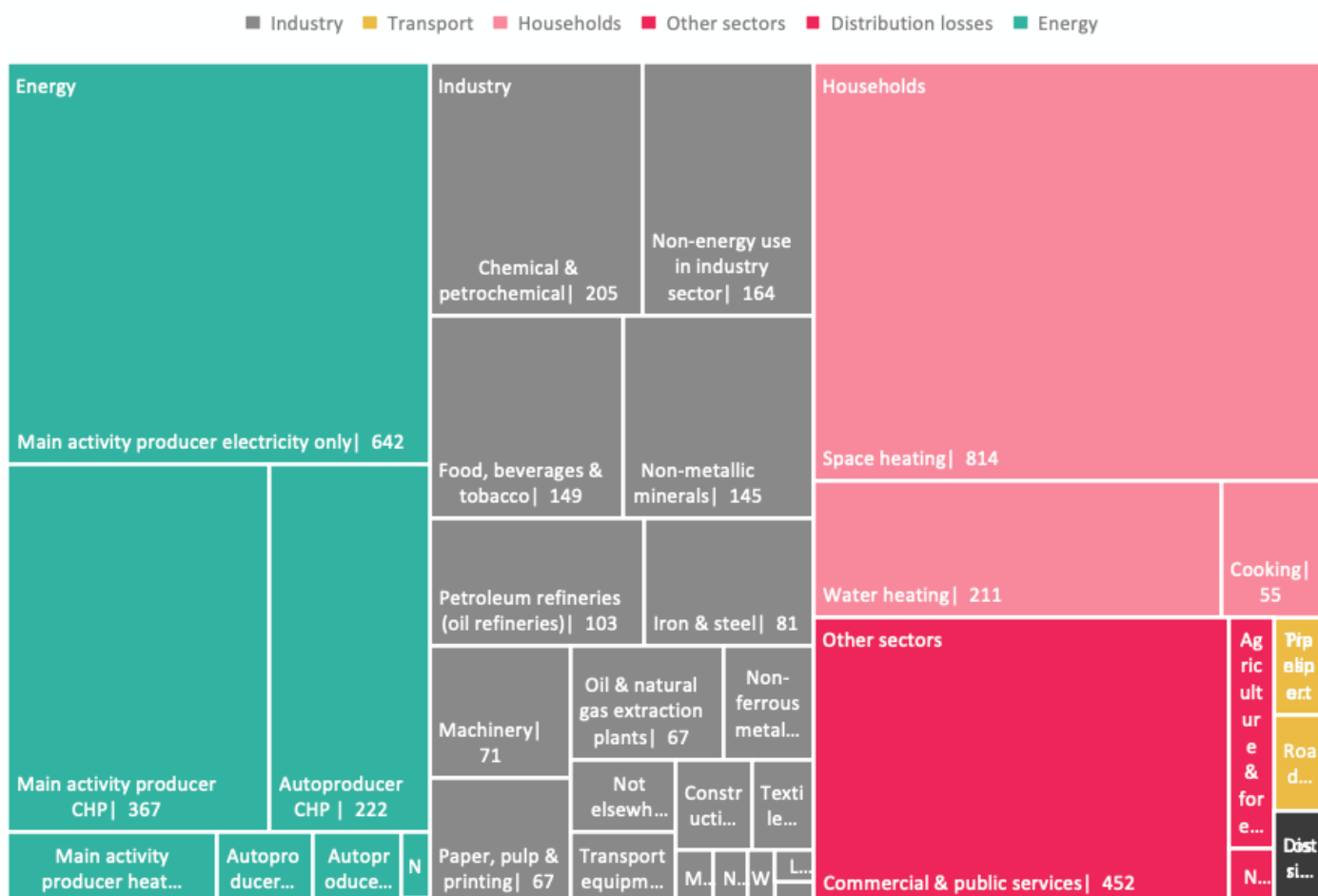
Det finnes ikke spesifikke data for gassforbruket for kombikraftverk på norsk sokkel i 2019, men Endrava estimerer forbruket til 2 til 3 TWh_{LHV} per år.

1.3. Kjeler

Varmeproduksjon i kjeler har ofte høy virkningsgrad, ca. 90 %. Denne typen produksjon representerer kun 1,5 % av naturgassforbruket på norsk sokkel, med ca. 0,8 TWh_{LHV}.

2. Virkningsgraden i Europa er høy, selv når man tar hensyn til energitap og utslipp langs verdikjeden

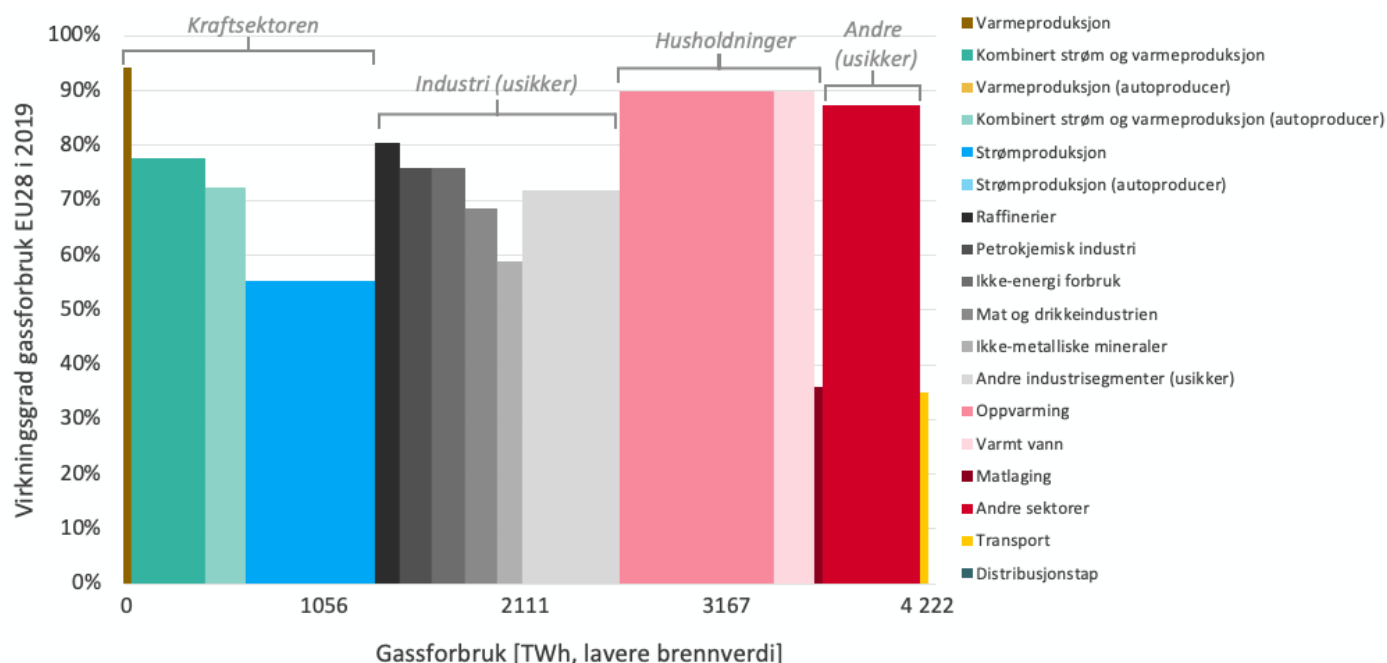
Naturgass brukes i Europa innen kraftsektoren (32 %), industri (29 %), husholdninger (26 %) og andre sektorer (hovedsakelig private og offentlige tjenester, 13 %). Se figuren nedenfor og vedlegg A for ytterligere data om forbruket.



Figur 5 - Bruk av naturgass i EU28 i 2019, i TWh LHV (kilde: Endrava, basert på data fra Eurostat datasett nrg_bal_c)

2.1. Virkningsgrad på tvers av sektorer er høy

Neste figur gir en oversikt over virkningsgraden fra ulike sektorer og segmenter i Europa. Merk av noen av dataene er usikre, særlig for industri og andre sektorer. Virkningsgraden for alle sektorene i figuren er i snitt 75 %.



Figur 6 - Gassforbruk for ulike sektorer og segmenter i EU28 i 2019, og virkningsgrad i % (kilde: Endrava, kombinasjon av mange ulike datakilder).

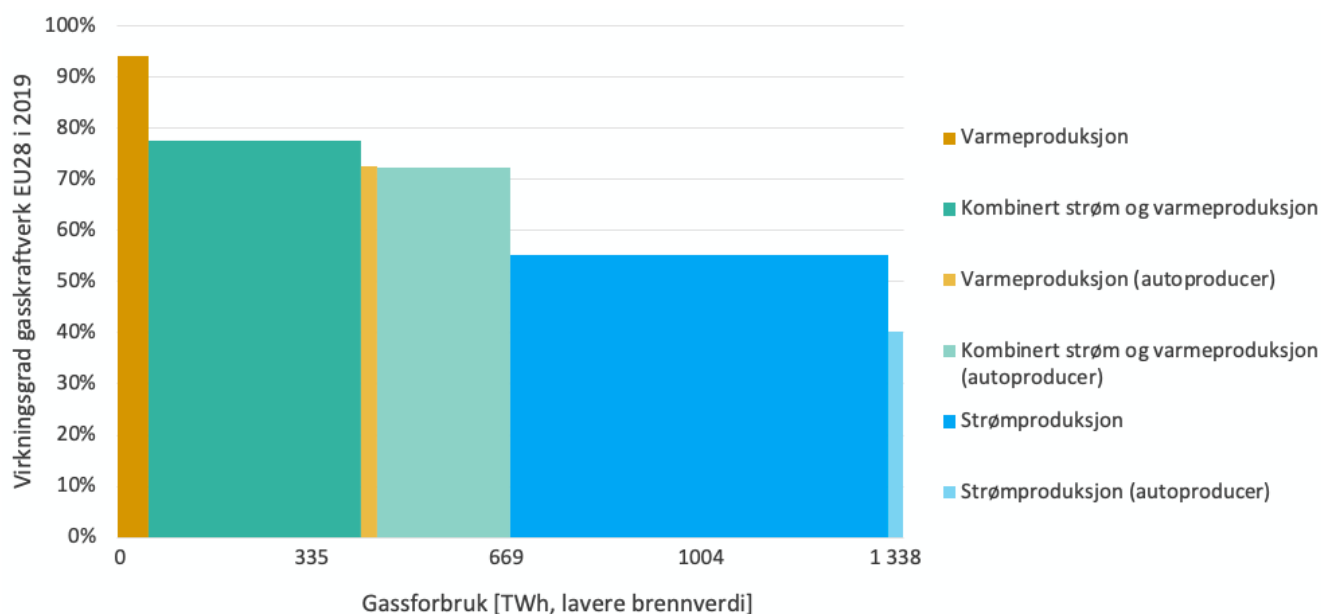
Virkningsgraden innen hver sektor er beskrevet nedenfor.

