

•REPORT 2013:03

Fører elektrifisering av plattformer på norsk sokkel til reduserte CO₂ - utslepp?



CICERO Report 2013:03

Fører elektrifisering av plattformer på norsk sokkel til reduserte CO₂-utslepp?

Asbjørn Torvanger, Torgeir B. Ericson

Desember 2013

CICERO Senter for klimaforskning
P.B. 1129 Blindern, 0318 Oslo
Telefon: 22 85 87 50
Faks: 22 85 87 51
E-post: admin@cicero.uio.no
Nett: www.cicero.uio.no

CICERO Center for International Climate
and Environmental Research
P.O. Box 1129 Blindern
N-0318 Oslo, Norway
Phone: +47 22 85 87 50
Fax: +47 22 85 87 51
E-mail: admin@cicero.uio.no
Web: www.cicero.uio.no

Forfatter(e): Asbjørn Torvanger, Torgeir B. Ericson

CICERO Report: 2013:03

Finansieringskilde: Norsk olje og gass

Prosjekt: Prosjekt 30602

Prosjektleder: Asbjørn Torvanger

Nøkkelord: Oljeplattform, elektrifisering, karbondioksid, europeisk elektrisitetsmarknad, gasseksport, kvotehandel

Sammendrag: I denne rapporten undersøker vi om drift av ei plattform på norsk sokkel via landstrøm - elektrifisering - fører til lågere utlepp av CO₂ enn tradisjonell drift via gasturbinar på plattformar.

Resultata vil avhenge av om et norsk, nordisk eller europeisk perspektiv blir valt, og av tidshorisonen for analysen. Ein viktig føresetnad er produksjonsmåten til landstrømmen. Ein annan viktig føresetnad er bruken av gassen som blir frigjort frå drift av gasturbinar på plattformar, og som heng saman med ulike verknadsgrader når gass blir brukt til energiproduksjon. I tillegg spelar det ei rolle om ein reknar at denne frigjorte gassen og bruken av den kjem som eit tillegg til eksisterande kraftproduksjon, eller om den erstattar eksisterande produksjon, og i så fall kva type produksjon den erstattar.

I eit perspektiv fram til 2030, med straum basert på den nordiske el-miksen og frigjort gass brukt i eit gasskraftverk (med verknadsgrad på 60 %) som vidare erstattar europeisk el-miks, finn vi at elektrifisering reduserer CO₂-utleppa med nesten 90 % samanlikna med om plattformar hadde brukt eigne gasturbinar. I dei fleste andre tilfelle blir CO₂-utleppa redusert ved elektrifisering, men ikkje heilt fjerna. Reduksjonen i CO₂-utleppa er større i 2030 enn 2012 på grunn av at el-miksen over tid blir mindre CO₂-intensiv.

Blir frigjort gass brukt i eit kraftvarmeverk med høg verknadsgrad eller til oppvarming av bygningar blir det ein netto nedgang i europeiske CO₂-utlepp dersom ein reknar at den produserte krafta erstattar eksisterande produksjon. Skulle denne produserte energien erstatte straum frå eit kolfyrt kraftverk vil det bli ein større netto reduksjon i europeiske CO₂-utlepp enn om den erstattar straum frå til dømes den europeiske el-miksen eller eit typisk gasskraftverk.

Dersom straumen til plattformar kjem frå nesten CO₂-fri norsk el-miks, og frigjort gass brukt i eit gasskraftverk erstattar europeisk el-miks blir det også ein netto reduksjon i europeiske CO₂-utlepp.

Tek vi utgangspunkt i at vi har eit europeisk kvotesystem som minst varer fram til 2030 vil ein eventuell nettoeffekt av elektrifisering på europeiske CO₂-utlepp komme igjennom bruk av frigjort gass i anlegg som ikkje er inkludert i kvotesystemet, og som erstattar anna og mindre effektiv energibruk som ikkje er inkludert i kvotesystemet.

Språk: Norsk

Rapporten kan bestilles fra:
CICERO Senter for klimaforskning
P.B. 1129 Blindern
0318 Oslo

Eller lastes ned fra:
<http://www.cicero.uio.no>

The report may be ordered from:
CICERO (Center for International Climate and
Environmental Research – Oslo)
PO Box 1129 Blindern
0318 Oslo, NORWAY

Or be downloaded from:
<http://www.cicero.uio.no>

Contents

Fører elektrifisering av plattformer på norsk sokkel til reduserte CO ₂ -utslepp?	1
Forord	5
1 Innleiing.....	6
2 Ulike perspektiv i debatten kring elektrifisering.....	9
2.1 GJENNOMSNITTELEG ELLER MARGINALT PERSPEKTIV	9
2.2 TIDSHORISONT.	10
2.3 KVOTEHANDEL.....	10
2.4 KARBONHANDTERING	11
2.5 TIDLEGARE STUDIAR.....	11
2.6 DEBATTAR OG INNLEGG I MEDIA	13
3 Gjennomføring av analysen.....	15
3.1 METODE OG DATA.....	15
3.2 TIDSHORISONT, EL-MIKS OG PARAMETRAR I ANALYSEN	17
3.3 BRUK AV FRIGJORT GASS.....	18
3.4 OVERFØRINGSTAP	19
4 Resultat og diskusjon.....	20
4.1 LEVERANSE AV LANDSTRAUM.....	20
4.2 SAMLA EFFEKT PÅ CO ₂ -UTSLEPPA	23
5 Konklusjonar.....	33
Referansar.....	35

Forord

Denne rapporten er laga av CICERO Senter for klimaforskning på oppdrag frå Norsk Olje og Gass (NOROG) i tidsrommet mai til desember 2013. Bakgrunnen er eit ynskje om ein meir nyansert offentleg debatt om elektrifisering av plattformer, det vil seie kraftforsyning til olje- og gass-plattformer på norsk sokkel via kabel frå land. Vanlegvis er kraftforsyninga til plattformer basert på gassturbinar installert på plattformene. Er elektrifisering av plattformer eit godt tiltak for å redusere utsleppa av karbondioksid (CO₂)? Ulike syn på om elektrifisering av plattformer er ofte basert på ulike geografiske og tidsmessige referanserammer og perspektiv, i tillegg til ulike føresetnader om norsk integrasjon i den nordeuropeiske elektrisitetsmarknaden. Om elektrifisering er eit godt klimatiltak er eit komplekst spørsmål som avheng av fysiske, tekniske og økonomiske forhold. Ein analyse i full breidde ville bli svært krevjande og lite oversiktleg. I denne rapporten har vi valt å analysere ei meir avgrensa problemstilling, nemleg om elektrifisering fører til reduserte CO₂-utslepp. Kostnader til investeringar i elektrifisering og drift av anlegg er altså utanfor rammene for vår analyse, så vi har ikkje kunne estimere kostnaden per tonn redusert CO₂-utslepp. Dermed kan vi heller ikkje samanlikne kostnadseffektiviteten til elektrifisering med andre klimatiltak. Sjølv om vår analyse på sett og vis er stilisert har den sin styrke i at vi ser på mange ulike føresetnader for leveranse av landstraum til ei plattform og bruk av frigjort gass frå plattformen. Såleis har vi med tre ulike geografiske perspektiv og ein relativt lang tidshorisont fram til 2030. Samstundes sikrar vi oss ein konsistent bruk av føresetnader. Vi takkar Hans Asbjørn Aaheim for nyttige kommentarar og Paolo Zupin for hjelp med utforming av figurane i Excel.

1 Innleiing

Even I Norge har elektrifisering av olje- og gassplattformer på norsk sokkel blitt vurdert som eit av mange klimatiltak. Elektrifisering vil seie at kraftforsyninga til plattformer på norsk sokkel kjem via kabel frå land i staden for gassturbinar på plattformene. Det finst 174 turbinar på norsk sokkel, med installert effekt på 3000 MW (millionar Watt) (Statnett, 2011). I dag er felta Troll A, Ormen lange, Gjøa og delvis Snøhvit forsynt med straum frå land. Goliat-feltet, som er under utbygging, vil delvis bli forsynt med kraft frå land ved oppstartinga i 2013. Martin Linge vil bli forsynt med landstraum (Elmagasinet, 2013). På Valhall er gassturbinane skifta ut med straumforsyning frå land. Straumforsyning frå land vil bli vurdert for utviding av Snøhvit, Ormen Lange offshore kompresjon, Utsirahøgda, og nye felt vest for Karmøy (Statnett, 2011). Samla forbruk av kraft frå land til petroleumssektoren var i 2011 på om lag 5 TWh (milliardar kWh), og er forventa å auke til 6,5 TWh i 2020 (Meld. St. 21 (2011-2012), s. 115).

Det er blitt stilt spørsmål ved om dette er eit godt og kostnadseffektivt tiltak i klimapolitikken. Eit interessant spørsmål blir då å finne grunnane til at oppfatningane av elektrifisering som klimatiltak i så stor grad varierer i forskjellige studiar og i innlegg i media. Har ulike syn bakgrunn i ulike vurderingar av scenario framover, ulike data, eller ulike føresetnader når det gjeld tidshorisont, eller om eit norsk, nordisk eller europeisk perspektiv er valt? Vil det vere mogeleg å komme fram til eit meir sams syn på elektrifisering, som byggjer på nokre felles sentrale føresetnader, men også er tydelege på at ein har ulike syn på andre føresetnader, og at dette kan leie til ulike vurderingar?

Rapporten vil gje ei vurdering av dei viktigaste faktorane og samanhengane som bestemmer om elektrifisering av plattformer på norsk sokkel fører til reduserte CO₂-utslepp. Vi vil estimere netto effekt på CO₂-utsleppa ut frå nokre scenario for el-miksen (samansetjinga av kraftproduksjonen, basert på kolkraft, gasskraft, kjernekraft, vindkraft, vasskraft, etc.), kva type kraftproduksjon som blir erstatta av energien produsert frå den frigjorte gassen (det vil seie gassen som ville blitt brukt dersom plattformene skulle drive egne gassturbinar), og

brennstoff i den straumen som blir levert, som til dømes kolkraft og gasskraft. Sjølv om mesteparten av norsk kraftproduksjon er basert på vasskraft er det norske el-systemet knytt saman med det nordiske og nordeuropeiske el-systemet. Denne samanknytninga vil auke i åra framover. Det er ulike oppfatningar av om ein skal sjå på Norge som ein eigen kraftmarknad, om ein skal sjå på det som ein del av ein nordisk marknad, eller som ein del av ein felles europeisk marknad. CO₂ utsleppa som er knytt til bruken av straum i Norge vil dermed også avhenge av det geografiske perspektivet. I det nordiske og europeiske el-systemet vil eksport og import av kraft variere over tid og mellom regionar. I hovudnett på land og ved overføring via sjøkabel til plattform vil det vere eit overføringstap som må dekkast ved auka kraftproduksjon og dermed fører til ein viss auke i CO₂-utsleppa.

Gass som elles ville ha blitt brukt i gassturbinane på plattform blir frigjort og kan eksporterast til for eksempel Storbritannia eller Tyskland, eller bli transportert i rør til Norge og brukt i gasskraftverk. For å transportere gassen gjennom rørleidningane trengst det energi, som igjen medfører ein viss auke i CO₂-utsleppa. Gassen brukt til ny el- og/eller varmeproduksjon vil føre til CO₂-utslepp, men kan erstatte anna eksisterande produksjon som medfører større CO₂-utslepp per kWh produsert. Gassen kan eventuelt bli brukt i eit gasskraftverk på land som kan produsere straum meir effektivt enn eksisterande produksjon, eller direkte og med høg verknadsgrad brukt til oppvarming av bustadar og bygningar. Det er netto CO₂-endring av landstraum til ei plattform samanlikna med bruk av gassturbinar på plattform og produksjonen den frigjorte gassen fortrenger vi er interessert i, og då må vi ta omsyn til alle desse faktorane som fører til større eller mindre utslepp av CO₂. Dei viktigaste føresetnadane i så måte gjeld innslaget av CO₂ i el-miksen, bruken av den frigjorte gassen, samt krafta denne fortrenger.

2 Ulike perspektiv i debatten kring elektrifisering

I dette kapitlet går vi gjennom viktige perspektiv ein må ta stilling til for å kunne vurdere kva slag effekt elektrifisering av plattformer på sokkelen vil ha på CO₂-utsleppa. Vi tek også med ein kort gjennomgang av studiar av elektrifisering og innlegg i debatten om dette temaet.

2.1 Gjennomsnittleg eller marginalt perspektiv

Bør ein velje eit gjennomsnittleg eller marginalt perspektiv når systemet skal levere litt meir straum? El-miksen er samansett av kraft frå kolkraft, gasskraft, vasskraft, vindkraft, etc., der kvar av desse produksjonsmåtene har ein viss prosent av samla kraftproduksjon. Ved eit gjennomsnittleg perspektiv er det vanleg å bruke el-miksen rekna ut for ein viss periode, for eksempel at kolkraft i eit gjennomsnittleg år står for ein viss prosent av europeisk kraftproduksjon. Ved eit marginalt perspektiv tek ein utgangspunkt i at el-systemet skal levere litt meir straum til ei plattform på eit bestemt tidspunkt. Spørsmålet blir då korleis denne straumen blir produsert og kva slag CO₂-utslepp som blir genererte i samband med dette. Avhengig av geografisk perspektiv og tidsrom kan det marginale kraftverket vere eit kolkraftverk, gasskraftverk, eller vasskraftverk. Vindkraft og sol-basert energi kan for så vidt også vere på marginen, men er usikker marginal energiproduksjon på grunn av den naturgjevne variasjonen i produksjonen.²

Marginal i denne samanhengen har både ein romleg og ein tidsmessig dimensjon. Den romlege dimensjonen går på om den nye straumen per i dag til dømes kjem frå eit vasskraftverk på Vestlandet (nær overføringskabelen til plattformen), vindmølle i Sverige, eit kolkraftverk i Danmark, eller eit solkraftverk i Tyskland. Den tidsmessige dimensjonen går på korleis dette biletet vil utvikle seg fram til 2030. Ved eit marginalt perspektiv vil CO₂-innhaldet i ein kWh i stor grad kunne avhenge av om ein vel eit regionalt, norsk eller nordisk perspektiv. I tillegg kan CO₂-innhaldet svinge ein god del over tid (døgn, årstid, år) avhengig av svingingar i etterspørselen og tilbodet frå ulike typar kraftverk.