2.1.1. Kraftsektoren (32 % av forbruket)

Eurostat publiserer data om både naturgassforbruk og kraft- og varmeproduksjon for hver anleggstype i EU28 hvert år. Det er derfor mulig å beregne den totale virkningsgraden for gasskraftverk. Figuren nedenfor illustrerer de ulike nivåene for virkningsgrad og mengden naturgass brukt i 2019 i EU 28. I snitt oppnår gasskraftverkene en total virkningsgrad på 66 %.

Basert på en beregning gjort med offisielle tall fra Eurostat (2021a og 2021b), oppnås den høyeste virkningsgraden av rene varmeproduksjonsanlegg, med mer enn 90 %. Dette er på samme nivå som kjeler på norsk sokkel. De fleste anleggene med kun strømproduksjon benytter kombikraftverk, og oppnår en gjennomsnittlig virkningsgrad på 55 %. Den laveste virkningsgraden har autoproducer-strømprodusentene, med 40 %. Disse representerer kun en liten andel av gassforbruket.

Disse verdiene er beregnet basert på faktisk strøm- og varmeproduksjon i EU28, og faktisk naturgassforbruk, rapportert av Eurostat (2021a og 2021b). De ligger tett opptil referanseverdiene definert i EU kommisjonsforordning 2015/2402 (EU, 2015), med 53 % for kun strømproduksjon, og 84-92 % for kun varmeproduksjon.



Figur 7 - Gassforbruk for ulike typer gasskraftverk i EU28 i 2019, og virkningsgrad i % (kilde: Endrava, basert på data fra Eurostat datasettene nrg_bal_c og nrg_ind_peh). Virkningsgraden er beregnet basert på offisielle tall fra Eurostat (netto kraft- og varmeproduksjon).

2.1.2. Industri (29 % av forbruket)

Industriell bruk av naturgass består av mange ulike prosesser og utstyrstyper. Det er derfor krevende å estimere en samlet virkningsgrad for hele sektoren. Tabellen nedenfor oppsummerer virkningsgrad for noen av de vanligste prosesser og utstyr i industri. Industrisegmentene som bruker disse, representerer 62 % av naturgassforbruket i EU28 i 2019. Den gjennomsnittlige virkningsgraden for disse industrisegmentene er estimert til mellom 66 og 78 %.

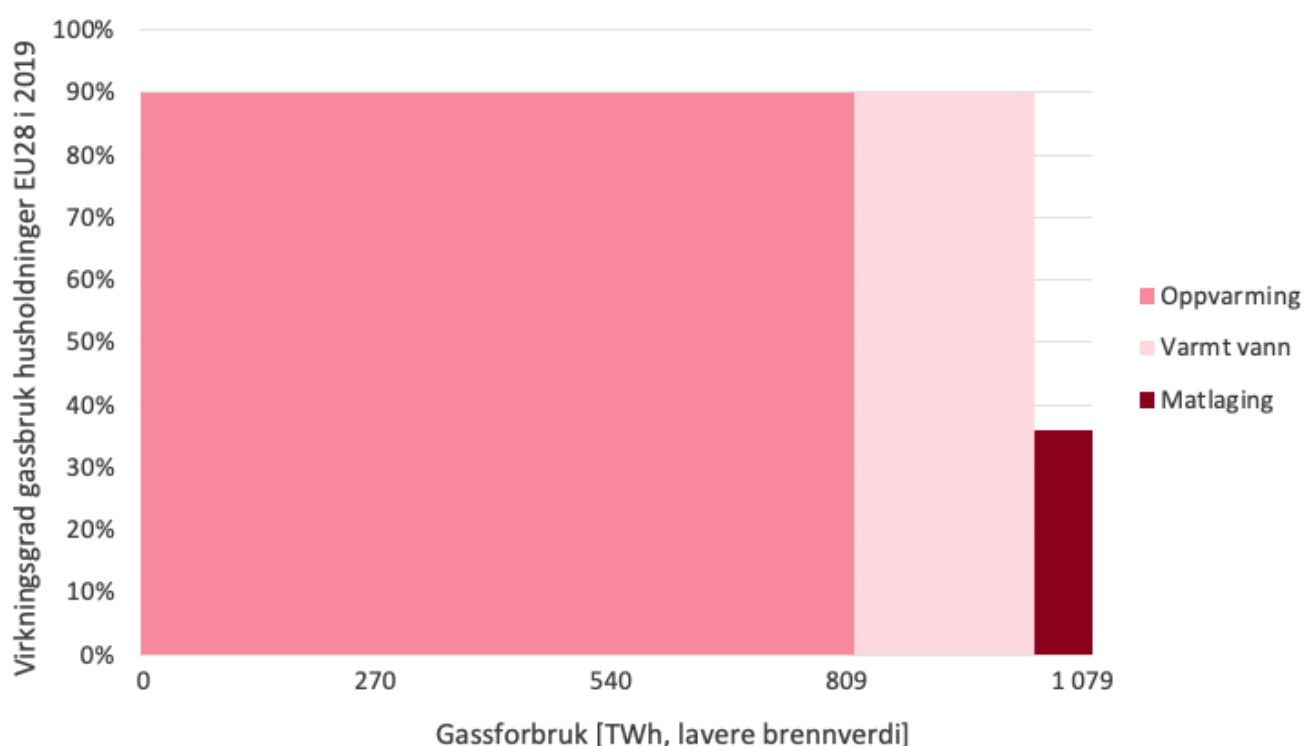
Tabell 1 - Typisk virkningsgrad for ulike industriprosesser og utstyr

Industrisegment	Prosess / utstyr	Virkningsgrad (LHV)	Kilde
Petrokjemisk industri og raffinerier	Ovn til prosessvarme (<i>furnaces and heaters</i>), 75 % av energiforbruket i industrisegmentet	63-89 %	Masoumi et al., 2011
Raffinerier	Ovn	70-90 % 75-90 %	Ping et al., 2011 Lawrence Berkeley National Laboratory, 2005
Raffinerier	Kjeler i raffinerier i USA	77 %	Lawrence Berkeley National Laboratory, 2005
Ikke-metalliske mineraler	Ovn til glass og keramikk	54-57 %	Carvalho et al., 1997
	Kalsineringsystem for sementklinker	62 %	Yao et al., 2020
Mat og	Dampkjeler	84-90 %	Einstein et al. 2001

Industrisegment	Prosess / utstyr	Virkningsgrad (LHV)	Kilde
drikkeindustrien	Ovn	54-57 %	Carvalho et al., 1997
	Tørking (avhengig av temperatur)	20-70 %	Atuonwu et al., 2011
Ikke-energi forbruk / råvare til produkter	Hydrogenproduksjon i metanreforming (SMR, til kjemi, ammoniakk, metanol)	76 %	Muradov, 2015

2.1.3. Husholdninger (26 % av forbruket)

Systemene som typisk brukes i Europa til oppvarming og varmt vann med naturgass, oppnår en virkningsgrad på rundt 90 % (Enova 2013, Ademe 2019). En del naturgass brukes også til matlaging, men det finnes lite data om virkningsgraden her. Forskning på LPG-brennere til matlaging indikerer ca. 36 % virkningsgrad, på grunn av mye varmetap fra denne typen åpent system (Jugjai et al., 2001). Gjennomsnittlig virkningsgrad for bruk av naturgass i husholdninger er beregnet til 87 %.



Figur 8 - Gassforbruk i husholdninger i EU28 i 2019, og virkningsgrad i % (kilde: Endrava, basert på data fra Eurostat datasett nrg_bal_c). Virkningsgraden er basert på typisk verdi for utstyr innen hver kategori.

2.1.4. Andre sektorer (13 % av forbruket)

Det er sannsynlig at mesteparten av naturgass i andre sektorer brukes til oppvarming av nærings- og offentlig bygg, samt oppvarming av vann og matlaging i restaurant og kantine. Det finnes ikke data om virkningsgraden for slik bruk, og den antas å være nær det som observeres i husholdninger (87 %).

2.2. Energitap og utslipp i hele verdikjeden for norsk naturgass er moderate

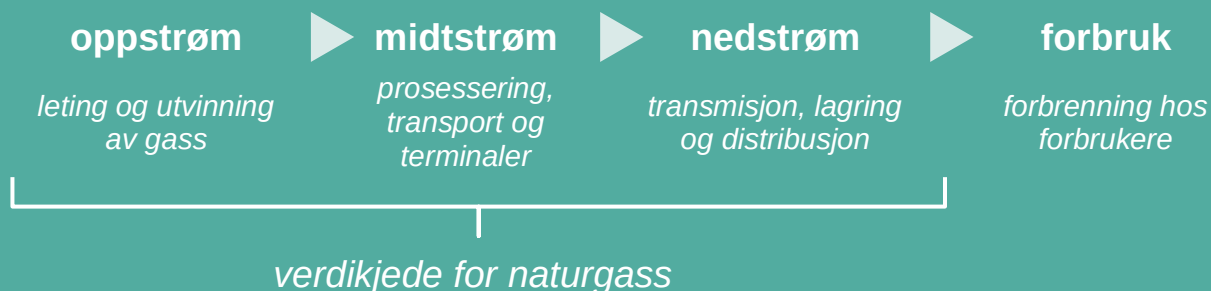
Virkningsgrad gir en indikasjon på hvor effektive de ulike prosessene er, og hvor høye de lokale CO₂-utslippene relatert til gassforbrenning er. Det er derimot viktig å også ta hensyn til energitap og klimagassutslipp i hele verdikjeden, fra gassfelt til forbruker.

Om verdikjeden for naturgass

Begrepet “verdikjede” brukes i en naturgasskontekst for å beskrive alle aktiviteter som gjennomføres for å lete etter, utvinne, prosessere, transportere og distribuere naturgass til forbrukere. Verdikjeden deles ofte i tre:

- oppstrømsaktiviteter: leting og utvinning av gass
- midtstrømsaktiviteter: prosessering, transport og terminaler
- nedstrømsaktiviteter: transmisjon, lagring og distribusjon

Verdikjeden for naturgass inkluderer ikke selve forbrenningen av gass hos forbrukerne.