² Slik marknaden fungerer i Tyskland er vindkraft og solkraft prioritert kraft på dagtid og kan dermed i mange tilfelle reknast som dei marginale kraftverka.

Effekten på CO₂ utsleppa av ulike endringar i el-systemet er blant anna analysert i Dotzauer (2010), Holtinen and Tuhkanen (2004), Lund et al. (2010), og McCarthy og Yang (2010). ENTSOE (2013) gjev ein oversikt over kraftproduksjon, konsum, eksport og import i europeiske land.

2.2 Tidshorisont.

Eit anna spørsmål er tidshorisonten som blir valt. Desto lenger tidshorisont, desto større endringar er mogeleg i el-produksjonssystemet på grunn av nye anlegg, meir effektiv drift av gamle anlegg, og ved å fase ut gamle anlegg. Eit aktuelt eksempel er grøne sertifikat i Sverige og Norge som vil stimulere til utbygging av 26,4 TWh meir vindkraft og småkraft fram til 2020. Grønare kraftproduksjon trekkjer i retning av større reduksjon i CO₂-utsleppa av elektrifisering i Norden og Europa.

Ved eit gjennomsnittleg perspektiv, der ein brukar el-miksen, er det lagt mindre vekt på kortsiktige svingingar i etterspørselen og tilbodet av straum frå ulike typar kraftverk, og ein ser oftast på eit større geografisk område, som Norge, Norden eller Europa. CO₂-innhaldet per kWh avheng i hovudsak av innslaget av kolkraft og gasskraft. CO₂ utsleppa per produsert kWh frå el-miksen vil variere mindre i tid og rom enn når ein ser på den marginale straumproduksjonen.

2.3 Kvotehandel

I kvotesystemet i EU (EU ETS) blir samla CO₂-utslepp bestemt av summen av alle kvotane, som er politisk bestemt. Dette kvotesystemet vil vare fram til 2020, og vil sannsynlegvis bli vidareført i ei liknande form også etter 2020. Spørsmålet blir då om endra CO₂-utslepp for nokre anlegg/kjelder i el-systemet kan ha konsekvensar for europeiske CO₂-utslepp.

Norge er ein del av det europeiske kvotesystemet (EU ETS). Rammene for EU ETS er bestemt fram til 2020, og kvotesystemet vil venteleg bli vidareført i ei liknande form etter 2020. Per i dag er energisektoren og energi-intensiv industri inkludert i dette kvotesystemet, og frå 2013 er det utvida med nokre fleire industrisektorar og anlegg for karbonhandtering. EU ynskjer å inkludere flytrafikk, men har førebels lagt desse planane på is på grunn av sterk motstand frå andre land. Sidan det samla talet på kvotar ligg fast i eit kvotesystem vil reduserte CO₂-utslepp frå ein aktivitet (bedrift) bli motsvart av ein tilsvarande auke i utsleppa frå ein anna aktivitet. Olje- og gassaktiviteten på norsk sokkel er inkludert i EU ETS, med den spesielle tilpassinga at sektoren i tillegg betalar ei CO₂-avgift.³

³ Tanken er at insentiva til å redusere CO₂-utsleppa skal liggje på same nivå som før innføring av kvoteplikta. Det betyr at summen av CO₂-avgifta og kvoteprisen skal liggje på same nivå som CO₂-avgifta tidlegare låg på. Dermed er CO₂-avgifta lågare enn før innføringa av kvoteplikt, men CO₂-avgifta blir auka dersom kvoteprisen går ned.

Sidan petroleumssektoren og all el-produksjon i Europa er inne i EU ETS vil elektrifisering i utgangspunktet ikkje kunne påverke CO₂-utsleppa i Europa. Dette vil gjelde dersom all frigjort gass blir brukt til aktivitetar som er inkludert det europeiske kvotesystemet.

Men den frigjorte gassen kan bli brukt til aktivitetar som ikkje er inkludert i kvotesystemet. To eksempel er oppvarming av hus og bygningar i Storbritannia og industri i Storbritannia eller Tyskland som ikkje er inkludert i EU ETS. Dersom den frigjorte gassen kan erstatte mindre effektiv energibruk i anlegga utanfor kvotesystemet kan nettoeffekten bli reduserte CO₂-utslepp i Europa. Eit eksempel er at norsk gass erstattar kol til oppvarming av bygningar i Storbritannia. Ei anna opning for endring i (globale) CO₂-utslepp er eksport av denne gassen til land utanfor Europa.⁴

2.4 Karbonhandtering

Karbonhandtering (CCS – ‘Carbon Capture and Storage’) er ei samling teknologiar for å fange CO₂ frå eksos ved forbrenning av fossile energivarer, transportere CO₂ i rør eller med skip, og til slutt injisere CO₂ i eigna geologiske formasjonar for permanent lagring. Karbonhandtering er mest aktuelt for kolfyrte og gassfyrte kraftverk, men vil også være nødvendig dersom utsleppa frå ein del industriprosessar med store punktutslepp av CO₂ skal reduserast, og kan bli aktuelt ved forbrenning av biomasse i store anlegg.

Vidare kan CO₂-utsleppa frå bruken av frigjort gass i eit gasskraftverk og CO₂-utsleppa frå kol- og gassbasert kraftproduksjon i el-systemet kunne bli endra dersom CCS-anlegg blir bygd ut. Resultatet vil også avhenge av om det er lønsamt å kombinere gassturbinar på plattformar med karbonhandtering. Vi har valt å sjå bort frå karbonhandtering i denne analysen fordi det er lite sannsynleg at denne teknologien blir viktig fram til 2030.

2.5 Tidlegare studiar

Dei siste ti åra har det blitt laga ein del rapportar om elektrifisering av norsk sokkel.

OLF (2003) går i gjennom ein del tidlegare studiar av elektrifisering på norsk sokkel. Perspektivet på straumforsyninga er i hovudsak norsk, men i nokre tilfelle blir effekten av importert kraft teke med. Studien finn at globale CO₂-utslepp ville blitt 20-33 % lågare ved elektrifisering enn ved å velje eigne gassturbinar som kraftkjelde på plattformene. Bruken av frigjort gass blir ikkje teke omsyn til. Effekten på CO₂-utsleppa er moderat på grunn av CO₂-utslepp knytt til straum-produksjon på land og energitap i overføringsnettet.

OLF (2007) ser på kor stor del av CO₂-utsleppa som kan erstattast av landstraum, og legg vekt på skilnaden mellom heil- og del-elektrifisering. På grunn av kostnaden er elektrifisering mest realistisk for nye plattformer. På dei fleste felt vil frigjort gass kunne seljast med fortjeneste,

⁴ Det er også mogeleg at elektrifisering på marginen fører til redusert etterspørsel etter kvotar i EU ETS og dermed til lågare kvotepris, som saman med andre forhold som pressar ned kvoteprisen kunne få EU til å strame inn på samla mengde kvotar i framtida, slik at europeiske CO₂-utslepp går ned.

men på nokre felt vil gassen bli re-injisert for å auke oljeproduksjonen. Det finst også felt der gassen ikkje kan seljast og difor må brennast eller re-injiseras. Rapporten konkluderer med at «Dersom overgang til alternativ kraft på norske sokkelinnretninger skal ha en positiv global miljøeffekt, må kraftoppdekninga skje med tilnærmet CO₂-fri kraft».

Econ Pöyry (2007) diskuterer kostnaden til elektrifisering. Ut frå kostnadsforhold er elektrifisering av nye plattformer mest interessant. Perspektivet er norske CO₂-utslepp og straumforsyninga til plattformene er CO₂-fri. Framover har offshore gasskraft med karbonhandtering og havmøller eit interessant potensiale for straumforsyning til plattformer.

SFT (2007) er ei oppdatering og utviding av SFT sin tiltaksanalyse frå 2005. Elektrifisering er eit av mange tiltak som blir analysert. Potensialet til elektrifiseringa svarer til ein årleg reduksjon på 2,6 mill. tonn CO₂ per 2020. Ny kraftproduksjon er nødvendig for å dekke opp auken i etterspørselen. Denne landstraumen reknar SFT kjem frå gasskraftverk med karbonhandtering eller vindkraft, og er såleis CO₂-fri.

Bellona (2007) er ei brei drøfting av potensialet for kraftforsyning til plattformer basert på gasskraftverk med CCS, og eventuelt supplert med vedvarande energi. Eventuelle CO₂-utslepp frå frigjort gass er ikkje teke med. Bellona (2008) er ein kommentar til Oljedirektoratet (2008). Oljedirektoratet fann at elektrifisering er eit for dyrt klimatiltak, men det er Bellona ikkje er samd i. Oljedirektoratet har rekna på scenario der elektrifiseringa er basert på dedikerte gasskraftverk med CCS, medan Bellona hevdar at dedikert vasskraft og vindkraft er betre og billigare alternativ for kraftforsyning.

Zero (2007) presenterer ein brei gjennomgang av potensialet for elektrifisering på sokkelen. Perspektivet er norske CO₂-utslepp. Kraft til elektrifisering skal komme frå gasskraftverk på land med CCS, som blant anna er forsynt med frigjort gass frå plattformene. Zero (2011) studerer potensialet for elektrifisering av ulike regionar i Nordsjøen. Som førre rapport er norske CO₂-utslepp i fokus, men no er perspektivet at kraft til elektrifiseringa skal komme frå ny vindkraft og vasskraft som blir bygd ut på grunn av grønne sertifikat. CO₂-effekten av gass som er frigjort frå gassturbinane er ikkje teke med.

Oljedirektoratet (2008) drøftar kostnadsforhold ved del- og heil-elektrifisering, og med relasjon til klimapolitikk og kvotehandel. Scenario som er inkludert er dedikert gasskraft med karbonhandtering, kraft frå marknaden, og kraft frå marknaden med kvotehandel. Bruken av frigjort gass er ikkje inkludert i analysen. Oljedirektoratet (2012) er meir avgrensa og fokuserer på tiltakskostnaden ved elektrifisering. Produksjonen av landstraum er rekna å vere CO₂-fri.

Pöyry (2011) drøfter om elektrifisering av Dagny og Draupne/Luno felta på Utsirahøgda fører til reduserte CO₂-utslepp. Analysen byggjer på Pöyry sin 'Better Investment Decision' modell, som er ein simuleringsmodell for alle straum-marknadane i Vest-Europa (inklusive Polen og baltiske land), og som finn den lågaste straumprisen som kan balansere etterspørsel og tilbod. Analyseperioden er 2015 til 2035. Utslepp knytt til både bygging, drift og fjerning av plattformer og infrastruktur er med, men det viser seg at utsleppa i eit slikt livssyklus-perspektiv er dominert av utsleppa frå driftsfasen. Dei alternative måtane å forsyne plattformene på er straum frå kraftnettet på land, straum frå eit nytt og dedikert gasskraftverk på land, gassturbinar på plattformene som er optimert for lågt gassforbruk og låge CO₂-utslepp, straumforsyning frå kraftnettet på land saman med 50% frå havmøller, og eit dedikert vindkraft-anlegg på land nær Kårstø (som også er knytt til kraftnettet). Utanom ei kort drøfting ser rapporten bort frå CO₂-effekten av at den gassen som ikkje lenger trengst til drift

av gassturbinar kan eksporterast og brukast til energiproduksjon i andre land. Hovudresultata er at det blir ein større reduksjon i norske CO₂-utslepp så lenge straumen kjem frå kraftnettet på land eller frå vindmøller, medan reduksjonen i europeiske CO₂-utslepp er moderat. Legg ein til grunn at det finst eit europeisk kvotesystem vil elektrifisering likevel ikkje påverke europeiske CO₂-utslepp.

Osmundsen (2012) drøfter tidlegare analyser av elektrifisering i eit samfunnsøkonomisk perspektiv. Han kritiserer inkonsistensar og eit manglande globalt perspektiv i mange studiar. I nokre studiar blir krafta til plattforma rekna som CO₂-fri, medan Osmundsen meiner at elektrifisering som klimatiltak bør vurderast med europeisk varmekraft på marginen. Han meiner at det er ein inkonsistens å rekne med ein låg kvotepris innbakt i prisen på kraft frå land samstundes som reduserte CO₂-utslepp frå gassturbinar har høg verdi. Etersom ein i el-systemet fysisk sett ikkje kan dedikere ein bestemt kraftproduksjon til elektrifisering, kan ein ikkje argumentere med at kraft frå land er heilt CO₂-fri. Elektrifisering er dyrt og CO₂-utleppa blir i hovudsak flytta rundt og ikkje redusert på grunn av kvotesystemet. I tillegg kan det bli ein lekkasjeeffekt når den frigjorte gassen blir eksportert og brukt.