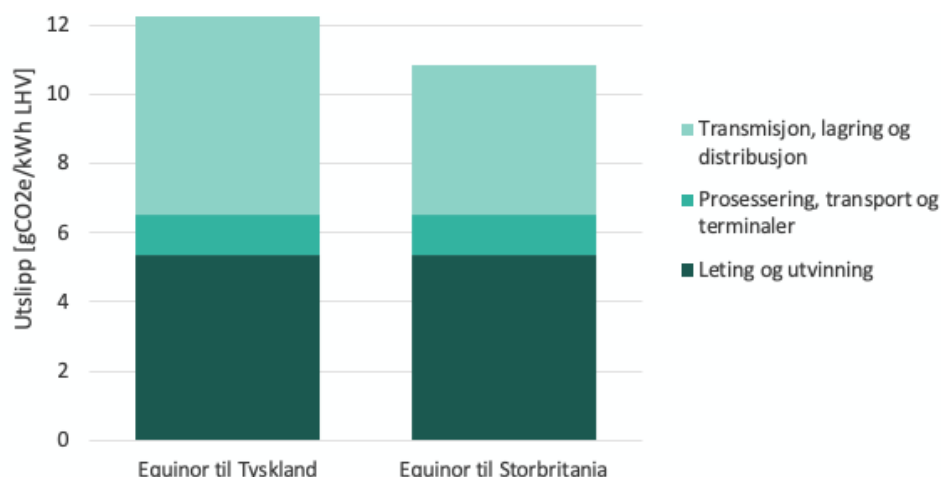
Det oppstår ulike typer klimagassutslipp på tvers av verdikjeden, som i en klimakontekst kalles brønn-til-tank (*well to tank*)-utslipp. Fra perspektivet av en naturgassforbruker inngår disse utslippene i indirekte utslipp, også kjent som “scope 3”-utslipp i et klimaregnskap. Selve forbrenning av naturgassen kalles gjerne tank-til-hjul (tank-to-wheel)-utslipp, og inngår i direkte utslipp, “scope 1” i klimaregnskapet.

Utslippene i verdikjeden for naturgass representerer kun en liten del av de totale utslippene

Det meste av gass som eksporteres fra norsk sokkel komprimeres og fraktes i rørledninger. En liten del gjøres også om til flytende naturgass (LNG) og fraktes med skip. Gassen må i tillegg prosesseres, og komprimeres igjen i nettverket på land, for å kompensere for tap av trykk i systemet. Alle disse aktivitetene krever energi, og det er ofte naturgass selv eller andre fossile energikilder som brukes til å drive kompressorer, prosessutstyr og fartøyer. Dette fører til klimagassutslipp i verdikjeden før gassen når forbrukeren, i form av CO₂ fra forbrenning.

Noe av naturgassen tapes også i verdikjeden, gjennom små gasslekkasjer i utstyret (kompressorer, ventiler, koblinger) og fra fakling. Dette bidrar til ytterligere klimagassutslipp i form av metan (CH₄) og CO₂.

Equinor publiserte i 2017 en rapport om klimagassutslippene fra den norske gassverdikjeden, inkludert oppstrøm- (leting og utvinning), midtstrøm- (prosessering, transport og terminaler) og nedstrømsaktiviteter (transmisjon, lagring og distribusjon). Figuren nedenfor illustrerer resultatene fra Equinor, omregnet til gram CO₂-ekvivalenter per kWh energiinnhold i naturgassen.

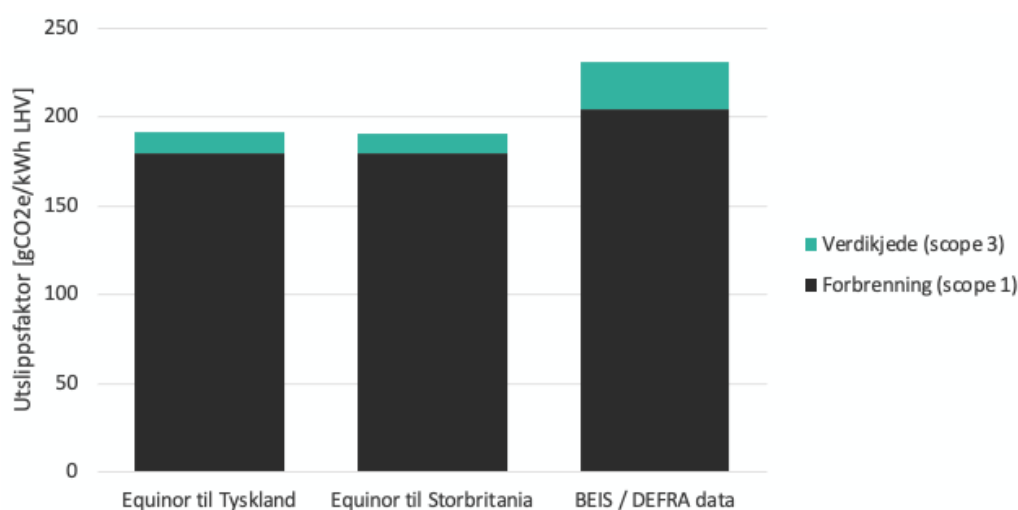


Figur 9 - Utslipp i verdikjeden til naturgass (kilde: Equinor, 2017). Merk: basert på GWP 25 for metanutslipp

Figuren viser at mesteparten av utslippene kommer fra oppstrøm- (leting og utvinning) og nedstrømsaktiviteter (transmisjon, lagring og distribusjon). Totalverdien er 12 g_{CO2e}/kWh_{LHV} for gass til Tyskland, og 11 g_{CO2e}/kWh_{LHV} for Storbritannia. Dette er i samme størrelsesorden som andre kilder, for eksempel LCA-verdiene fra DEFRA i Storbritannia for brønn-til-tank (scope 3)-utslipp for naturgass (26 g_{CO2e}/kWh_{LHV}, DEFRA 2021). Equinor viser også til en studie fra NGVA (2017), med 25-27 g_{CO2e}/kWh_{LHV} for sentral- og nord-EU. Equinor forklarer forskjellen med at andre studier også inkluderer høyere oppstrømsutslipp fra andre land som eksporterer naturgass til EU, for eksempel Russland.

Når det gjelder selve forbrenning av naturgass (direkte utslipp, scope 1), beregner Endrava en utslippsfaktor på 179 g_{CO2}/kWh_{LHV} for norsk naturgass, basert på 1,99 kg_{CO2e}/Sm³ (SSB, 2016), og en lavere brennverdi på 11 kWh/Sm³ (Norsk Petroleum, 2021).

Kombinert med utslippene på tvers av verdikjeden (scope 3) fra Equinor (2017), blir klimagassutslippene over hele livssyklusen til naturgassen 190-191 g_{CO2}/kWh_{LHV}, hvor kun 6 % av utslippene skjer i verdikjeden. Selv med høyere verdier fra DEFRA eller NGVA, representerer verdikjeden kun 11 % av de totale klimagassutslippene.

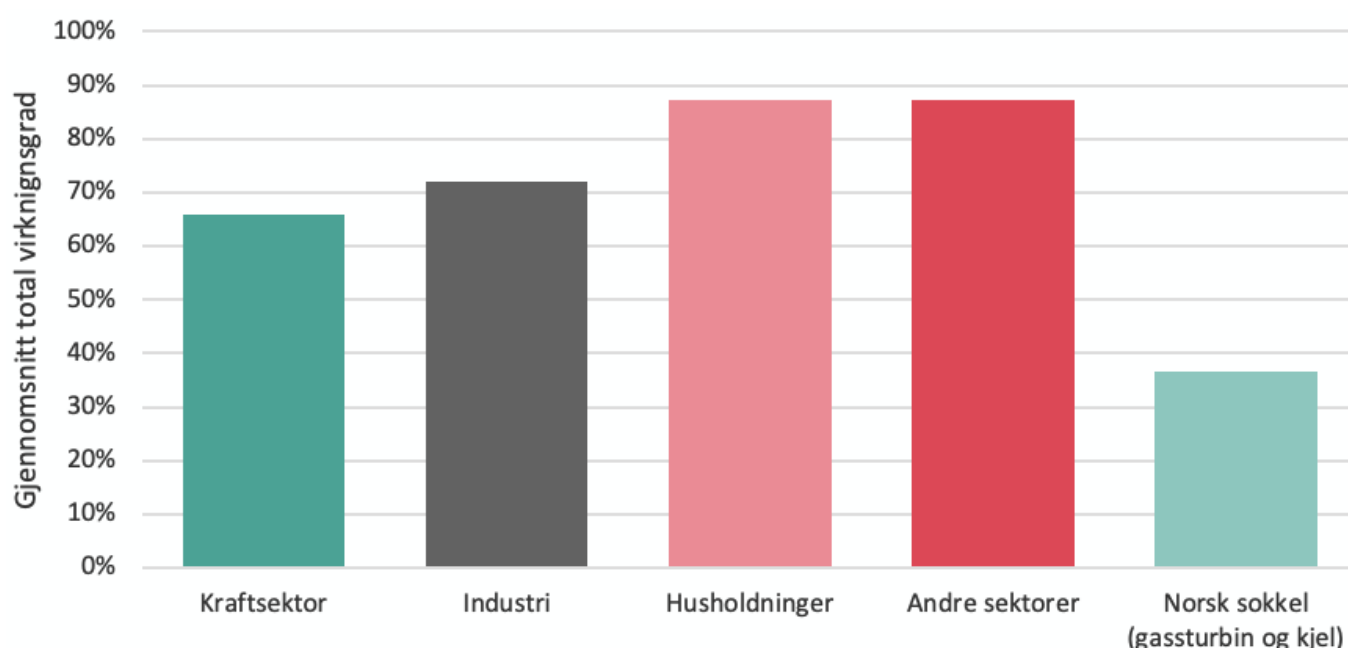


Figur 10 - Total utslippsfaktor for naturgass, inkludert forbrenning og utslipp i verdikjeden (kilde: Endrava, basert på Equinor 2017, DEFRA 2021 og SSB 2016). Merk at figuren er basert på GWP 25 for metanutslipp.

3. Selv medutslippene i verdikjeden, er naturgassforbruket mye mer effektivt i EU enn på norsk sokkel

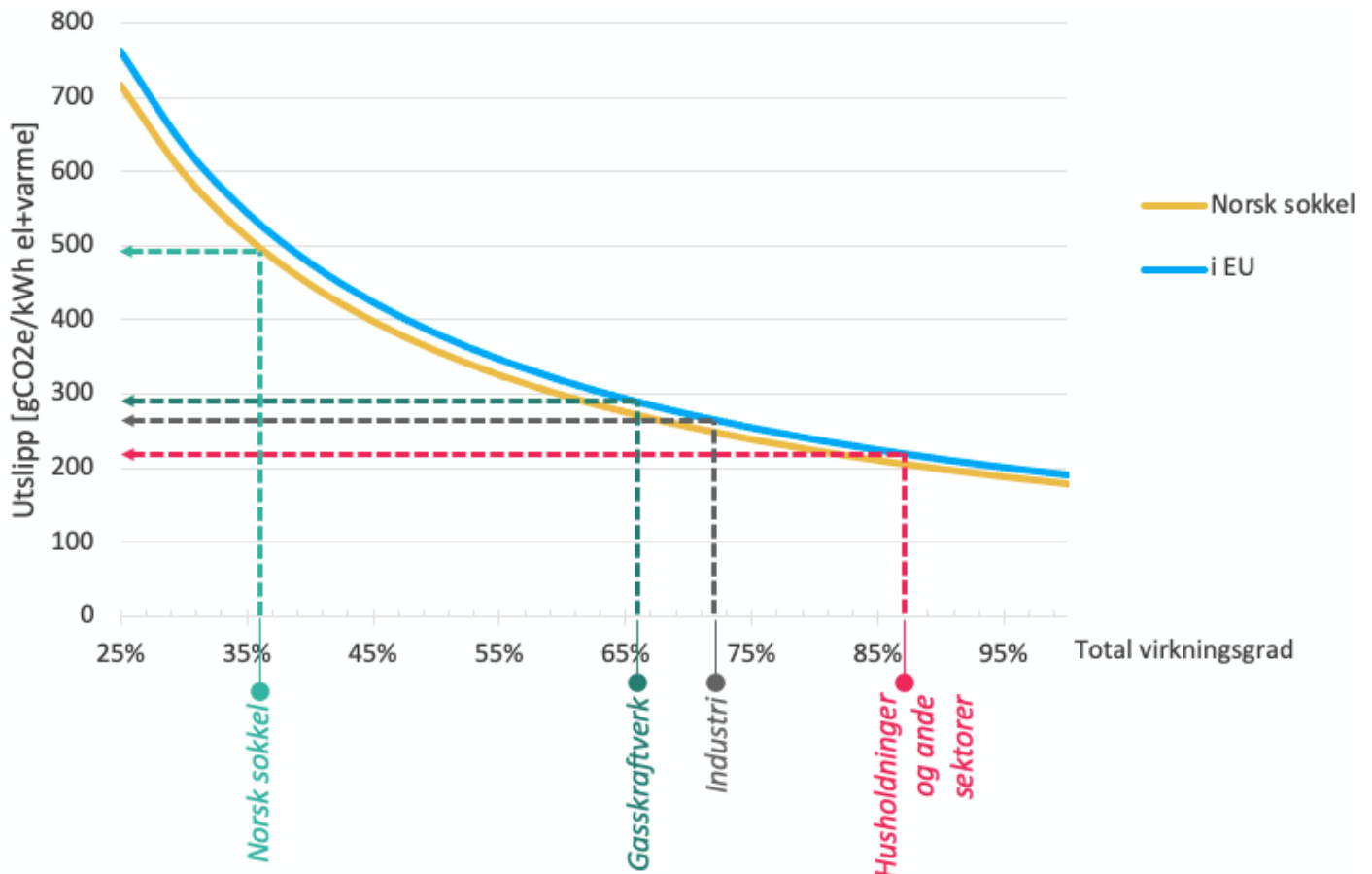
De fleste prosesser og utstyr som benytter naturgass i Europa har en høyere virkningsgrad enn gassturbiner på norsk sokkel. Siden naturgassforbruket til gassturbiner i olje- og gassektoren i Norge kun tilsvarer en liten del av naturgassforbruket i Europa (1,2 % i 2019), er det lite sannsynlig at den økte eksporten av norsk naturgass som følge av elektrifisering i Norge vil påvirke etterspørselen etter gass i Europa (Cicero, 2013).

Figuren nedenfor sammenligner den gjennomsnittlige virkningsgraden for ulike sektorer i Europa og for kraft- og varmeproduksjon på norsk sokkel.



Figur 11 - Gjennomsnittlig virkningsgrad for ulike sektorer som benytter naturgass i Europa, og for gassturbiner og kjel på norsk sokkel (kilde: Endrava, kombinasjon av flere datakilder)

Virkningsgrad for ulike bruksområder for naturgass kan også sammenlignes ved å se på klimagassutslippene per produsert kWh kraft og varme. Figuren på neste side viser en slik sammenligning for hver sektor i EU28 og for gjennomsnittet på norsk sokkel.



Figur 12 - Utslipp fra produksjon av 1 kWh strøm og varme på norsk sokkel og i ulike sektorer i EU 28 (inkludert utslipp langs verdikjeden på blå kurven) (kilde: Endrava)

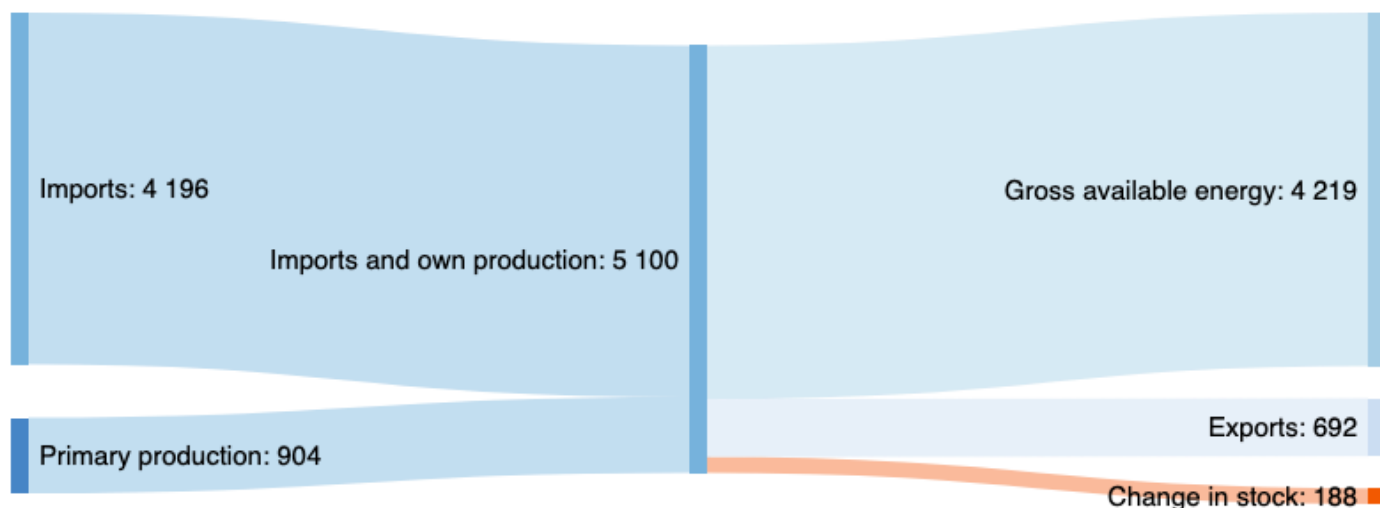
De to kurvene (blå og gul) representerer utslipp fra forbrenning av naturgass. I tillegg inkluderer den blå kurven de indirekte klimagassutslippene i verdikjeden før gassen når forbrukeren i EU28.

Figuren viser at klimagassutslippene fra kraftproduksjon på norsk sokkel er i snitt 70 % høyere per kWh produsert enn på et gasskraftverk i EU28, selv når utslippene langs verdikjeden tas med i beregningen. Sammenlignet med husholdninger og andre sektorer, har norsk sokkel mer enn dobbelt så store utslipp per kWh produsert.

Vedlegg A - Oversikt over bruk av naturgass i Europa

En stor andel av naturgass brukt i Europa kommer fra Norge

I 2019 ble det importert ca. 4 200 TWh_{LHV} naturgass til EU28. I tillegg ble det produsert ca. 900 TWh_{LHV} innenfor EU28 (Eurostat, 2020a). Figuren nedenfor viser en forenklet oversikt over balansen mellom import, egen produksjon, egen bruk og eksport innen EU28 i 2019.

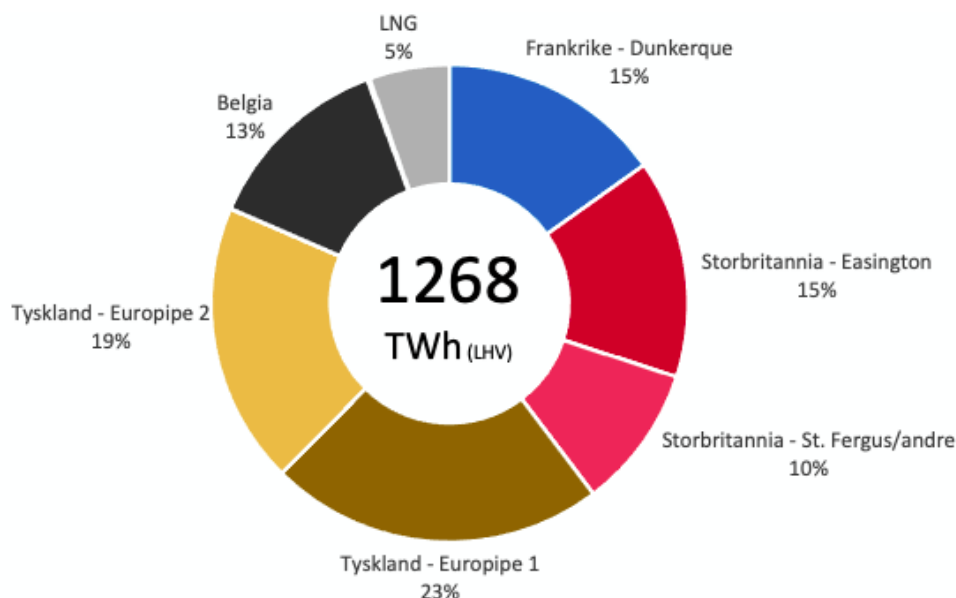


Figur 13 - Energibalansen for naturgass i EU28 i 2019, i TWh LHV (kilde: Endrava, basert på Eurostat 2021a)