Eide m. fl. (2013) drøftar om elektrifisering av Utsirahøgda er lønsamt. Tiltakskostnaden er relativt låg for Utsirahøgda fordi fleire nye felt kan dele på investeringane i infrastrukturen som er nødvendig for elektrifisering. Forfattarane peikar på at mange forhold er usikre i tidsrommet fram til 2050, blant anna kraftpris, gasspris og prisen på klimakvotar. Venting kan redusere noko av denne uvissa, men på den andre sida vil elektrifisering blir dyrare dersom ein seinare må elektrifisere felt som allereie er bygd ut. Konklusjonen er at elektrifisering av Utsirahøgda kan vere eit samfunnsøkonomisk lønsamt klimatiltak dersom ein legg til grunn eit langsiktig perspektiv i tråd med å nå klimamålet på maksimalt 2 grader oppvarming. Forfattarane understrekar at tiltakskostnaden for andre felt kan liggje langt over tilfellet for Utsirahøgda. Difor kan ein ikkje bruke denne analysen til å trekkje generelle konklusjonar om samfunnsøkonomisk lønsemd til elektrifisering.

2.6 Debattar og innlegg i media

Det har også vore ein offentleg debatt om elektrifisering av plattformer på norsk sokkel. Eit av dei nyare debattinnlegga er Ramm (2011), som drøfter om elektrifisering er klimavennleg når ein tek omsyn til produksjonen av landstraumen, bruken av frigjort gass og kvotesystemet. Han finn at det berre i få tilfelle blir nedgang i CO₂-utsleppa: dersom det er dedikert gasskraftverk på land kombinert med vindkraft (og seinare med karbonhandtering på gasskraftverket).

Bye (2013) argumenterer med at elektrifisering er dyrt og har ein tvilsam klimaeffekt fordi landstraum er basert på europeisk eller nordisk el-miks, bruken av frigjort gass fører til utslepp, og på grunn av samspelet med kvotemarknaden.

Horn (2013) meiner at elektrifisering er eit godt klimatiltak ettersom vi får overskot på vedvarande straum framover, og vidareutvikling av denne teknologien kan bli viktig for norsk industri.

Kaski (2013) argumenterer også for at kraftoverskot i Norge gjer elektrifisering til eit godt tiltak når vi skal redusere norske CO₂-utslepp.

Måge (2013) er skeptisk til elektrifisering sidan bruk av frigjort gass i Europa fører til CO₂-utslepp. Dessutan kan elektrifisering forlenge oljealderen på ein måte som ikkje er samfunnsøkonomisk effektiv.

Tennbakk (2013) synest at elektrifisering er eit godt klimatiltak så lenge det er samfunnsøkonomisk fornuftig. Mange forhold er usikre men dersom 2-grader målet skal nåast må karbonprisen stige kraftig framover, noko som gjer elektrifisering meir lønsamt. Elektrifisering kan bli dyrare dersom vi ventar med å realisere slike prosjekt.

Vollsæter (2013) er skeptisk til elektrifisering på grunn av energitapet ved transport av straumen og sidan frigjort gass kan bli brukt til gasskraftverk på kontinentet som har moderat verknadsgrad. Elektrifisering er dyrt, og kostnaden ved nødvendige investeringar i overføringskablur vil for ein stor del måtte dekkast av andre brukarar. Dessutan er det eit potensiale for meir effektiv gassbruk (straum og varme) på nye, integrerte plattformer.

Summert opp har tidlegare rapportar, studiar og debattinnlegg lagt større vekt på kostnadsforhold ved elektrifisering enn effekten på CO₂-utsleppa. I dei fleste tilfelle er det valt eit perspektiv med CO₂-fri landstraum fordi den er basert på forventa overskot av vedvarande energi eller dedikert gasskraft med karbonhandtering. Nokre studiar noterer at frigjort gass kan bli eksportert og utsleppa flytta til eit anna land, men det finst knapt kvantitative analyser av CO₂-effekten dersom gassen skulle erstatte anna energibruk i for eksempel Storbritannia eller Tyskland. Kvotehandling blir i nokre få studiar trekt fram som ein faktor som gjer elektrifisering mindre attraktivt fordi CO₂-utsleppa blir flytta, men ikkje nødvendigvis redusert.

3 Gjennomføring av analysen

Vår analyse byggjer på dei fysiske straumane av elektrisitet, naturgass og CO₂ ved å velje straum frå land eller naturgass i gassturbinar som kraftkjelde for ei plattform på norsk sokkel.

3.1 Metode og data

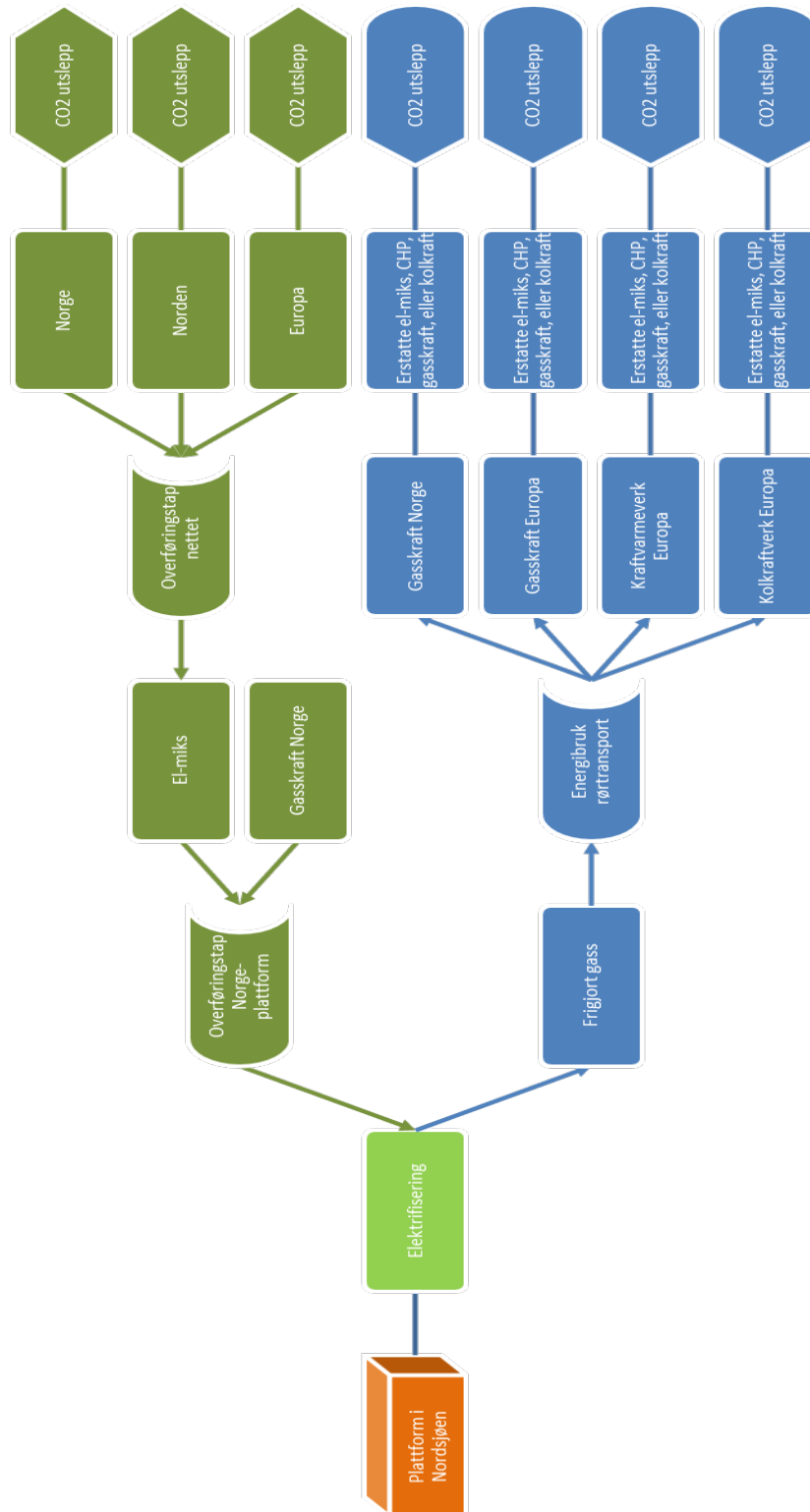
Talgrunnlaget til analysen er henta frå plattformer i drift og bruken av naturgass til drift av gassturbinane på desse plattformene. Vi samanliknar to ulike typar drift på ei modell-plattform, der det eine er med eigne gassturbinar som kraftkjelde og den andre er eit tilfelle der plattformen blir forsynt med kraft via kabel frå land. Ut frå ein slik stilisert analyse og eit sett med scenario for relevant el-miks, kva type energiproduksjon som blir erstatta av energiproduksjonen basert på frigjort gass, og tidshorizonten gjennomfører vi ei prinsipiell drøfting av effekten på CO₂-utsleppa, samt at vi estimerer netto effekt på CO₂-utsleppa. Analysen er basert på ein enkel modell i Excel.

Med utgangspunkt i dagleg bruk av gass til gassturbinar på plattformen for å kunne drifte plattformen finn vi gassbruk per år, teoretisk energiinnhald i gassen, og CO₂-utslepp ved forbrenning. Ut frå den årlege energibruken på plattformen reknar vi ut nødvendig overføring av kraft frå land inklusive overføringstapet i kabelen.

Relaterte CO₂-utslepp ved straumforsyning til plattformen vil avhenge av om perspektivet og el-miksen er norsk, nordisk eller europeisk. Energibruken ved rør-transport av frigjort gass er også teke omsyn til. Når det gjeld bruken av den frigjorte gassen ser vi på gasskraftverk som berre produserer straum og eit gassfyrte kraftvarmeverk ('Combined Heat and Power' - CHP).⁵ I begge tilfelle reknar vi på konsekvensane dersom krafta som vert produsert erstattar høvesvis ein nordisk el-miks, ein europeisk el-miks, eit gassfyrte kraftvarmeverk, eller eit kolkraftverk.

⁵ Gass kan alternativt bli brukt direkte til oppvarming av bygningar. Dersom vi forenkler litt og reknar at CO₂-effekten av å bruke gass til oppvarming av bygningar er den same som for gassen brukt i eit kraftvarmeverk betyr dette at kraftvarmeverket og oppvarming av bygningar med gass klarer å utnytte 90 % av det teoretiske energiinnhaldet i gassen (Dong Energy, 2013). Dermed tenar CHP-eksempelet også som ein illustrasjon for bruk av gass i hushald.

Figur 2 viser ei skjematisk framstilling av analysen, med scenario for produksjon av nødvendig landstraum, og scenario for bruk av den frigjorte gassen. Gassen kan bli eksportert til Europa (for eksempel Storbritannia eller Tyskland) eller transportert i rør til fastlandet i Norge og bli brukt i eit gasskraftverk.



Figur 2. Skjematisk framstilling av analysen.

Konsekvensane av elektrifisering i større skala kan ein finne ved å skalere opp våre tal, der ein eventuelt legg til grunn ulike scenario for el-miks og eksport av frigjort gass, som kan variere for ulike delar av norsk sokkel.

3.2 Tidshorisont, el-miks og parametrar i analysen

Vi legg til grunn ein tidshorisont frå 2012 til 2030. Vidare reknar vi med at det ikkje finst flaskehalsar i det sentrale overføringsnettlet regionalt eller nasjonalt, eller i det lokale fordelingsnettlet. Vidare reknar vi med at det er ingen kapasitetsmangel i gassrøra for overføring av frigjort naturgass til norsk fastland, Storbritannia, eller Tyskland.

På grunn av vårt fokus på den totale effekten av elektrifisering på CO₂-utsleppa, det globale problemet klimaendring, og den relativt lange tidshorisonten fram til 2030 har vi valt å basere vår analyse på eit gjennomsnittleg perspektiv framfor den marginale perspektivet. Hadde vi valt eit marginalt perspektiv ville netto effekt av elektrifisering på CO₂-utsleppa i større grad avhenge av det geografiske perspektivet i analysen. I tillegg ville effekten på CO₂-utsleppa kunne variere over tid, avhengig av om det er kolkraft, gasskraft, vasskraft, eller kjernekraft som er det siste kraftverket som blir kopla inn for å dekkje ein liten auke i etterspørselen etter kraft på grunn av elektrifisering.

Vi baserer utrekningane våre på Asplan Viak AS et al. (2011) og (2012) sin CO₂-kalkulator, sjå Tabell 1. I nokre tilfelle brukar vi den nordiske el-miksen, som har mindre innslag av CO₂ enn den europeiske, og i andre tilfelle den norske - som nesten er CO₂-fri. CO₂-innhaldet per kWh produsert i Europa blir halvert fram til 2030 med bakgrunn i utbygging av vind- og solenergi, og blir også kraftig redusert i Norden.

	2012	2030
Plattform	729	729
Norge	27	27
Norden	166	100
Europa	514	283

Tabell 1. CO₂-innhald i den norske, nordiske, og europeiske el-miksen. g CO₂ per kWh.

Kjelde: Asplan Viak AS et al. (2011) og (2012).

Når det gjeld bruk av gassturbinar som kraftkjelde reknar vi med 2,178 kg CO₂ per standard kubikkmeter (Sm³) gass. Med 11,1 kWh teoretisk energiinnhald per Sm³ gass, og ein verknadsgrad på 0,30 (kan liggje mellom 0,30 og 0,37; Oljedirektoratet, 2008), blir det 0,729 kg CO₂ per kWh frå ei plattform. Nokre andre viktige parametrar som er brukt i analysen går fram av Tabell 2.