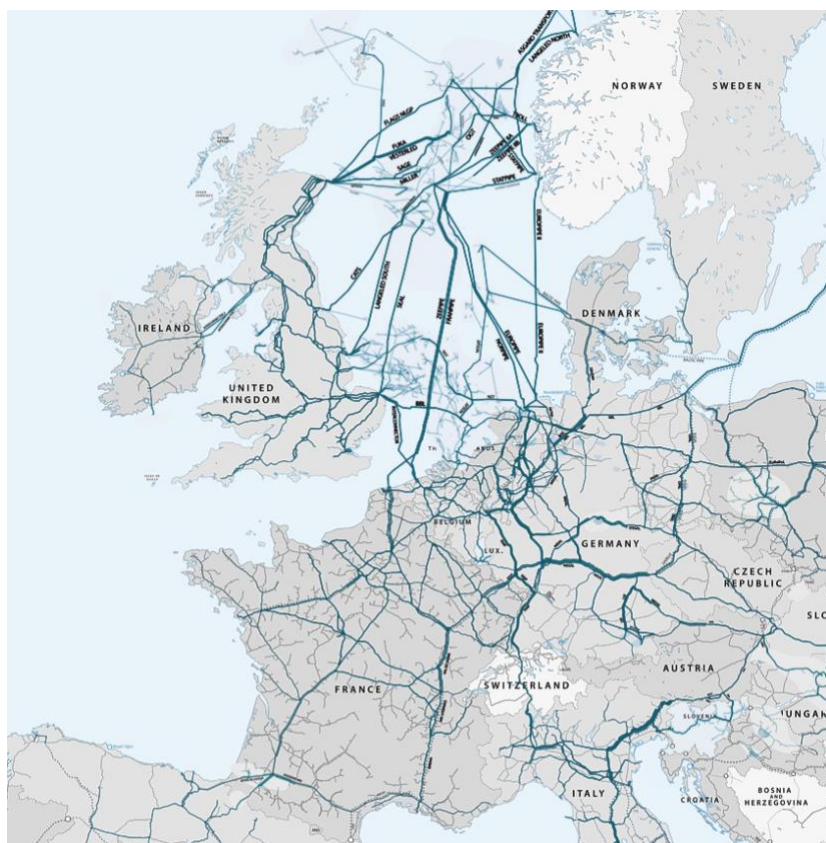
Figuren viser at det brukes omtrent like mye naturgass i EU28 som det importeres fra ikke-EU28 land.

Norge var den nest største eksportøren av naturgass til EU28 i 2019, etter Russland, med mellom 99 og 114 millioner kubikkmeter naturgass. Norsk eksport av naturgass representerte ca. 26 % til 30 % av forbruket i EU28. Denne dataen er noe usikker, på grunn av forskjeller mellom data fra Oljedirektoratet, SSB og Eurostat.

Tyskland, Storbritannia og Frankrike står for det meste av importen av norsk naturgass i Europa, som illustrert i figuren nedenfor.



Figur 14 - Eksport av norsk naturgass til Europa i 2019 og land som mottar gassen, i TWh lavere brennverdi (kilde: Endrava, basert på data fra [NorskPetrolem.no](https://norskpetroleum.no))



Figur 15 - Naturgassnettverket offshore og i landene som mottar norsk naturgass (kilde: Endrava, basert på kart fra [ENTSOG](https://entsog.eu))

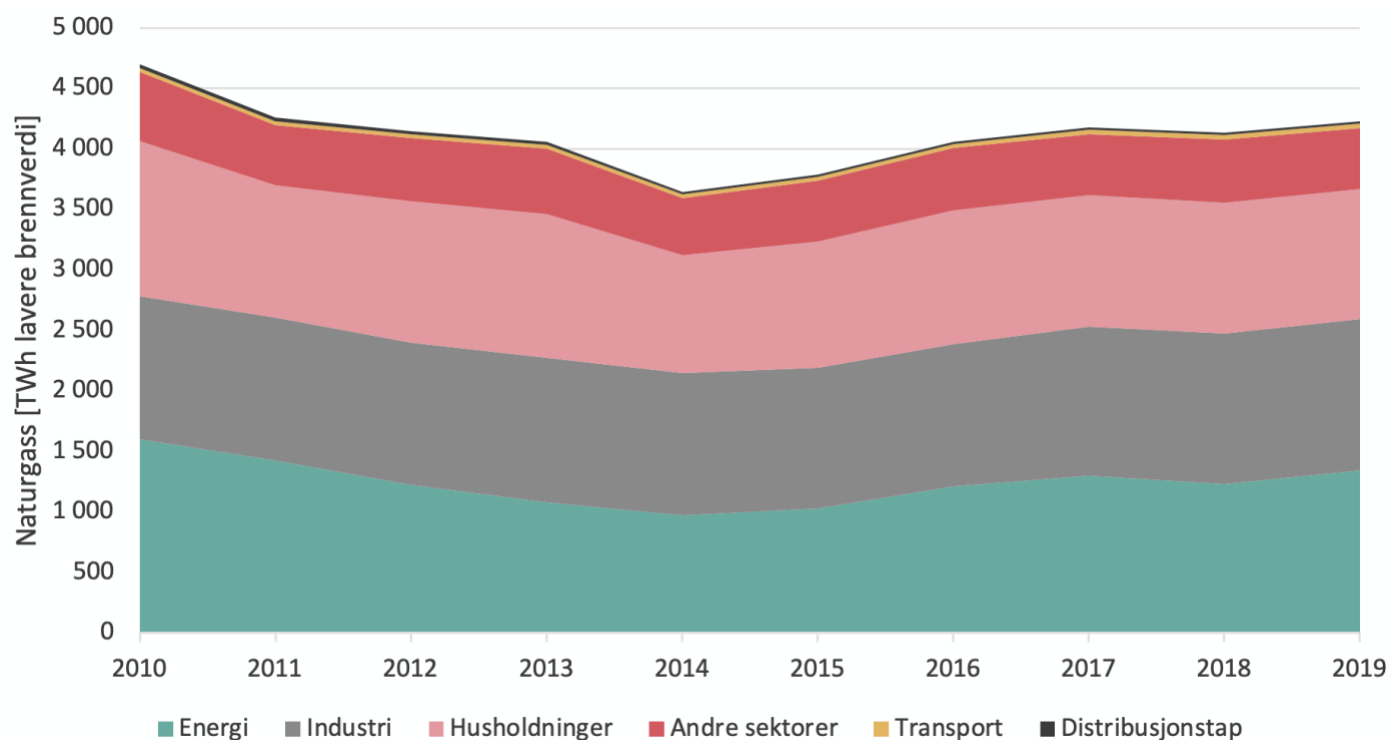
Det meste av importen i Europa skjer via rørledninger fra norsk sokkel og landanleggene i Norge (figur til venstre).

Oljedirektoratet indikerer at norsk gass utgjør en betydelig andel av gassforbruket i alle de mottakerlandene (Frankrike, Storbritannia, Tyskland og Belgia). Mye av gassen transporteres også videre til andre land i Europa (Oljedirektoratet, 2021).

Gassen transporteres ved bruk av det europeiske naturgassnettverket, som er veldig utbredt på tvers av Europa (figur til venstre). Det er derfor ikke mulig å vite nøyaktig hvilke av brukerne i Europa som benytter den norske naturgassen.

Naturgass brukes av en rekke ulike sektorer i Europa

Generelt i Europa brukes hovedsakelig naturgass til gasskraftverk, industri, husholdninger og til andre sektorer (tjenester osv.). Figuren nedenfor viser andelen gassforbruk i disse sektorene i perioden 2010-2019 i EU28.

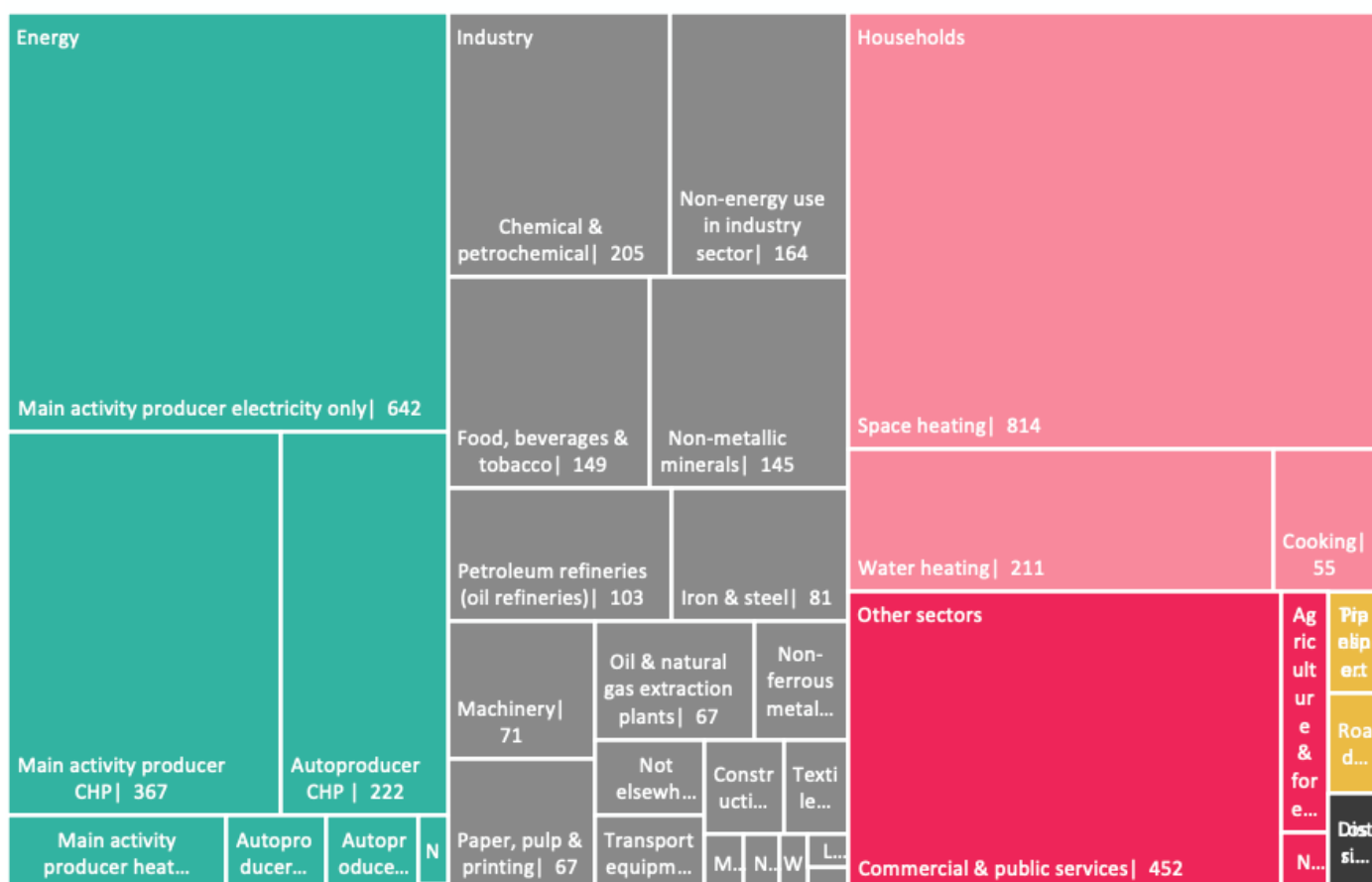


Figur 16 - Bruk av naturgass i EU28 i 2010-2019, i TWh lavere brennverdi (kilde: Endrava, basert på data fra Eurostat datasett nrg_bal_c)

Det totale gassforbruket gikk ned i perioden 2010 til 2014, og økte igjen mellom 2015 og 2019. Offentlig statistikk fra Eurostat for 2020 er ikke tilgjengelig ennå.

Figuren på neste side gir et mer detaljert bilde av naturgassforbruket i 2019, innen hver av de relevante sektorene. Forbruket beskrives videre for hver sektor under figuren.

■ Industry ■ Transport ■ Households ■ Other sectors ■ Distribution losses ■ Energy



Figur 17 - Bruk av naturgass i EU28 i 2019, i TWh lavere brennverdi (kilde: Endrava, basert på data fra Eurostat datasett nrg_bal_c)

Kraftsektoren (32 % av forbruket)

Naturgass brukes i kraftsektoren til tre ulike anleggstyper:

- gasskraftverk med ren strømproduksjon (dvs. kun elektrisitet),
- kraftvarmeverk med kombinert strøm- og varmeproduksjon (CHP - *Combined Heat and Power*),
- i mindre grad til anlegg med kun varmeproduksjon.

De fleste av disse anleggene har strøm- og varmeproduksjon som hovedaktivitet. En mindre andel har dedikert produksjon til industribruk, for eksempel raffinerier eller papirmassefabrikker. Disse kalles *autoproducers* på engelsk.

Etterspørselen etter naturgas i kraftsektoren varierer fra år til år avhengig av kraftmarkedet, og har blitt redusert med 23 % siden 2010. Llikevel har forbruket økt i perioden 2014-2019.

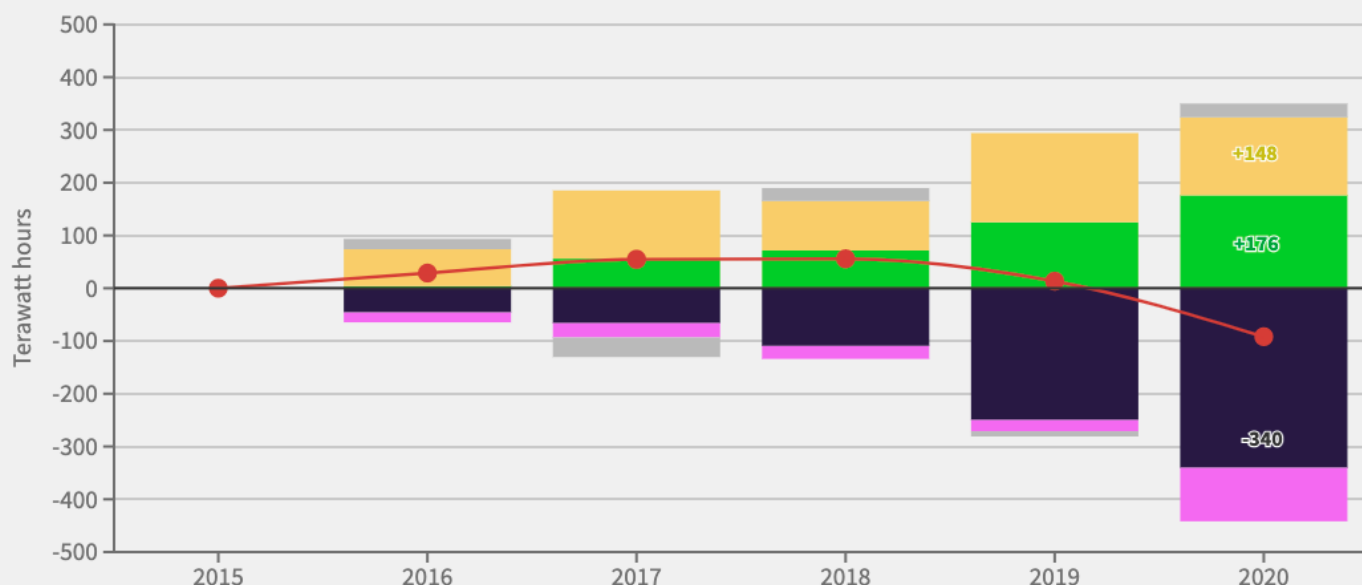
Klima- og energitankesmien Ember publiserte tidlig i 2021 en oversikt over kraftmarkedet i EU27 i 2020 (Ember, 2021). Rapporten viser at selv om kraftproduksjon fra naturgasskraftverk ble redusert med 4 % i 2020, hadde den økt med 148 TWh_{el} siden 2015. Gasskraftverk kompenserte for nesten halvparten av reduksjonene i kullkraftverk i perioden 2015-2020 (-340 TWh_{el}), mens vind- og solenergi kompenserte for den andre halvparten.

Only half of coal's fall was due to rising wind and solar

EMBER

Cumulative change since 2015 in electricity generation for EU-27

■ Demand ■ Coal ■ Wind and solar ■ Gas ■ Nuclear ■ Other generation



Europe's Power Sector in 2020, published by Ember and Agora Energiewende on 25th January 2021.

Figur 18 - Kumulert endring i kraftproduksjon i EU27, i TWh, siden 2015 (kilde: Ember, 2021).

Industri (29 % av forbruket)

Industri hadde nest størst naturgassforbruk i EU28 i 2018. Naturgass brukes her til en rekke prosesser, hvor de største segmentene er:

- kjemikalier og petrokjemikalier (til varmeproduksjon i prosess)
- mat og drikkeindustrien (typisk til varmeproduksjon og for tørking)
- ikke-metalliske mineraler (til varmeproduksjon og prosess for glass og keramikk, sement og kalk)
- oljeraffinerier (til varmeproduksjon i prosess)

I tillegg utgjør "ikke-energibruk" 13 % av all naturgassforbruk innen industri. Det vil si at naturgass brukes som råvarer til å lage produkter som ammoniakk, metanol og petrokjemiske produkter (hovedsakelig plast).

Etterspørselen etter naturgass til industri har vært relativt stabil i perioden 2010-2018, med en økning på 4,3 %. Mer informasjon om bruk av naturgass og andre energityper i industri i Europa finnes i Endrava-rapporten "[Use of oil and gas products in the industry](#)" (2019).

Husholdninger (26 % av forbruket)

Bruk av naturgass i husholdninger er mye mer utbredt i EU og Storbritannia enn i Norge. Der brukes naturgass til tre formål:

- til oppvarming av boliger og bygninger
- til oppvarming av vann

- i mindre grad til matlaging

Bruk til oppvarming varierer mye etter år og sesong, avhengig av vintertemperaturer i Europa. Data fra Eurostat viser at mer og mer naturgass også brukes til oppvarming av vann og matlaging i husholdninger.

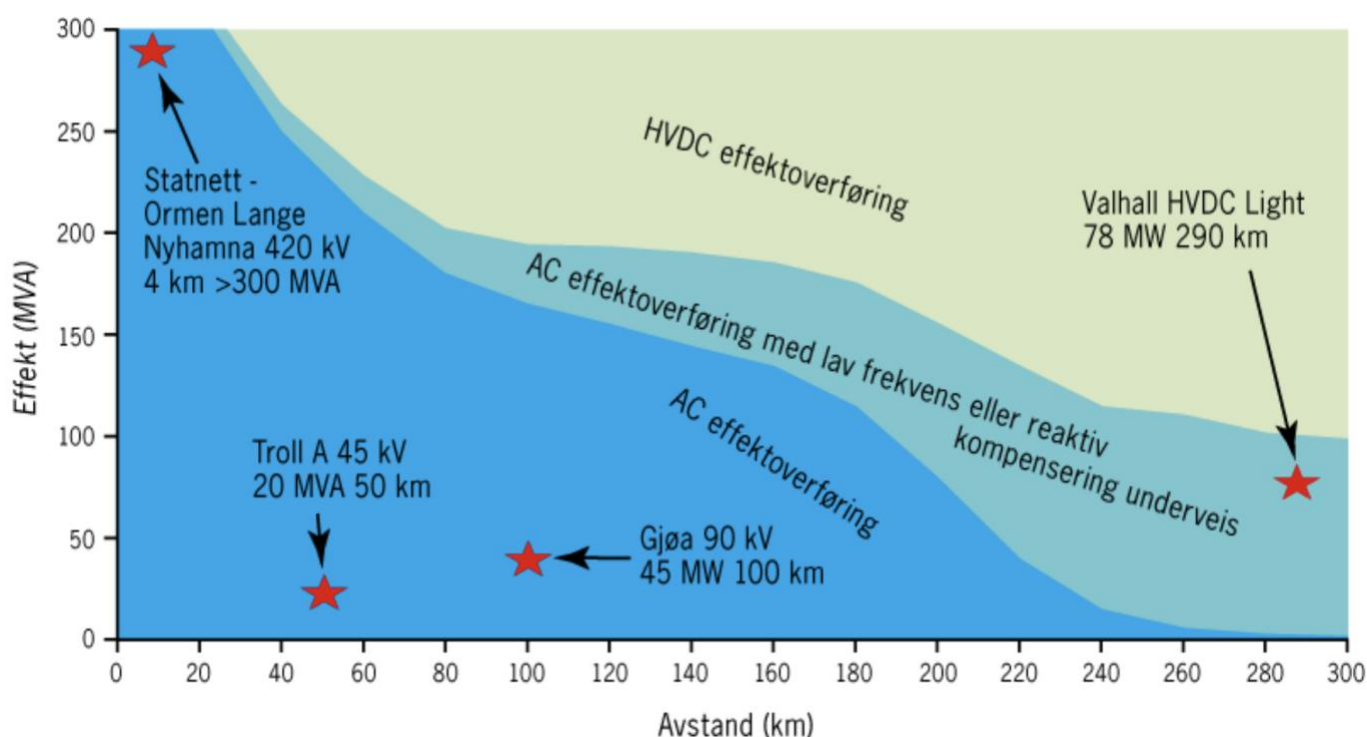
Andre sektorer (13 % av forbruket)

Det desidert største segmentet innen kategorien “andre sektorer” er private og offentlige tjenester. Det finnes imidlertid ikke detaljer over hvordan naturgass brukes innen dette segmentet, men det er sannsynlig at mesteparten brukes til oppvarming av næringsbygg og offentlige bygg, samt til oppvarming av vann og matlaging i restauranter og kantiner.