Parameter	Verdiar
Konverteringsfaktor 1 Sm ³ ; kWh	11,1
Verknadsgrad kraftvarmeverk (CHP), og gass til hushald eller industri	0,90
Verknadsgrad gasskraftverk	0,60
Verknadsgrad gassturbin på plattform	0,30
Gjennomsnitt. CO ₂ -utslepp: kg CO ₂ /Sm ³ gass	2,428
Korreksjon for straum til rørtransport av frigjort gass; %	5
Korreksjon for overføringstap i kabel til plattform; %	5
Korreksjon for overføringstap i el. system Norge; %	5
Korreksjon for overføringstap i el. system Norden; %	5
Korreksjon for overføringstap i el. system Europa; %	5
Utsleppsfaktor frå CHP, antar naturgass; g CO ₂ /kWh	243
Utsleppsfaktor frå gasskraftverk, naturgass; g CO ₂ /kWh	365
Utsleppsfaktor frå kolkraftverk; brunkol; g CO ₂ /kWh	990

Tabell 2. Parameter-verdiar som er brukt i analysen

3.3 Bruk av frigjort gass

For å samanlikne effekten av frigjort gass på netto CO₂-utslepp tek vi utgangspunkt i levert energimengde (nyttiggjort energi), som avheng av teoretisk energiinnhald i gassen og verknadsgraden ved bruken av gassen. Når naturgassen ikkje blir brukt til drift av gassturbinar kan den bli brukt på fastlandet i Norge, eller bli eksportert til Storbritannia eller Tyskland. Spørsmålet blir om gassen vil erstatte anna energibruk eller komme i tillegg. Ettersom volumet til den frigjorte gassen er svært lite samanlikna med gassbruken i til dømes Tyskland og Storbritannia, reknar vi med at den ekstra gass-eksporten ikkje vil påverke gassprisen eller etterspørselen etter gass. I ein slik situasjon vil litt meir norsk gass erstatte ei anna energikjelde, enten gassen blir brukt i eit gasskraftverk, kraftvarmeverk, i industrien eller til oppvarminga av bygningar (med ein verknadsgrad på 90 %).

Eit kraftvarmeverk produserer straum samstundes som mesteparten av varmen som blir produsert saman med straumen blir nyttiggjort til industriprosessar eller til oppvarming av bygningar gjennom eit fjernvarmeanlegg. Difor er verknadsgraden for eit kraftvarmeverk ein god del høgare enn for eit vanleg gasskraftverk, der berre straumen blir nyttiggjort.

Ettersom gassbruken i eit kraftvarmeverk eller landbasert gasskraftverk kan fortrenge eksisterande produksjon kan vi i eit el-system perspektiv rekne at CO₂-utsleppa går ned dersom verknadsgraden for den kraftproduksjonen som blir fortrennd er lågare. Tabell 2 viser forholdet mellom teoretisk energiinnhald i gassen, nyttiggjort energi og utsleppsfaktorar ved ulike anlegg for å brenne gassen.

3.4 Overføringstap

Som illustrert i Figur 1 og 2 er det energitap ved overføring av straum i kabel, og det er nødvendig med energi til transport av gass i rør. Tabell 2 viser at vi reknar med 5 % tap i overføringsnettene enten perspektivet er europeisk, nordisk, eller norsk (OED, 2012; NVE, 2012). Vi reknar også med eit energitap på 5 % ved overføring av straum i sjøkabel frå fastlandet til ei plattform (ABB, 2013). Ved rør-transport av gass reknar vi med at det trengst ei energimengde som svarar til 5 % av det teoretiske energiinnhaldet i gassen. For overføring av straum frå Europa til Norge reknar vi som ei tilnærming at samla overføringstap er på 15 %, som er summen av tapa ved overføring frå Europa til Norden, frå Norden til Norge, og gjennom Norge. Til saman reknar vi grovt med at overføring frå Europa til ei plattform kan ha eit samla overføringstap på 20 %.

Det er noko uvisse knytt til storleiken til desse overføringstapa og energibruken ved transport av gass i rør. Ein kunne tenkje seg at straum vil kunne gå direkte frå Europa til Norge slik at eit av ledda nemnt ovanfor er overflødig. Vi har difor utført ei sensitivitetsanalyse ved å leggje inn høgare (10 %) og lågare (2 %) overføringstap og energibruk ved gasstransport. Analysen viser at utslaga av mindre eller høgare overføringstap/energibruk på CO₂-utsleppa er små. Mønsteret for dei ulike tilfella vi har analysert er som før, men dersom europeisk eller nordisk straum blir overført til plattformen vil større overføringstap føre til at CO₂-utsleppa blir litt høgare. Det er nesten ingen endring i CO₂-utsleppa så lenge norsk el-miks blir brukt fordi denne nesten er CO₂-fri.

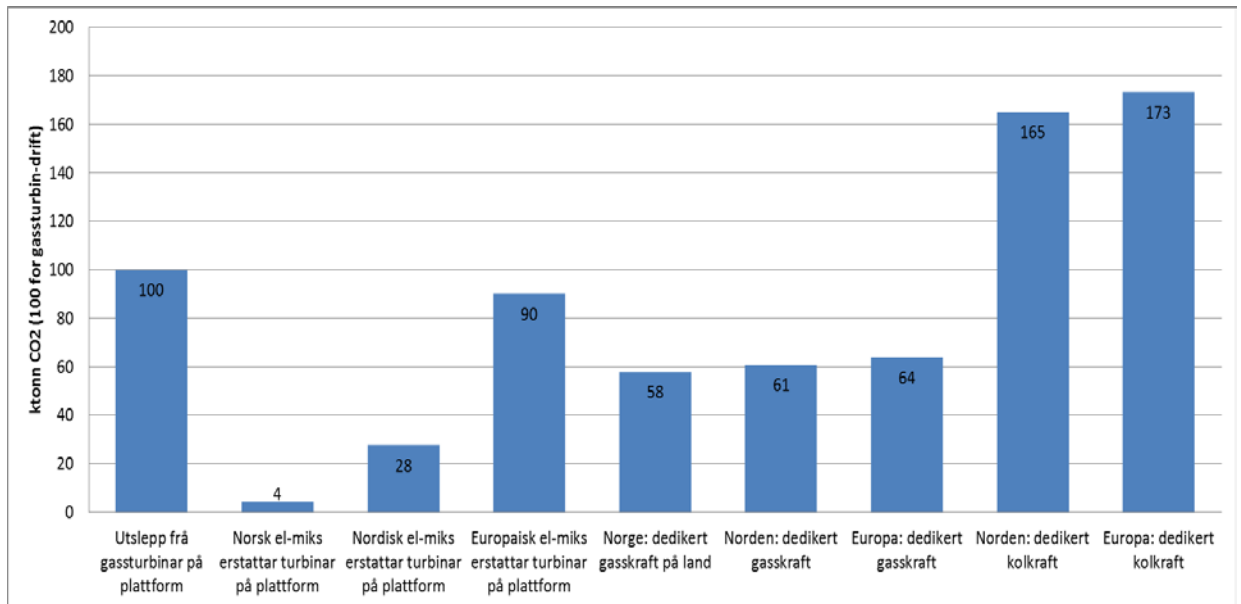
4 Resultat og diskusjon

Resultata blir rapportert i figurar der vi har normalisert det opphavlege årlege CO₂-utsleppet dersom plattformen brukar egne gassturbinar til 100. Figurane viser effekten på CO₂-utsleppa for ulike scenarier ut frå el-miksen i Norden og Europa i 2012 og 2030, samt summen for heile perioden 2012-2030. Når årlege CO₂-utslepp frå plattformen er på 100 blir samla utslepp for perioden 2012-2030 på 1900 einingar.

For å illustrere den relative effekten av ulike føresetnader i tidlegare studiar når det gjeld leveranse av landstraumen startar vi med eit marginalt perspektiv gjennom dedikert gasskraft eller kolkraft på nordisk eller europeisk nivå. Vi har også med ein norsk, nordisk og europeisk el-miks. I denne omgang ser vi altså bort frå at frigjort gass kan bli brukt til forskjellige typar energiproduksjon.

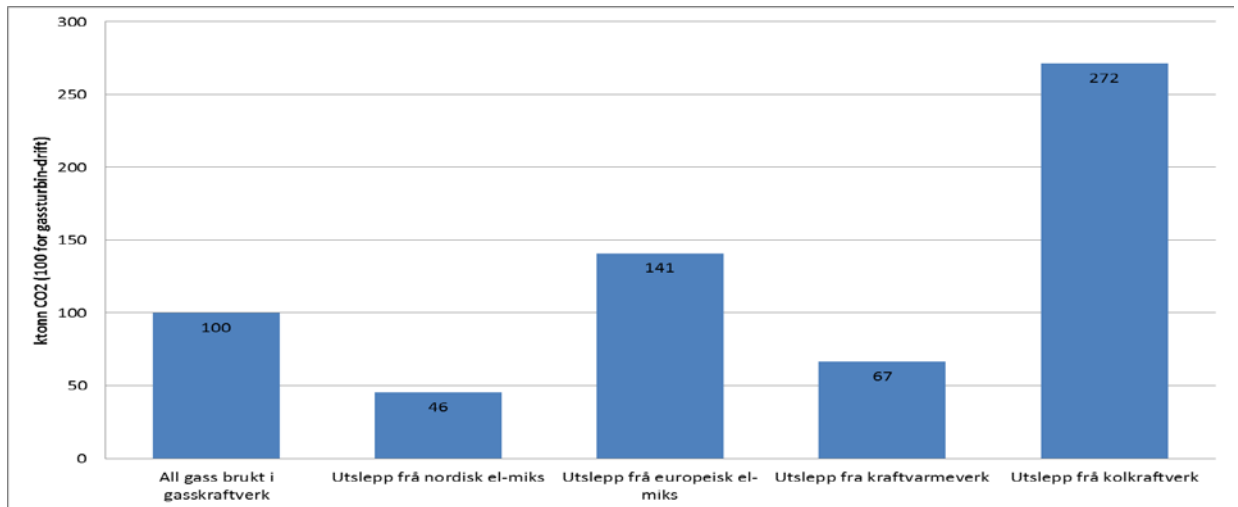
4.1 Leveranse av landstrøm

Figur 3 viser resultata for 2012. Dersom ein reknar med at elektrisiteten som plattformen brukar er basert på norsk el-miks blir CO₂-utsleppa nær null. Dersom strømmen blir levert frå eit kolkraftverk i Europa (med 30 % verknadsgrad) blir CO₂-utsleppet 1,7 gonger større enn utsleppet om plattformen brukar egne gassturbinar. Dersom strømmen blir produsert ved hjelp av gasskraft i Norge, Norden eller Europa (med 60 % verknadsgrad) blir utsleppa omtrent 40 % lågare enn om plattformen brukar egne gassturbinar. Dersom ein reknar at krafta som blir levert til plattformen er ein europeisk el-miks vil CO₂-utsleppa bli 10 % lågare enn om plattformen brukar egne gassturbinar.



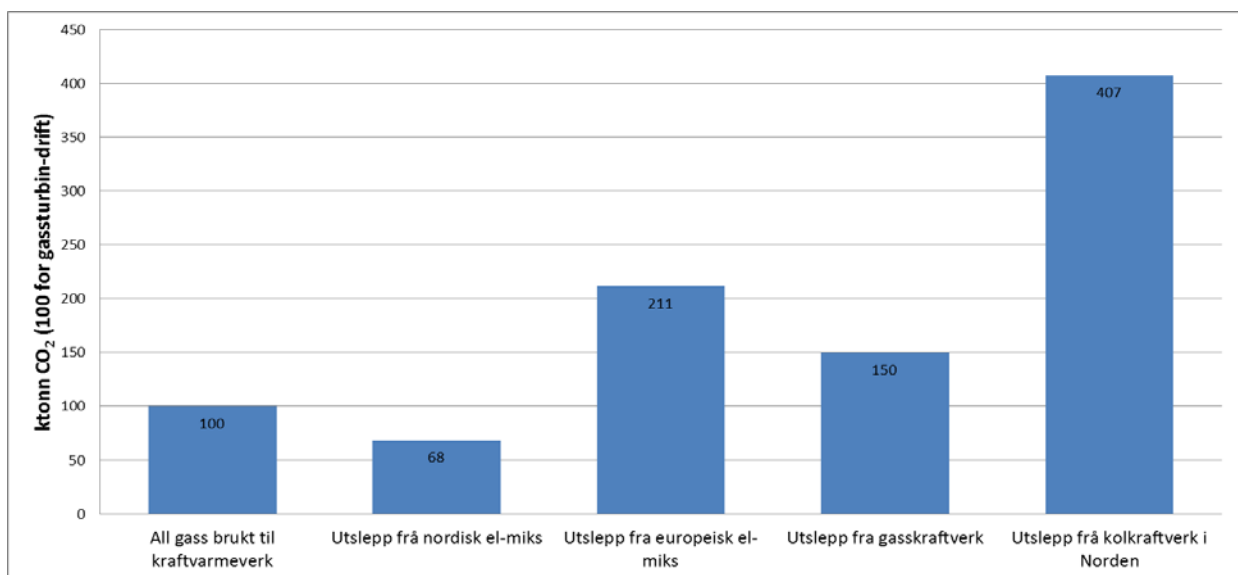
Figur 3. El-miks eller kraftverk i staden for gassturbin på plattform. Frigjort gass blir ikkje brukt. ktonn CO₂, normalisert til 100 per år for utslepp frå turbinar på plattform; 2012

I Figur 4 samanliknar vi CO₂-utsleppet frå forskjellige alternative måtar å bruke den frigjorte gassen på. CO₂-utsleppet ved bruk av den frigjorte gassen i eit landbasert gasskraftverk (med verknadsgrad på 60 %) er normalisert til 100. Alle dei andre utsleppstala blir relative til gasskraftverket. Vi samanliknar CO₂-utsleppa frå gasskraftverket med utsleppa frå sama straum-mengde levert via nordisk el-miks, europeisk el-miks, eit gassfyrte kraftvarmeverk (med 90 % verknadsgrad), eller eit kolkraftverk (med 30 % verknadsgrad). Vi ser av Figur 4 at CO₂-utsleppa frå nordisk el-miks eller eit kraftvarmeverk ligg på 50-70 % av utsleppet frå gasskraftverket. Skal ein produsere same straum-mengde med kolkraft vil utsleppa bli mykje høgare. Med europeisk el-miks er utsleppa 40 % høgare enn for gasskraftverket.