Vedlegg B - Energitapet gjennom kablene for kraft fra land er i samme størrelsesorden som for andre overføringer og konverteringer

Det finnes hovedsakelig to teknologier for kraftoverføring fra land til innretningene på norsk sokkel: vekselstrøm (AC) eller likestrøm (DC). Vekselstrøm er den vanligste teknologien i kraftsystemet i Norge, og brukes for kraft fra land når avstandene er relativt korte og/eller effektbehovet er lite. Når man har behov for å overføre store mengder kraft (flere tusen MW) over lange avstander (flere hundre km) brukes ofte likestrøm (OED, 2012).

Figuren nedenfor illustrerer forholdet mellom installert effekt og avstand for valg av energiforsyning med kraft fra land.



Figur 19 - Forholdet mellom installert effekt og avstand for valg av energiforsyning (Kilde: Oljedirektoratet, 2010)

Det tapes energi når den overføres gjennom kablene for kraft-fra-land-løsninger. Tapet er avhengig av designet for løsningen (likestrøm, vekselstrøm), størrelse på kablene og avstand fra knutepunktet på land. For vekselstrøm kommer det også energitap i omformere. Pöyry (2016) illustrerer i rapporten om tiltakskost- og klimaanalyse for elektrifisering av Johan Castberg forskjellen i energitap mellom vekselstrøm og likestrøm: en likestrømløsning gir et energitap på 8,5 %, mens en løsning med vekselstrøm hadde ført til et tap på mellom 20 % og 38 % på grunn av lang avstand og effektbehov (254 km og ca. 100 MW).

Et typisk energitap for kraft fra land ligger på ca. 10-12 %, i følge OLF (2007) og ZERO (2007). Dette stemmer med det som indikeres for kraft fra land til Johan Sverdrup: 10-12 % i Statoil (2014) og 10,4 % i OED (2019). Ifølge Total er energitapet i kabelen fra land for Martin Linge på ca. 15 % (NVE, 2012). Basert på erfaring på tidligere prosjekter, har Endrava observert tap på 4-10 % avhengig av teknologi og hvor mye av kabelens kapasitet som utnyttes.

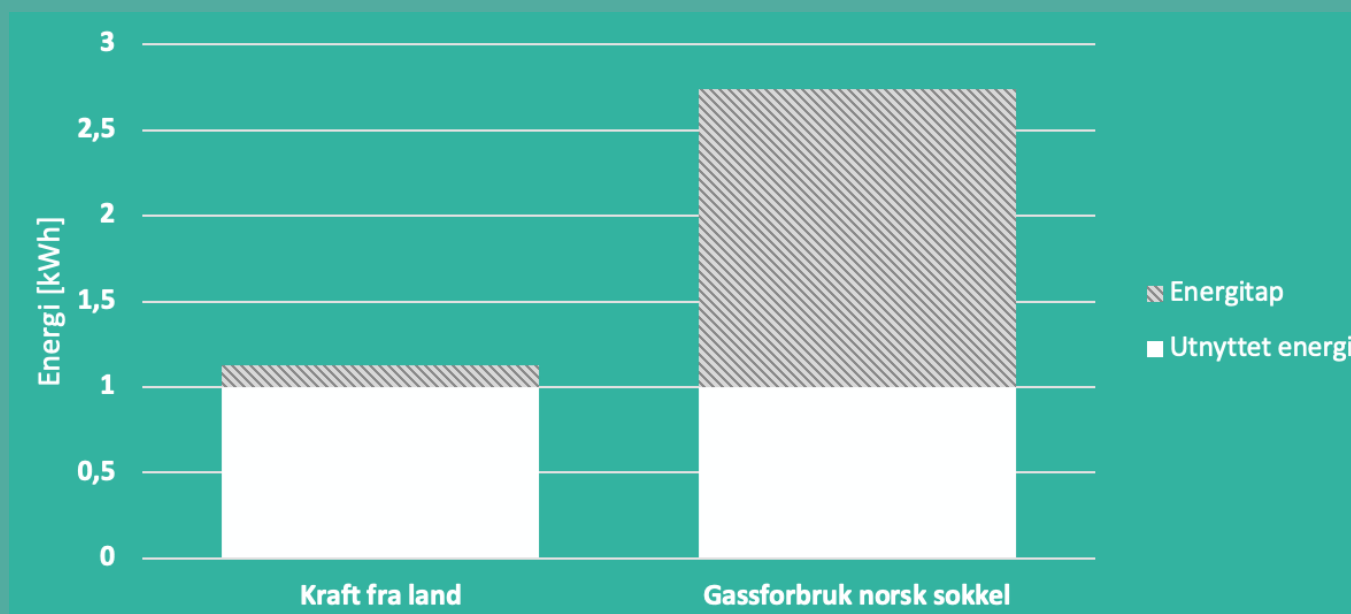
Om energitap

Denne rapporten fokuserer hovedsakelig på virkningsgrad, det vil si hvor stor andel tilført energi (f.eks. energiinnholdet i naturgass) som utnyttes, for eksempel til mekanisk energi, strøm eller varme. Resten av energien som ikke utnyttes er energitap, og en måte å beregne tapet er:

$$\text{energitap} = 100 \% - \text{virkningsgrad}$$

For eksempel, et system med en total virkningsgrad på 66 % (strøm og varme) har et energitap på ca. 34% (beregnet fra 100 % - 66 %). Siden den gjennomsnittlige totale virkningsgraden for gassforbruk på norsk sokkel er estimert til 36,5 % (kapittel 1) er energitapet for gassturbinene i snitt 63,5 %.

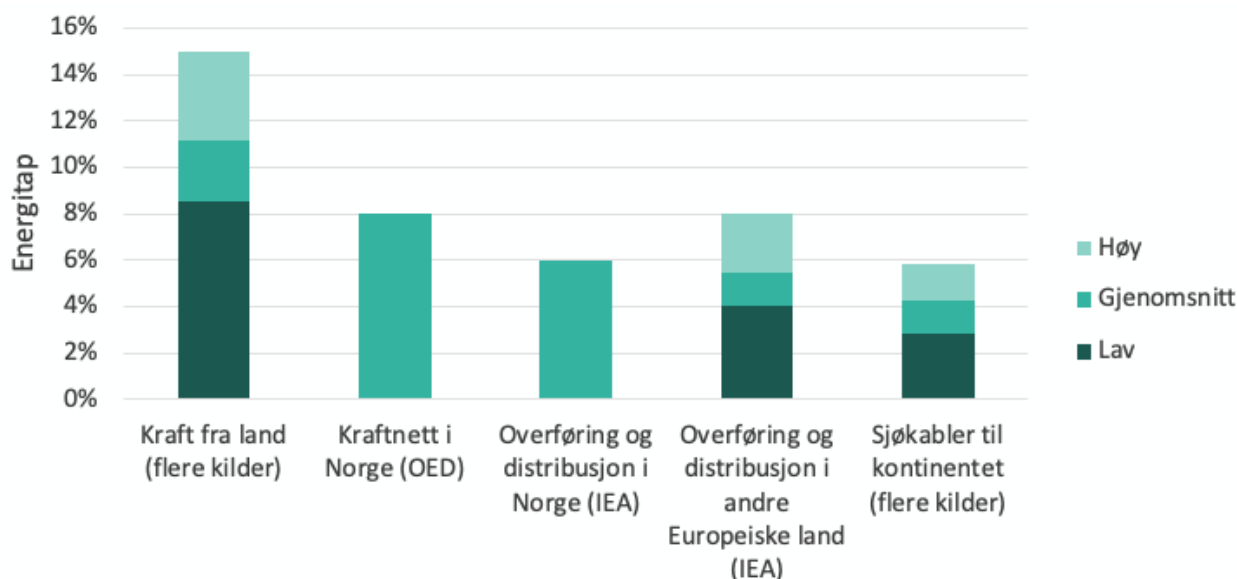
Figuren nedenfor sammenligner energitapet for kraft-fra-land-løsninger med energien som går tapt når naturgass brukes til kraftgenerering på norsk sokkel. Merk at disse prosessene er ulike: den første er en energioverføring, mens den andre er en konversjon mellom to energityper (gass til kraft/varme).



Figur 20 – Sammenligning av energitap for å overføre 1 kWh strøm til plattform på norsk sokkel med energitap fra å produsere samme mengde kraft og varme fra naturgass på norsk sokkel.

Figuren viser at for å overføre 1 kWh strøm fra land til norsk sokkel taper man i snitt 0,13 kWh gjennom kablene og/eller konverteringer. For å produsere 1 kWh kraft og varme lokalt på norsk sokkel taper man i snitt 1,74 kWh energi i gassturbinene.

Sett i kontekst er energitap for kraft-fra-land-løsninger litt høyere enn for andre overføringer og konverteringer av strøm, som illustrert i figuren nedenfor.

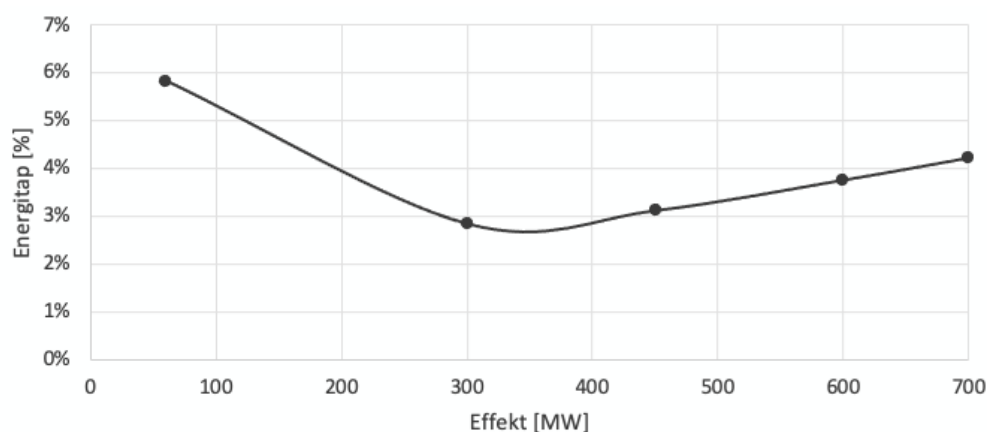


Figur 21 - Energitap i kraft-fra-land-løsninger, sammenlignet med andre overføringer og konverteringer for strøm (kilde: Endrava, basert på flere kilder)

Ifølge OED (2014), tilsvarer den elektriske energien som går tapt i det samlede kraftnettet i Norge ca. 8 % av normal årsproduksjon. Tapet var i 2010 på ca. 5,3 % for distribusjonsnettet, ca. 1,8 % for regionalnettet og ca. 3,7 % for sentralnettet (NVE, i OED 2014). IEA (2018) indikerer et overføring- og distribusjonstap på 6 % for Norge i 2014, noe som er relativt likt andre land (Danmark: 6 %, Sverige: 5 %, Nederland: 5 %, Tyskland: 4 %, Storbritannia: 8 %).