Figur 4. Utslepp av CO₂ frå ulike kjelder som produserer tilsvarende energimengde som frå frigjort gass brukt i landbasert gasskraftverk med verknadsgrad på 60%. ktonn CO₂, normalisert til 100 per år for landbasert gasskraftverk; 2012

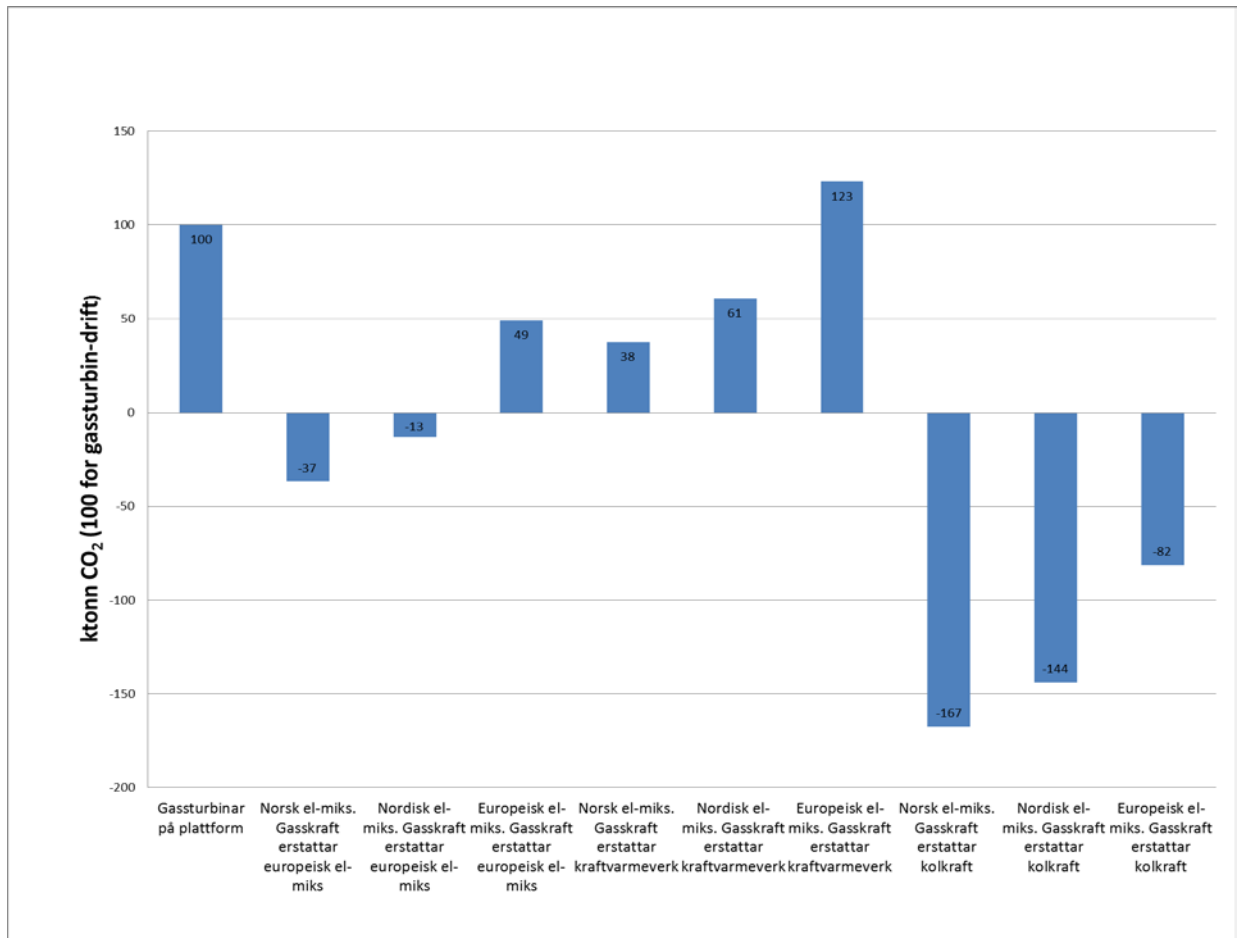
I Figur 5 har vi gjort same utrekningar som i Figur 4, men no er referansen eit kraftvarmeverk (kraft pluss varme produsert med ein samla verknadsgrad på 90 %). CO₂-utsleppa frå kraftvarmeverket er normalisert til 100. På grunn av den høge verknadsgraden til kraftvarmeverket kjem dei alternative måtane å produsere same energimengde i form av straum ut med høgare utslepp enn det som var tilfelle i Figur 4. Samanlikna med kraftvarmeverket blir CO₂-utsleppet 1,5 gonger større frå eit gasskraftverk, og heile 4 gonger større i eit kolkraftverk. Med europeisk el-miks er CO₂-utsleppet om lag dobbelt så stort som for kraftvarmeverket.



Figur 5. Utslepp av CO₂ frå ulike kjelder som produserer tilsvarende energimengde som frå frigjort gass brukt i kraftvarmeverk. ktonn CO₂, normalisert til 100 per år for kraftvarmeverket; 2012

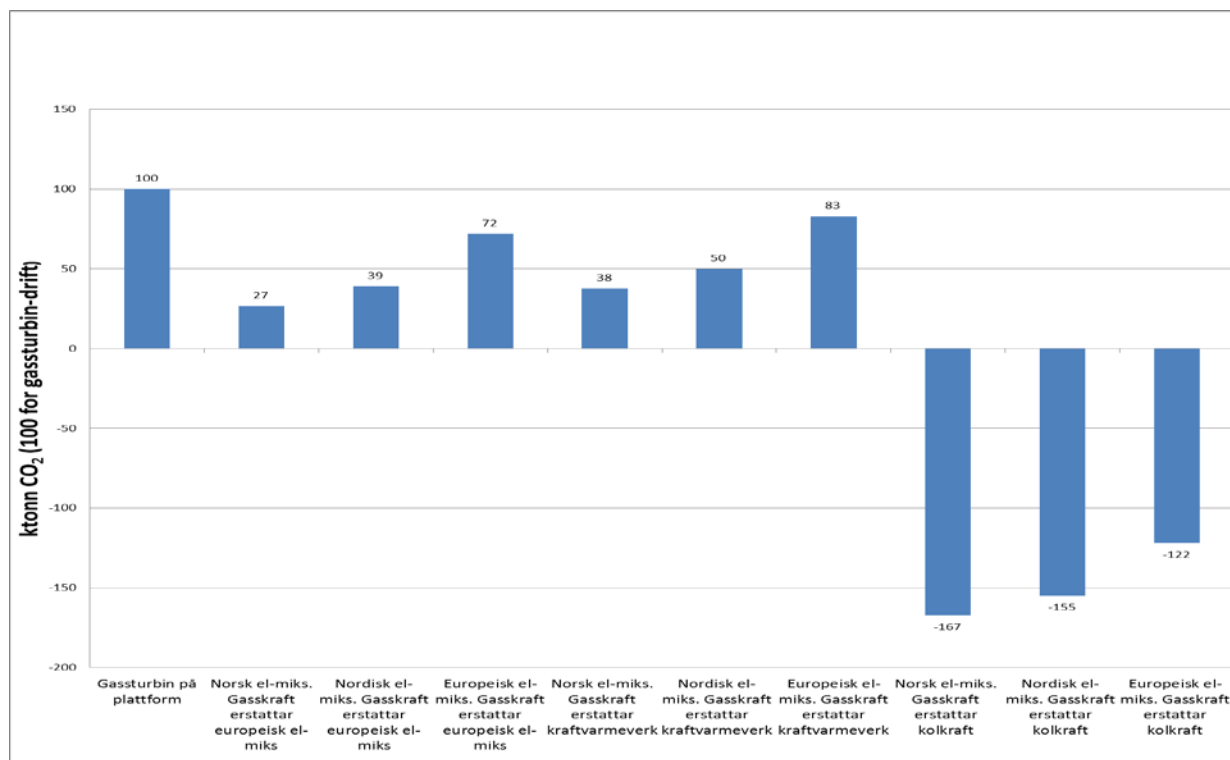
4.2 Samla effekt på CO₂-utsleppa

I Figur 6, 7 og 8 set vi saman alle faktorane og ser på den samla CO₂-effekten av elektrifisering, samanlikna med bruk av turbinar på ei plattform, i det tilfellet at den frigjorte gassen blir brukt i eit gasskraftverk (med verknadsgrad på 60 %). Dei tre figurane viser resultatane for høvesvis 2012, 2030, og heile perioden 2012-2030. Det årlege utsleppet frå plattformane dersom plattformane brukar egne gassturbinar er normalisert til 100 einingar. Fjerde stolpe frå venstre i Figur 6 visar eksempelet når landstraumen er kjem frå europeisk el-miks, og frigjort gass går til eit gasskraftverk som erstattar den europeiske el-miksen. Då blir CO₂-utsleppa halvparten av det dei blir dersom plattformane brukar egne gassturbinar. Andre stolpe frå venstre viser perspektivet der landstraumen kjem frå norsk el-miks og den frigjorte gassen blir brukt i gasskraft som erstattar europeisk el-miks. I dette tilfellet blir det ein netto CO₂-reduksjon i det europeiske el-systemet. Dei tre stoplane heilt til høgre illustrerer at dersom frigjort gass blir brukt i landbasert gasskraft som erstattar kraft produsert med kol vil ein også få ein netto reduksjon av CO₂-utslepp i Europa, uavhengig av om plattformane er forsynt med straum frå norsk, nordisk eller europeisk el-miks. Netto CO₂-reduksjon i det europeiske el-systemet blir her på 80 til 170 einingar, avhengig av el-miksen. Ettersom norsk el-miks nesten er CO₂-fri vil nettoeffekten på CO₂-utsleppa vere størst når denne forsyner plattformane med straum.



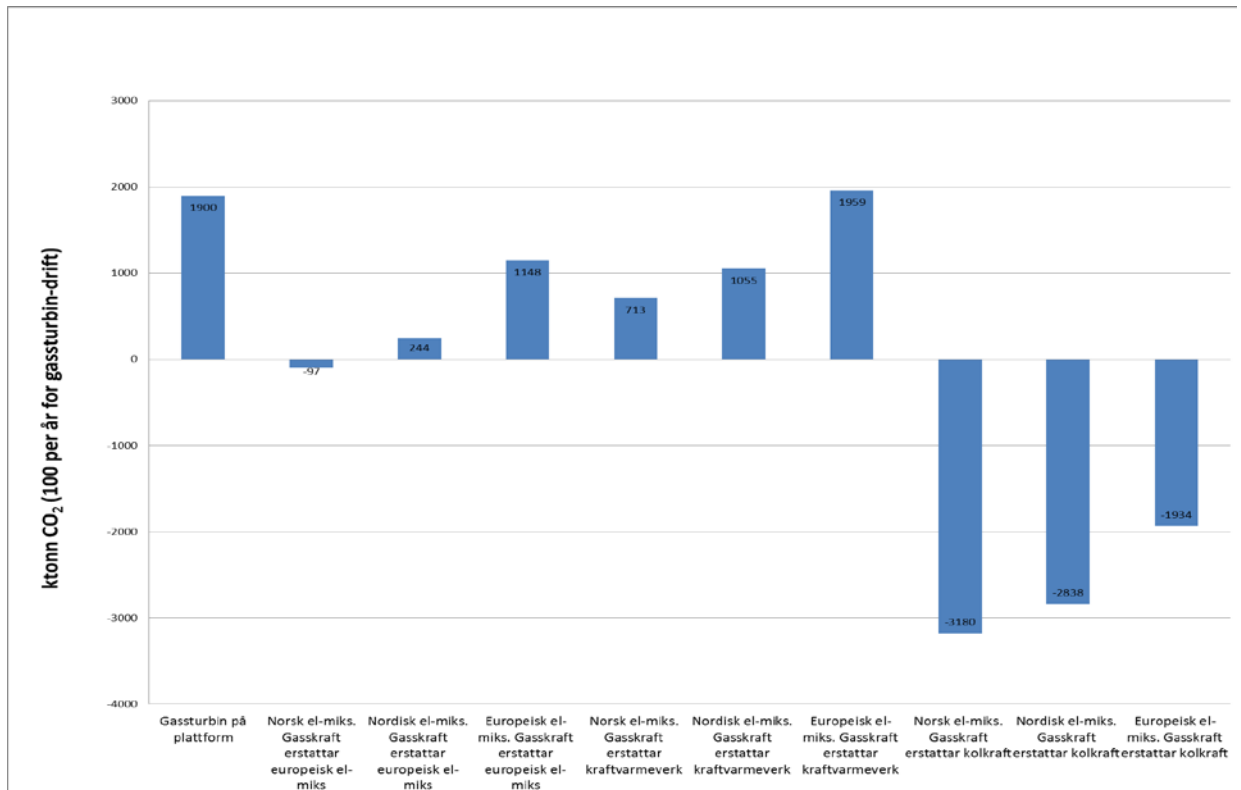
Figur 6. Totale utslepp når frigjort gass blir brukt i landbasert gasskraftverk med 60 % verknadsgrad. ktonn CO₂, normalisert til 100 per år for turbinar på plattform; 2012

Figur 7 viser tilsvarende reknestykke for 2030. I forhold til situasjonen i 2012 har den europeiske og nordiske el-miksen blitt vesentleg grønare, sjå Tabell 1. Dette fører til at alle tilfelle med kraftforsyning frå nordisk eller europeisk el-miks kjem ut med lågare CO₂-utslepp. På den andre sida vil gasskraft som erstattar ein grønare el-miks føre til mindre reduksjon i CO₂-utsleppa. Dette er bakgrunnen for at CO₂-utsleppa ligg på mellom 27 og 72 einingar når gasskraft erstattar europeisk el-miks.



Figur 7. Totale utslepp når frigjort gass blir brukt i landbasert gasskraftverk med verknadsgrad på 60 %. ktonn CO₂, normalisert til 100 per år for turbinar på plattform; 2030

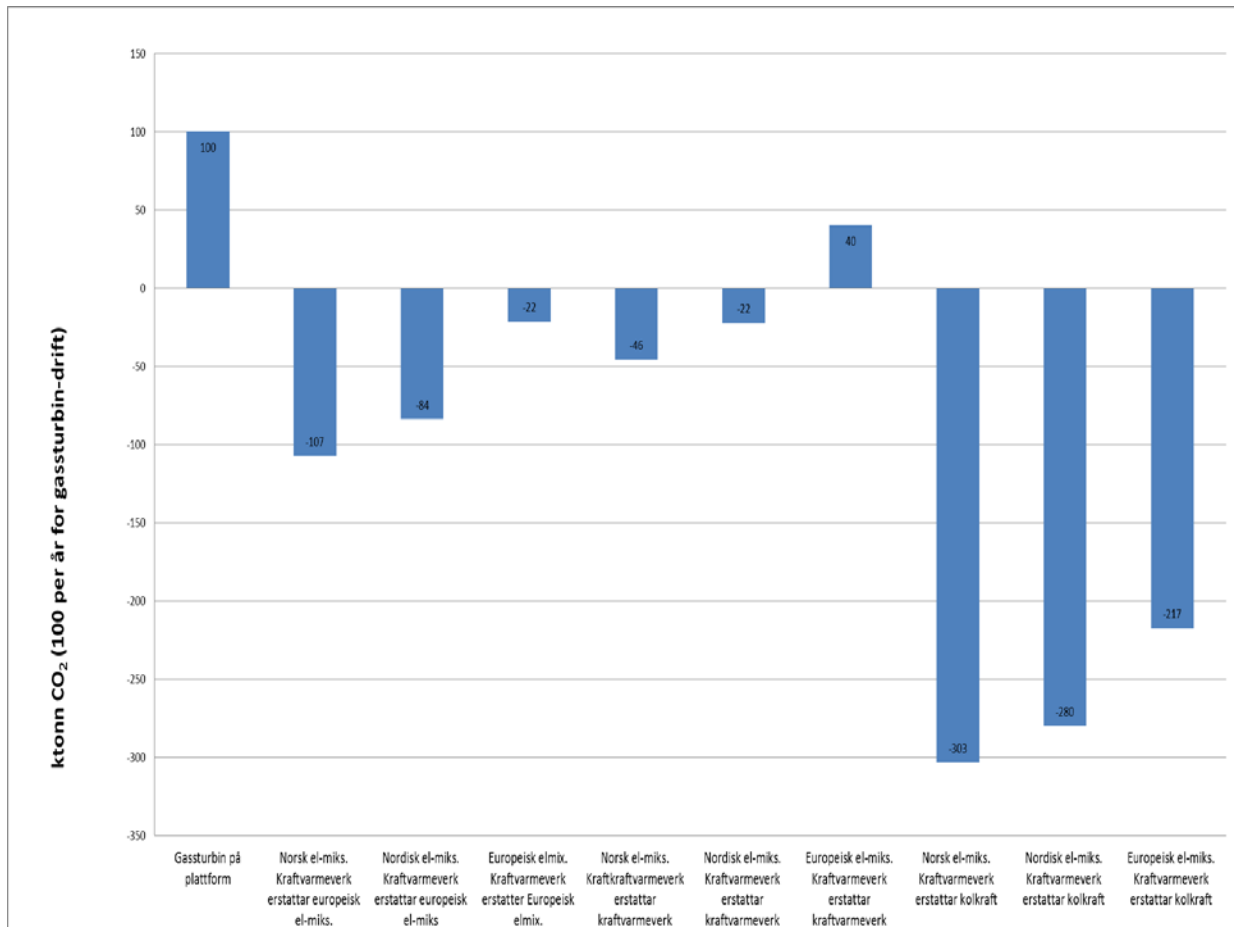
I figur 8 ser vi på heile perioden 2012-2030. Når årlege CO₂-utslepp er på 100 dersom plattformen brukar egne gassturbinar blir utsleppa i heile perioden på 1900 einingar. Som forventa ligg effekten på CO₂-utsleppa mellom situasjonen i 2012 og 2030.



Figur 8. Totale utslepp når frigjort gass blir brukt i gasskraftverk. ktonn CO₂, plattform normalisert til 100 per år; 2012-2030

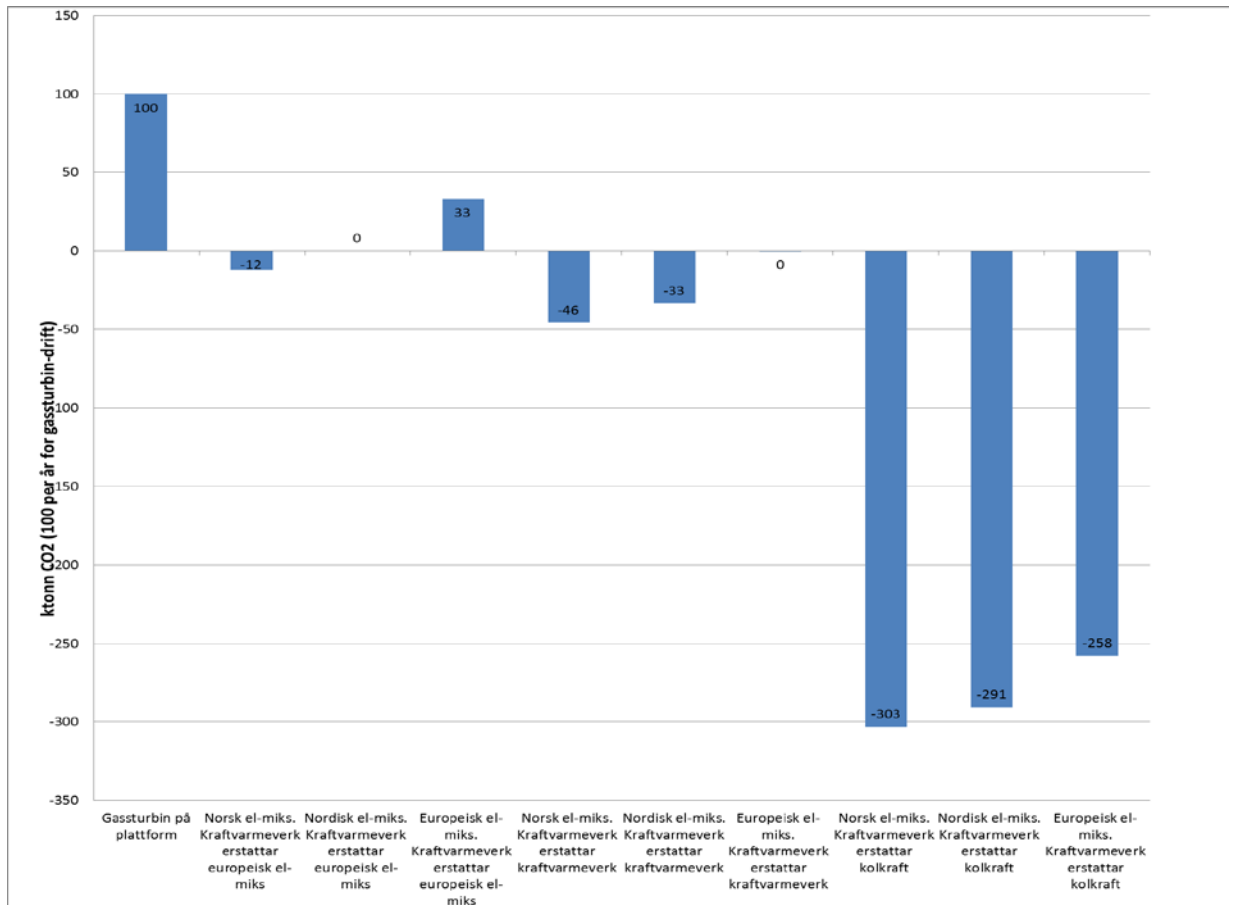
I dei neste tre figurane 9, 10 og 11 ser vi på den samla CO₂-effekten av elektrifisering samanlikna med bruk av turbinar på plattform, i det tilfellet at den frigjorte gassen blir brukt i eit kraftvarmeverk (med verknadsgrad på 90 %).

Ein del av energiproduksjonen frå kraftvarmeverket er varme, men her skil vi ikkje mellom straum- og varmeproduksjon for å forenkle analysen. Det betyr at energi frå kraftvarmeverket kan erstatte meir av dei andre energi-alternativa i det europeiske el-systemet. Vi får difor ein større reduksjon i CO₂-utsleppa i alle tilfella. Ser vi på situasjonen i 2012 i Figur 9 og det tilfellet at kraftvarmeverket erstattar europeisk el-miks blir det ein netto reduksjon av CO₂-utsleppa i det europeiske el-systemet på 22 til 107 einingar. I det tilfellet at energi frå kraftvarmeverket erstattar straum frå eit kolkraftverk blir netto CO₂-reduksjon i det europeiske el-systemet på 217 til 303 CO₂-einingar.



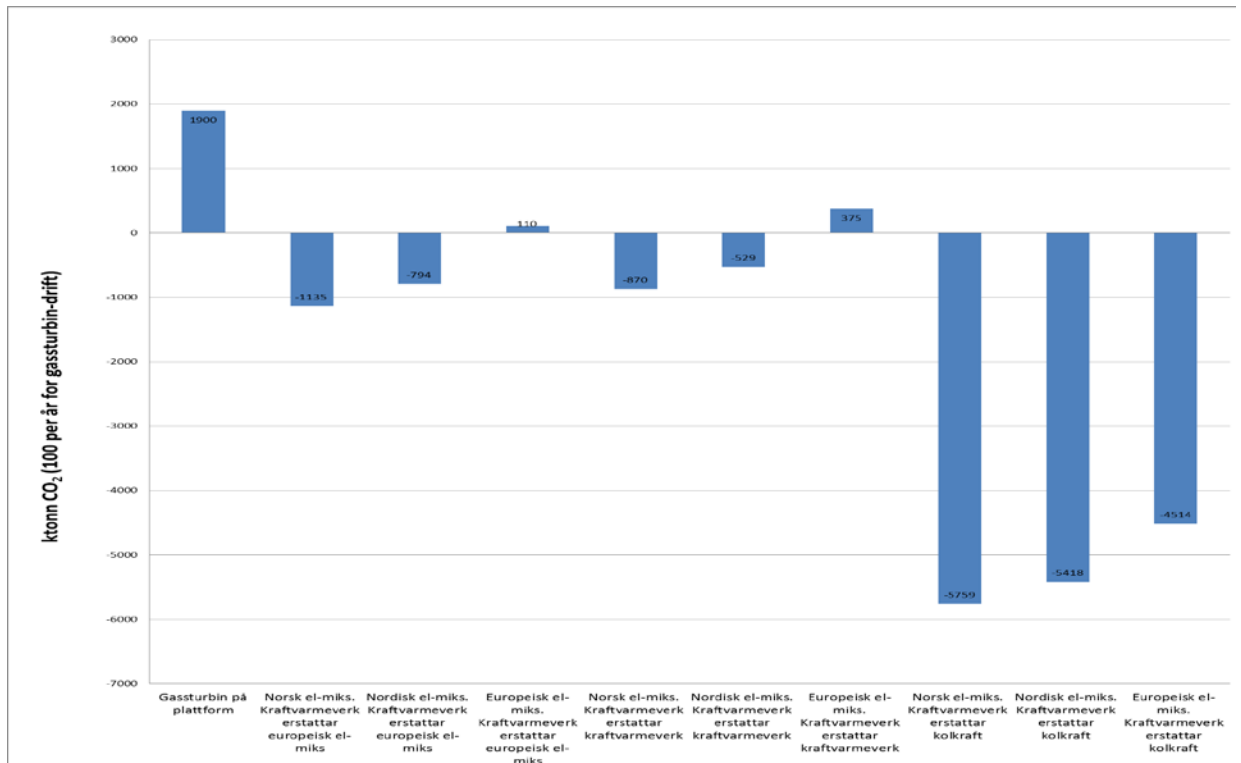
Figur 9. Totale utslepp når frigjort gass blir brukt i kraftvarmeverk med 90 % verknadsgrad. ktonn CO₂, normalisert til 100 per år for turbin på plattform; 2012

Figur 10 viser situasjonen i 2030 når frigjort gass blir brukt i eit kraftvarmeverk. Reduksjonen av CO₂-utsleppa når den frigjorte gassen blir brukt i eit kraftvarmeverk som erstattar anna energiproduksjon blir i mange tilfelle mindre i 2030 enn i 2012 fordi den europeiske og nordiske el-miksen har blitt grønare. På den andre sida er det mindre CO₂-utslepp knytt til straumforsyning til plattformane frå europeisk eller nordisk el-miks. I det tilfellet at energi frå varmekraftverket erstattar straum frå eit kolkraftverk blir CO₂-reduksjonen difor større i 2030 enn 2012. Når kraftvarmeverket erstattar ein europeisk el-miks slår nettoeffekten andre vegen, slik at CO₂-reduksjonen blir mindre i 2030 enn i 2012.