Det tapes også energi ved overføring av strøm i strømkabler til utlandet, i konverterstasjonen og i selve kablene. Statnett (2018) indikerer at tapet gjennom NorNed- og Skagerrak-kablene, henholdsvis til Nederland og til Danmark, i gjennomsnitt tilsvarer omtrent 4 % av den overførte energien. For NorthConnect er energitapet 5 % (Northconnect, 2017).

Energitapet varierer avhengig av hvor stor andel av kablens kapasitet som brukes, som illustrert i figuren nedenfor, for NorNed.



Figur 22 - Forholdet mellom overført strøm og energitap for NorNed (Kilde: Endrava, basert på TU, 2011)

Kilder

- Ademe, 2019. Se chauffer mieux et moins cher. Tilgjengelig (på fransk): <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide-pratique-chauffer-mieux-moins-cher.pdf>
- Atuonwu et al., 2011. Reducing energy consumption in food drying: opportunities in desiccant adsorption and other dehumidification strategies. Tilgjengelig (på engelsk): <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211601X11002653>
- Carvalho et al., 1997. Improvement of energy efficiency in glass-melting furnaces, cement kilns and baking ovens. Tilgjengelig (på engelsk): <https://www.gracacarvalho.eu/xms/files/BIOGRAFIA/PUBLICACOES/Artigos em Revistas Internacionais/Artigo69.pdf>
- Cicero, 2013. REPORT 2013:03 Fører elektrifisering av plattformer på norsk sokkel til reduserte CO₂ - utslepp? Tilgjengelig: https://pub.cicero.oslo.no/cicero-xmlui/bitstream/handle/11250/191958/CICERO_Report_2013-03.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- DEFRA, 2021. Greenhouse gas reporting: conversion factors 2020. Tilgjengelig (på engelsk): <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2020>
- DNV GL, 2015. Teknologiutvikling og klimagassutslipp fra petroleumsvirksomheten fram mot 2030 og et lavutslippssamfunn i 2050: Sluttrapport. Tilgjengelig: <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2015/september-2015/teknologiutvikling-og-klimagassutslipp-fra-petroleumsvirksomheten-fram-mot-2030-og-et-lavutslippssamfunn-i-2050-sluttrapport/>
- EEH, 2020. Rapporterte data om energibruk.
- Einstein et al. 2001. Steam systems in industry: Energy use and energy efficiency improvement potentials. Tilgjengelig (på engelsk): https://www.researchgate.net/publication/255271068_Steam_systems_in_industry_Energy_use_and_energy_efficiency_improvement_potentials
- Ember, 2021. EU power sector in 2020. Tilgjengelig (på engelsk): <https://ember-climate.org/project/eu-power-sector-2020/>
- Enova, 2013. Hensiktsmessige varme- og kjøleløsninger i bygninger. Tilgjengelig: https://www.enova.no/upload_images/380D698AC6CC4A0D98695AC29342ECDC.pdf
- Equinor (Statoil), 2017. Greenhouse gas emissions of the Norwegian natural gas value chain 2016. Tilgjengelig (på engelsk): https://www.equinor.com/content/dam/statoil/documents/climate-and-sustainability/170135%20greenhouse%20gas%20emission_FINAL_10.07.2017.pdf
- EU, 2015. COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) 2015/2402 of 12 October 2015 reviewing harmonised efficiency reference values for separate production of electricity and heat in application of Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council and repealing Commission Implementing Decision 2011/877/EU. Tilgjengelig: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32015R2402>
- Eurostat, 2021a. Complete energy balances (nrg_bal_c)
- Eurostat, 2021b. Gross and net production of electricity and derived heat by type of plant and operator (nrg_ind_peh)
- IEA, 2018. Electric power transmission and distribution losses. Tilgjengelig (på engelsk): https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.LOSS.ZS?locations=NO&name_desc=false
- Jugjai et al., 2001. Thermal efficiency improvement of an LPG gas cooker by a swirling central flame. Tilgjengelig (på engelsk): https://www.researchgate.net/publication/215452826_Thermal_efficiency_improvement_of_an_LPG

[_gas cooker by a swirling central flame#:~:text=The%20combustion%20efficiency%20of%20LP G,the%20flue%20gas%20%5B%5D%20.](#)

- Jøssang (2013). Evaluation of a North Sea oil platform using exergy analysis. Tilgjengelig (på engelsk): https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/235113/646741_FULLTEXT01.pdf?sequence=2
- Kloster, 2000. Reduction of Emissions to Air Through Energy Optimisation on Offshore Installations. Tilgjengelig (på engelsk): https://www.researchgate.net/publication/314772332_Reduction_of_Emissions_to_Air_Through_Energy_Optimisation_on_Offshore_Installations
- Lawrence Berkeley National Laboratory, 2005. Energy efficiency improvement and cost saving opportunities for petroleum refineries. <https://escholarship.org/content/qt96m8d8gm/qt96m8d8gm.pdf?t=lnpp7i>
- Masoumi et al., 2011. Improving of Refinery Furnaces Efficiency Using Mathematical Modeling. Tilgjengelig (på engelsk): <http://www.ijmo.org/papers/14-P30023.pdf>
- Muradov, 2015. Low-carbon production of hydrogen from fossil fuels. Tilgjengelig (på engelsk): <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781782423614000170>
- NEMS, 2019. Specific methane and NMVOC emission from gas turbine exhaust gas.
- Norsk Petroleum, 2021. Energikalkulator. Tilgjengelig: <https://www.norskpetroleum.no/kalkulator/om-kalkulatoren/>
- NorthConnect, 2017. Søknad om konsesjon for å eie og drifte utenlandsforbindelse til Storbritannia. Tilgjengelig: <https://northconnect.no/uploads/downloads/Norway/NorthConnect-s%C3%B8knad-handelskonsesjon.pdf>
- NPD, 2014. Oversiktskjema for NOx-avgiftspliktig utstyr.
- NPD, 2021. Eksport av olje og gass. Tilgjengelig: <https://www.norskpetroleum.no/produksjon-og-eksport/eksport-av-olje-og-gass/#:~:text=Norge%20er%20verdens%20tredje%20st%C3%B8rste,halvparten%20av%20samlet%20norsk%20vareeksport.>
- NVE, 2012. Bakgrunn for vedtak - Total E&P Norge AS —Kabelforbindelse til Martin Linge-feltet i Nordsjøen fra Kollsnes.
- NVGA, 2017. Greenhouse Gas Intensity of Natural Gas. Tilgjengelig (på engelsk): <https://www.ngva.eu/medias/greenhouse-gas-intensity-from-natural-gas-study-published/>
- OED, 2012. NOU 2012: 9 - Energiutredningen – verdiskaping, forsyningssikkerhet og miljø. Tilgjengelig: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2012-9/id674092/?ch=5>
- OED, 2014. Meld. St. 14 (2011–2012) Vi bygger Norge – om utbygging av strømmettet. Tilgjengelig: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld-st-14-20112012/id673807/?ch=2>
- OLF, 2007. Alternativ kraft til Norsk Sokkel. Tilgjengelig: <https://www.norskoljeoggass.no/contentassets/7b83dbc5c17e47d682f1f5eea87e5f69/alternativ-kraft-til-norsk-sokkel.pdf>
- Oljedirektoratet, 2010. Klimakur 2020 - Sektoriell Analyse av Petroleumssektoren. Tilgjengelig: <https://www.npd.no/globalassets/norsk/3-publikasjoner/rapporter/pdf/klimakur-endelig-rapport.pdf>
- Oljedirektoratet, 2021. Eksport av olje og gass. Tilgjengelig: <https://www.norskpetroleum.no/produksjon-og-eksport/eksport-av-olje-og-gass/#:~:text=Norge%20er%20verdens%20tredje%20st%C3%B8rste,halvparten%20av%20samlet%20norsk%20vareeksport.>
- Ping et al., 2011. Application of Energy-saving Technology on Furnaces of Oil Refining Units. doi:10.1016/j.proenv.2012.01.294

- Pöyry, 2016. Tiltakskost- og klimaanalyse for elektrifisering av Johan Castberg. Tilgjengelig: <https://www.equinor.com/content/dam/statoil/documents/impact-assessment/johan-castberg/statoil-elektrifisering-av-johan-castberg-tiltakskost-og-klimaanalyse.pdf>
- SSB, 2016. Emission factors used in the estimations of emissions from combustion. Tilgjengelig (på engelsk): <https://www.ssb.no/attachment/288060/binary/93858?version=539789>
- SSB, 2021. 11562: Energivarebalanse. Tilgang og forbruk av ulike energivarer, etter energiproduktvarebalanse, energivarebalanse, statistikkvariabel og år. Tilgjengelig: <https://www.ssb.no/statbank/table/11562/tableViewLayout1/>
- Statnett, 2019. Rapport fra Systemansvarlig Om kraftsystemet i Norge 2018. Tilgjengelig: <https://www.statnett.no/contentassets/e95b00b70ca646dda684137722467466/rapport-fra-systemansvarlig-2018.pdf>
- Statoil, 2014. Johan Sverdrup - Kraft fra land Søknad. Tilgjengelig: https://www.equinor.com/content/dam/statoil/documents/impact-assessment/johan-sverdrup/konsekvensutredning-kraft-fra-land/Statoil-Johan%20Sverdrup-Kraft%20fra%20land-Soknad%20om%20anleggskonsesjon_Final_ny4.pdf
- TU, 2011. NorNed får kortere levetid. Tilgjengelig: <https://www.tu.no/artikler/norned-far-kortere-levetid/242388>
- US DOE, 2012. Food and Beverage Sector (NAICS 311 and 312) Combustion Emissions Profile. Tilgjengelig (på engelsk): https://www.energy.gov/sites/prod/files/2013/11/f4/energy_use_and_loss_and_emissions_food.pdf
- Yao et al., 2020. Modeling of the Thermal Efficiency of a Whole Cement Clinker Calcination System and Its Application on a 5000 MT/D Production Line. Tilgjengelig (på engelsk): <https://uia.brage.unit.no/uia-xmlui/bitstream/handle/11250/2717096/Yanfei.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- ZERO, 2007. Et krafttak fra land. Tilgjengelig: <http://www.zeroco2.no/zero/publikasjoner/et-krafttak-fra-land>



Om Endrava

Endrava er et konsulentselskap i Oslo. Vi hjelper organisasjoner og virksomheter med bærekraftige løsninger.

Les mer på www.endrava.no

Firmanavn: Endrava AS

Org nr: NO 925 294 160 MVA

Adresse: Øvre Slottsgate 3, 0157 Oslo, Norway