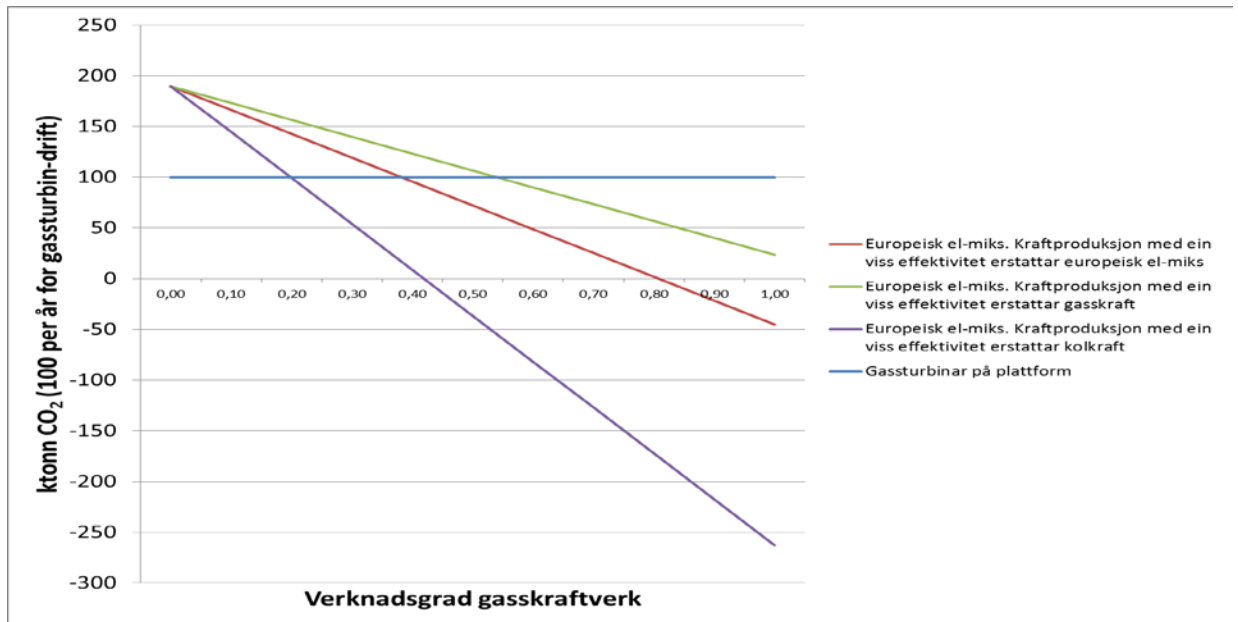
Figur 10. Totale utslepp når frigjort gass blir brukt i kraftvarmeverk. ktonn CO₂, normalisert til 100 per år for turbin på plattform; 2030

Figur 11 viser resultatene for hele perioden 2012-2030. Vi har det samme mønsteret som for frigjort gass brukt til gasskraftverk vist i Figur 8. CO₂-reduksjonen er en god del større sidan frigjort gass brukt i eit effektivt kraftvarmeverk kan erstatte meir av europeisk straumproduksjon enn eit gasskraftverk. I dei fleste tilfelle blir det ein netto CO₂-reduksjon i det europeiske el-systemet. CO₂-reduksjonen er ikkje tilstrekkeleg til å få til ein netto reduksjon i det europeiske el-systemet i to tilfelle. I desse to tilfella (stolpe 4 og 7 frå venstre) er landstraumen basert på europeisk el-miks og energi frå kraftvarmeverket erstattar straum frå europeisk el-miks eller energi frå eit anna kraftvarmeverk. Det vil seie at det blir ein netto reduksjon i europeiske CO₂-utslepp i alle tilfelle der landstraumen kjem frå norsk eller nordisk el-miks, og for alle el-miksar der eit kraftvarmeverk basert på frigjort gass erstattar kolkraft.



Figur 11. Totale utslepp når frigjort gass blir brukt i kraftvarmeverk. ktonn CO₂, normalisert til 100 per år for turbinar på plattform og til 1900 for heile perioden; 2012-2030

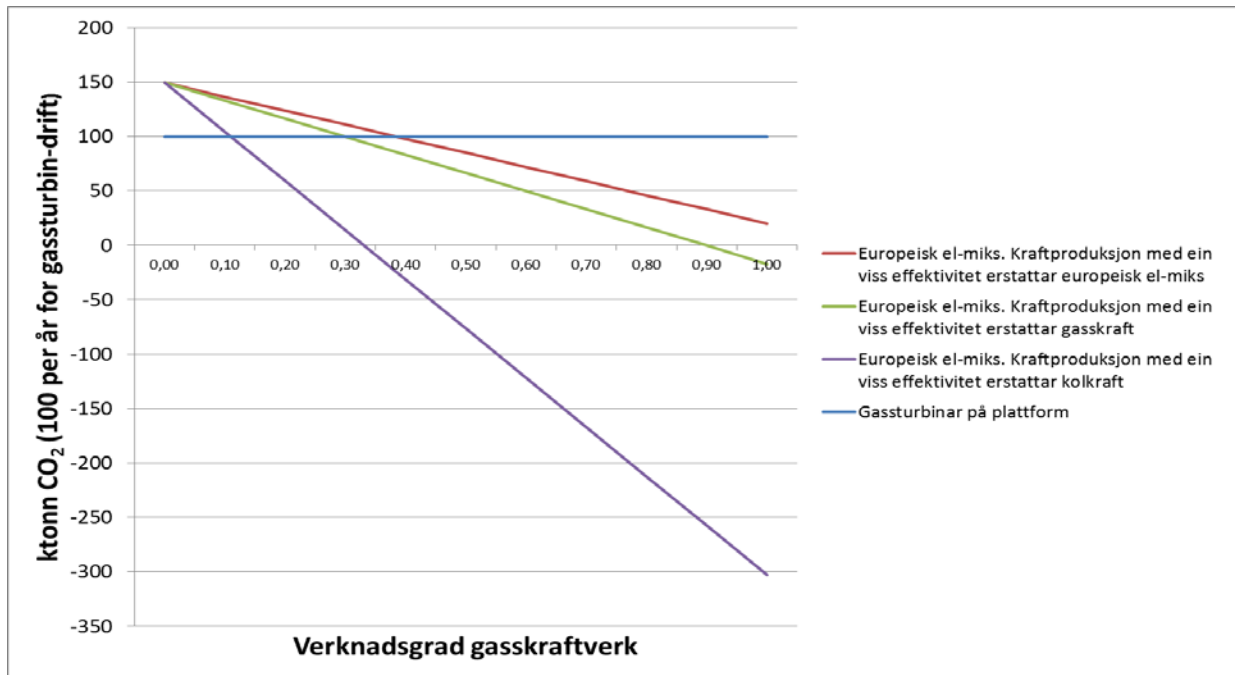
I Figur 12, 13 og 14 framstiller vi resultatane våre på ein alternativ måte for å få fram kva rolle verknadsgraden til den teknologien som utnyttar den frigjorte gassen spelar for CO₂-utsleppa. I alle figurane er straumleveransen til plattformane basert på den europeiske el-miksen. Den horisontale aksene viser verknadsgraden til ulike former for bruk av den frigjorte gassen. Til dømes vil eit kraftverk med ein verknadsgrad på 30 % bety ein faktor på 0,3 på aksene. Den vertikale aksene viser CO₂-utsleppa normalisert til 100 for bruk av eigne gassturbinar på plattformane for åra 2012 og 2030 i høvesvis Figur 12 og 13 (merka av med blå, horisontal strek). Utsleppa frå bruk av gassturbinar på plattformane for heile perioden 2012-2030, normalisert til 1900 einingar, er vist i Figur 14 (merka av med blå, horisontal strek).



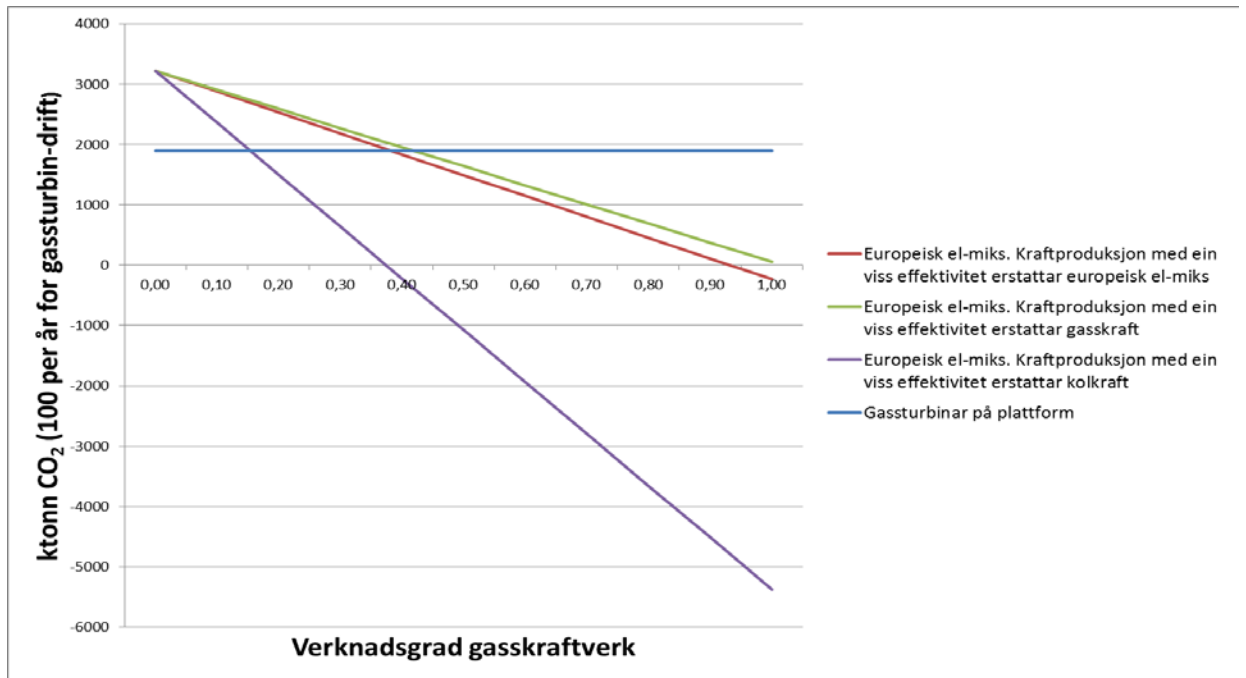
Figur 12. Netto utslepp av CO₂ når straumforsyninga til plattform kjem frå europeisk el-miks, når frigjort gass blir brukt med ein viss verknadsgrad i eit kraftverk, og når produsert straum erstattar europeisk el-miks, gasskraft eller kolkraft. ktonn CO₂, normalisert til 100 per år for turbin på plattform; 2012

Som eit eksempel diskuterer vi fyrst den raude linja i Figur 12. Den illustrerer perspektivet der den frigjorte gassen blir brukt til energiproduksjon i ein teknologi som erstattar tilsvarande energimengde frå europeisk el-miks. Til dømes ser vi at ein må ha ein verknadsgrad på over 40 % for at CO₂-utsleppa skal bli mindre enn tilfellet er ved bruk av turbinar på ei plattform. Dette ser ein fordi den raude linja kryssar den blå linja. Ein ser vidare at teknologien må ha ein verknadsgrad på over 80 % dersom det skal bli ein netto reduksjon av CO₂-utsleppa i Europa. Eit anna eksempel er den lilla linja som illustrerer tilfellet der ein reknar med at den frigjorte gassen blir brukt til energiproduksjon i ein teknologi som erstattar tilsvarande energimengde frå kolkraft. Ein ser at ein treng ein teknologi med 20 % verknadsgrad for å få lågare utslepp enn tilfellet med turbinar på plattform, og at teknologien må ha verknadsgrad på over 40 % for å få til netto reduksjon av CO₂-utsleppa i Europa.

Dersom straumen frå gasskraftverket erstattar kolkraft blir det altså ein netto reduksjon i europeiske CO₂-utslepp alt ved ein verknadsgrad på 40 % i gasskraftverket. For eit kraftvarmeverk (med 90 % verknadsgrad) vil netto reduksjon i europeiske CO₂-utslepp i 2030 bli på om lag 300 einingar, som kan samanliknast med 100 einingar CO₂-utslepp ved bruk av egne gassturbinar på plattform.



Figur 13. Netto utslepp av CO₂ når straumforsyninga til plattform kjem frå europeisk el-miks, når frigjort gass blir brukt med ein viss verknadsgrad i eit kraftverk, og når produsert straum erstattar europeisk el-miks, gasskraft eller kolkraft. ktonn CO₂, normalisert til 100 per år for turbin på plattform; 2030



Figur 14. Netto utslepp av CO₂ når straumforsyninga til plattform kjem frå europeisk el-miks, når frigjort gass blir brukt med ein viss verknadsgrad i eit kraftverk, og når produsert straum erstattar europeisk el-miks, gasskraft eller kolkraft. ktonn CO₂, normalisert til 100 per år for turbin på plattform; 2012-2030

5 Konklusjonar


I denne rapporten har vi analysert netto CO₂-effekt av elektrifisering av ei plattform på norsk kontinentalsokkel ved å samanlikne CO₂-utsleppa ved overføring av landstraum levert frå norsk, nordisk eller europeisk el-miks med CO₂-utsleppa ved bruk av gassturbinar på plattformar. Netto effekt på CO₂-utsleppa avheng også av at frigjort gass som ikkje blir brukt til gassturbinar på plattformar i staden kan brukast i eit landbasert gasskraftverk eller kraftvarmeverk. Denne energiproduksjonen kan erstatte tilsvarande produsert kraft frå europeisk el-miks, frå eit kolfyrt kraftverk, eller energi frå eit kraftvarmeverk. Nettoeffekten på CO₂-utsleppa vil også avhenge av overføringstap på nettet og nødvendig energi for å transportere frigjort gass i rør.

Det geografiske og tidsmessige perspektivet på elektrifisering heng saman med valet av eit marginalt eller gjennomsnittsperspektiv på auka straumproduksjon i Norden og Europa som skal gå til elektrifisering. Vi har valt eit gjennomsnittsperspektiv på grunn av tidshorisonten til 2030 og for å gjere analysen meir robust med omsyn på kortsiktige svingingar i den marginale straumproduksjonen, generert av svingingar i etterspørselen og tilbodet frå ulike typar kraftverk.

Sidan petroleumssektoren og all el-produksjon i Europa er inne i det europeiske kvotesystemet vil elektrifisering i utgangspunktet ikkje kunne påverke CO₂-utsleppa i Europa, så lenge den politisk bestemte kvotemengda framover ikkje blir påverka. Men skulle den frigjorte gassen bli brukt til aktivitetar som ikkje er inkludert i kvotesystemet i Europa, til dømes oppvarming av bygningar, eller bli eksportert til land utanfor Europa kan europeiske eller global CO₂-utslepp bli påverka.

Vi summerer opp resultatane i fire hovudpunkt:

1. Effekten på CO₂-utsleppet av elektrifisering av ei plattform vil avhenge av måten straumen til plattformar blir produsert på. Det vil seie om eit norsk, nordisk eller europeisk perspektiv blir lagt til grunn for levering av straumen. I tillegg er måten den frigjorte gassen frå plattformar blir brukt på viktig. Dette heng saman med forskjellar på verknadsgraden på den teknologien som brukar den frigjorte gassen. Kva slags energiproduksjon som blir erstatta av energien frå den frigjorte gassen er også viktig.
2. Tidshorisonten vil spele inn ettersom den nordiske og europeiske el-miksen blir vesentleg mindre fossil-basert over tid på grunn av stor utbygging av vindkraft og andre vedvarande energikjelder.
3. Når vi fokuserer på klimaeffekten av elektrifisering, med ein tidshorisont fram til 2030, og med bakgrunn i ein nord-europeisk el-marknad som vil bli sterkare integrert framover, meiner vi at eit utgangspunkt for å vurdere elektrifisering av plattformar er å rekne at landstraumen



kjem frå ein nordisk el-miks, og at den frigjorte gassen blir brukt i eit gasskraftverk som erstattar europeisk el-miks. I dette tilfellet blir CO₂-utsleppa ved elektrifisering på om lag 1/10 av utsleppa ved gassturbin-drift på ei plattform. Skulle gassen bli brukt i eit effektivt kraftvarmeverk (eller til oppvarming av bygningar) blir det ein netto reduksjon i europeiske CO₂-utslepp.

4. Skulle frigjort gass frå plattformen erstatte kolkraft i el-systemet på fastlandet vil elektrifisering føre til ein større netto reduksjon av europeiske CO₂-utslepp. På den andre sida, skulle landstraumen komme frå europeisk el-miks og gasskraft erstatte europeisk el-miks, vil elektrifisering føre til CO₂-utslepp som er på 60% av utsleppa ved gassturbin-drift.

Referansar

- ABB (2013), Personleg korrespondanse via e-post, 8. august.
- Asplan Viak AS, MiSA AS, VWI Stuttgart, Brekke & Strand Akustikk AS, Avinett (2012), Norwegian High Speed Railway Project Phase 3. Environmental analysis - Climate, Final report.
http://www.jernbaneverket.no/PageFiles/17334/Phase3report_Climate_MiSA_24jan2012.pdf
http://www.jernbaneverket.no/PageFiles/17812/14_02_2012_2.swf
- Asplan Viak AS, MiSA AS, VWI Stuttgart, Brekke & Strand Akustikk AS (2011), A Methodology for Environmental Assessment - Norwegian High Speed Railway Project Phase 2, Final Report rev. 1.
<http://www.google.no/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved=0CCgQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.misa.no%2Fdownload.php%3FdocumentID%3D206&ei=O-xcUrTiNKO60QWpv4HwBQ&usq=AFQjCNHJY6YBSUuNXhO7B6gmfPVDZ5WMGQ&bvm=bv.53899372,d.d2k>
- Bellona (2008), Bellonas kommentarer til “Kraft fra land til norsk sokkel”.
http://bellona.no/filearchive/fil_Kraft_fra_Land_til_Sokkelen080215final.pdf
- Bellona (2007), Elektrifisering av sokkelen – En case-studie av Sørilige Nordsjø og Oseberg-området.
http://bellona.no/filearchive/fil_Elektrifisering060107.pdf
- Bye, T. (2013), Er elektrifisering av sokkelen et godt klimatiltak? Verken fra et økonomisk eller teknologisk synspunkt er elektrifisering et godt klimatiltak, Energi og Klima.
<http://energiogklima.no/energiduellen/er-elektrifisering-av-sokkelen-et-godt-klimatiltak/>
- Department of Energy & Climate Change (2013), Gas statistics - Energy trends, UK Government.
<https://www.gov.uk/government/publications/gas-section-4-energy-trends>
- Dong Energy (2013), Avedøreværket.
http://www.dongenergy.com/da/forretningsaktiviteter/generation/aktiviteter/centrale_kraftvaerker/pages/avedoerevaerket.aspx
- Dotzauer, E. (2010), Greenhouse gas emissions from power generation and consumption in a Nordic perspective, Energy Policy, 38, 701-704.
- ECON Pöyry (2007), Electrification still on the agenda, Norwegian Continental Shelf Quarterly.
http://www.econ.no/stream_file.asp?iEntityId=3426
- Eide, V., Magnus, E., Tennbakk, B. (2013), Når er elektrifisering lønnsomt?, Samfunnsøkonomen, nr. 7.
- Elmagasinet (2013), Strømsetter Martin Linge-plattformen, nr. 7.
- European Network of Transmission System Operators for Electricity (ENTSOE) (2013), Memo 2012 – provisional values as of 30 April 2013.
- Federal Ministry of Economics and Labour (2005), EWI/Prognos – Study, The Trend of Energy Markets up to the year 2030, Documentation No 545.
<http://www.bmwi.de/EN/Service/publications.did=65456.html?view=renderPrint>
- Kaski, K.E. (2013), Er elektrifisering av sokkelen et godt klimatiltak? Kraft fra land kutter utslipp, Energi og Klima.
<http://energiogklima.no/kommentar-analyse/kraft-fra-land-kutter-utslipp/>

- Lund, H., Mathiesen, B.Y., Christensen, P., Schmidt, J.H. (2010), Energy system analysis of marginal electricity supply in consequential LCA, *Journal of Life Cycle Assessment*, 15, 260-271.
- Holttinen, H., Tuhkanen, S. (2004), The effect of wind power on CO₂ abatement in Nordic Countries, *Energy Policy*, 32, 1639-1652.
- Horn, H.E. (2013), Elektrifisering: Bra for klimaet, bra for industrien, Energi og Klima. <http://energiogklima.no/kommentar-analyse/elektrifisering-bra-for-klimaet-bra-for-industrien/>
- IEA (2013), Germany: Natural gas for 2011. <http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?&country=GERMANY&year=2011&product=NaturalGas>
- McCarthy, R., Yang, C. (2010), Determining marginal electricity for near-term plug-in and fuel cell vehicle demands in California: Impacts on vehicle greenhouse gas emissions, *Journal of Power Sources*, 195, 2099-2109.
- Olje og Energidepartementet (2013), Fakta 2013 – Norsk petroleumsvirksomhet.
- Måge, J. (2013), Olje- og gasskabler og andre utenlandskabler, Energi og klima. <http://energiogklima.no/kommentar-analyse/olje-og-gasskabler-og-andre-utenlandskabler/>
- National Grid (2013), UK Future Energy Scenarios – July 2013. <http://www.nationalgrid.com/NR/rdonlyres/A3A03257-3CCC-40DD-99C8-500A149D997D/61591/UKFES2013FINAL1.pdf>
- NVE (2012), NVEs korttidsstatistikk - Desember 2012. <http://www.nve.no/PageFiles/14330/M%c3%a5nedstatistikk%2012%202012.pdf>
- Olje og Energidepartementet (OED) (2012), Energiutredningen – verdiskaping, forsyningssikkerhet og miljø, utdrag fra NOU 2012: 9. <http://www.regjeringen.no/nb/dep/oed/dok/NOU-er/2012/nou-2012-9/14/4/3.html?id=675603>
- Oljedirektoratet (2012), Elektrifiseringsvurderinger for midtre nordsjø. <http://www.npd.no/Global/Norsk/3-Publikasjoner/Rapporter/Elektrifiseringsvurderinger%20for%20midtre%20nordsj%C3%B8/Endelig-rapport.pdf>
- Oljedirektoratet (2008), Kraft fra land til norsk sokkel. <http://www.npd.no/Global/Norsk/3%20-%20Publikasjoner/Rapporter/PDF/Kraft%20fra%20land%20rapport.pdf>
- Oljeindustriens Landsforening (OLF) (2007), Alternativ kraft til norsk sokkel – Vurderinger av reduksjonspotensialet for CO₂, tidshorisont og tiltakskostnader. <http://www.norskoljeoggass.no/PageFiles/6552/Alternativ%20kraft%20til%20norsk%20sokkel.pdf>
- Oljeindustriens Landsforening (OLF) (2003), Elkraft fra land til norsk sokkel – Tiltakskost og miljøeffekt. <http://www.norskoljeoggass.no/PageFiles/8818/Elkraft%20fra%20land%20til%20norsk%20sokkel%2003.pdf>
- Osmundsen, P. (2012), Elektrifisering som klimatiltak? En samfunnsøkonomisk analyse, *Samfunnsøkonomen*, nr. 1. <http://samfunnsokonomene.no/magasin/samfunnsokonomene-nr-1-2012/?view=xml&id=samfunnsok-2012-1-v02-505>
- Pöyry (2011), CO₂-emissions effect of electrification, Commissioned by Statoil, ECON R-2011-041.
- SFT (2007), Reduksjon av klimagasser i Norge: en tiltaksanalyse for 2020. <http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/publikasjoner/2254/ta2254.pdf>
- Statnett (2011), Nettutviklingsplan 2011 – Nasjonal plan for neste generasjon kraftnett. <http://www.statnett.no/Documents/Kraftsystemet/Nettutviklingsplaner/Nettutviklingsplan%202011.pdf>
- Meld. St. 21 (2011-2012), Norsk klimapolitikk. <http://www.regjeringen.no/pages/37858627/PDFS/STM201120120021000DDDPDFS.pdf>

- Ramm, H.H. (2011), Skitten strøm?
<http://www.offshore.no/iphone/sak.aspx?id=33405>
- Tennbakk, B. (2013), Er elektrifisering av sokkelen et godt klimatiltak? Elektrifisering kan være et godt klimatiltak, og blir vesentlig dyrere hvis det utsettes, Energi og Klima.
<http://energiogklima.no/energiduellen/er-elektrifisering-av-sokkelen-et-godt-klimatiltak-2/>
- Vollsæter, G. (2013), Er elektrifisering av sokkelen et godt klimatiltak? Elektrifisering: Dårlig for klimaet, dårlig for industrien, Energi og Klima.
<http://energiogklima.no/kommentar-analyse/elektrifisering-daarlig-for-klimaet-daarlig-for-industrien/>
- Zero (2011), Strøm fra land til olje- og gassplattformer.
<http://www.zero.no/publikasjoner/zerorapport-strom-fra-land.pdf>
- Zero (2007), Et krafttak fra land.
<http://www.zero.no/publikasjoner/et-krafttak-fra-land>

CICERO (Center for International Climate and Environmental Research - Oslo)

CICERO (Center for International Climate and Environmental Research - Oslo) was established by the Norwegian government in 1990 as a policy research foundation associated with the University of Oslo. CICERO's research and information helps to keep the Norwegian public informed about developments in climate change and climate policy.

The complexity of climate and environment problems requires global solutions and international cooperation. CICERO's multi-disciplinary research in the areas of the natural sciences, economics and politics is needed to give policy-makers the best possible information on which to base decisions affecting the Earth's climate.

The research at CICERO concentrates on:

- Chemical processes in the atmosphere
- Impacts of climate change on human society and the natural environment caused by emissions of greenhouse gases
- Domestic and international climate policy instruments
- International negotiations on environmental agreements

CICERO (Center for International Climate and Environmental Research - Oslo)

PO.Box 1129 Blindern, N-0318 Oslo, Norway

Visiting address: CIENS, Gaustadalléen 21, 0349 Oslo

Telephone: +47 22 85 87 50 Fax: +47 22 85 87 51

E-mail: admin@cicero.uio.no www.cicero.uio.no