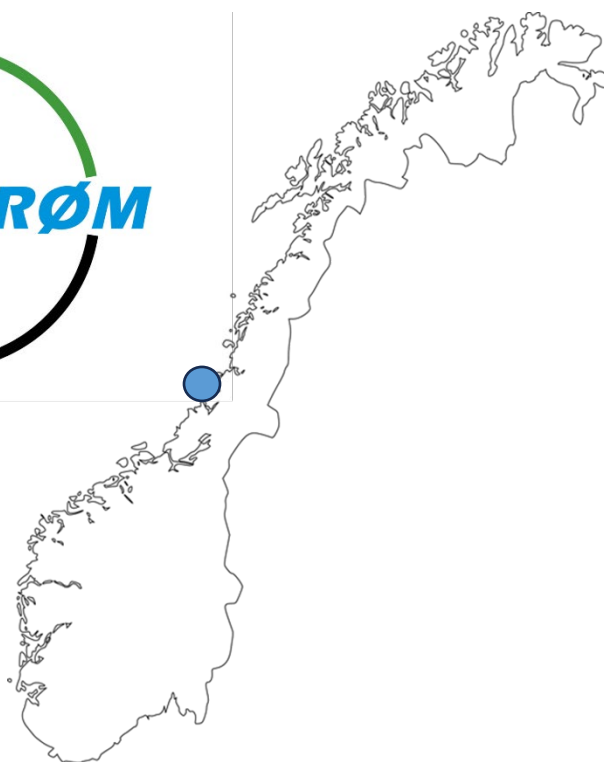


BLÅ STRØM – KRÅKØYA

Hva kan gasskraftverk med CCS bidra med?

Januar 2025

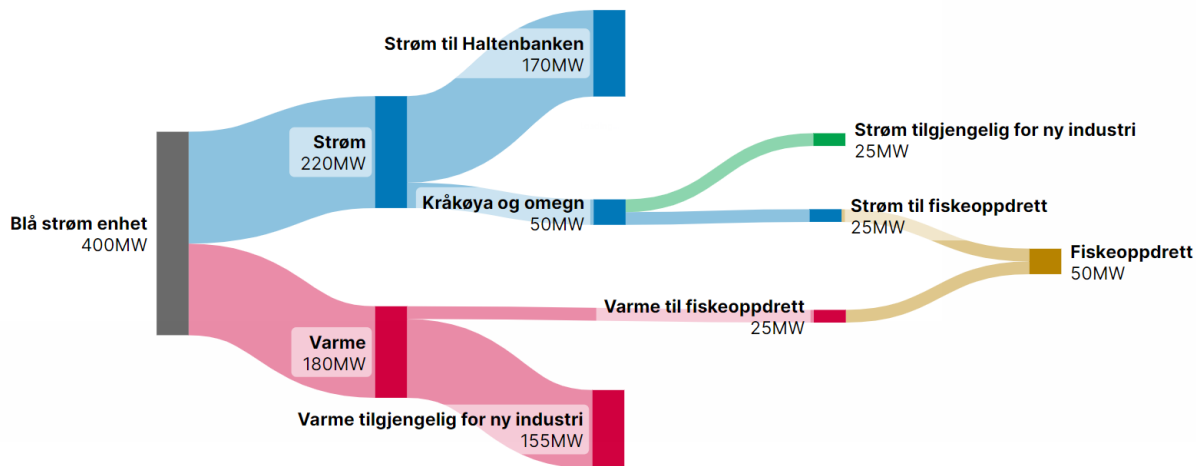


Innhold:

1	SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	3
2	PROSJEKTBSKRIVELSE	4
3	HVA KAN BLÅ STRØM BIDRA TIL?.....	6
3.1.	ELEKTRIFISERING AV OFFSHORENSTALLASJONER.....	6
3.2.	STØTTE TIL LANDBASERT OPPDRETTSANLEGG.....	6
3.3.	INNOVASJON OG SIRKULÆRØKONOMI.....	6
3.4.	MILJØMESSIGE FORDELER	6
3.5.	STRATEGISK VIKTIGHET AV PÅLITELIG KRAFT.....	6
4	TILLEGGSMULIGHETER BLÅ STRØM GIR FOR OMRÅDET	7
5	TEKNISK LØSNING	8
5.1.	KRAFTPRODUKSJON.....	9
5.2.	KARBONFANGSTANLEGG.....	9
5.3.	VARMEOVERSKUDD	9
5.4.	KARBONNEGATIV VERDIKJEDE MED GASSKRAFT.....	9
6	FORUTSETNINGER FOR ETABLERING AV BLÅ STRØM	9
7	STRØMPRIS	10
7.1.	ANTAGELSER OG BAKGRUNN.....	10
7.2.	ANALYSE AV STRØMPRIS	11
8	TIDSPLAN	13
8.1.	IMPLEMENTERING.....	13
8.2.	LEVETID	13

1 Sammendrag og konklusjon

Kråkøya Eiendom AS ønsker å se på muligheten for en etablering av et flytende gasskraftverk med karbonfangst og lagring (Blå strøm) ved Kråkøya biopark og energihub. Dette prosjektet vil bidra til svært betydningsfull økt produksjon i strømprisområde NO3, som potensielt skal avgi 431 MW til elektrifisering av sokkelen. Plassering av et gasskraftverk ved Kråkøya utløser muligheter til å utnytte spillvarme i banebrytende, industrielle symbioser mellom blant annet landbasert oppdrett, slamprosessering og produksjon av strøm og hydrogen til maritim transport. Ved å kombinere mat- og proteinproduksjon med bærekraftig kraft og avansert, sirkulær avfallsbehandling og permanent lagring av CO₂ kan prosjektet posisjonere seg som en pionér for karbonnegative løsninger ved lagring av CO₂ med biologisk opprinnelse fra fiskeoppdrett, og samtidig danne grunnlag for etablering av annen ny industri i området.



Figur 1: Sankey-diagram for strøm og varme fra blåstrøm-enhet. 170 MW strøm kan leveres til elektrifisering av sokkelen, mens 50 MW strøm kan leveres og er tilgjengelig til fiskeoppdrett og annen ny industri. 25 MW varme kan leveres til fiskeoppdrett, mens 155 MW varme er tilgjengelig for ny industri som tørking av fiskeslam.

Prosjektet er et konkret steg mot å oppnå Norges klimamål, samtidig som det styrker lokal verdiskaping og fremmer innovasjon innenfor karbonnegativ teknologi. Med sine fortrinn innen elektrifisering, miljømessige gevinster og industrielle synergier er dette prosjektet godt posisjonert til å bli en modell for fremtidens energiløsninger.

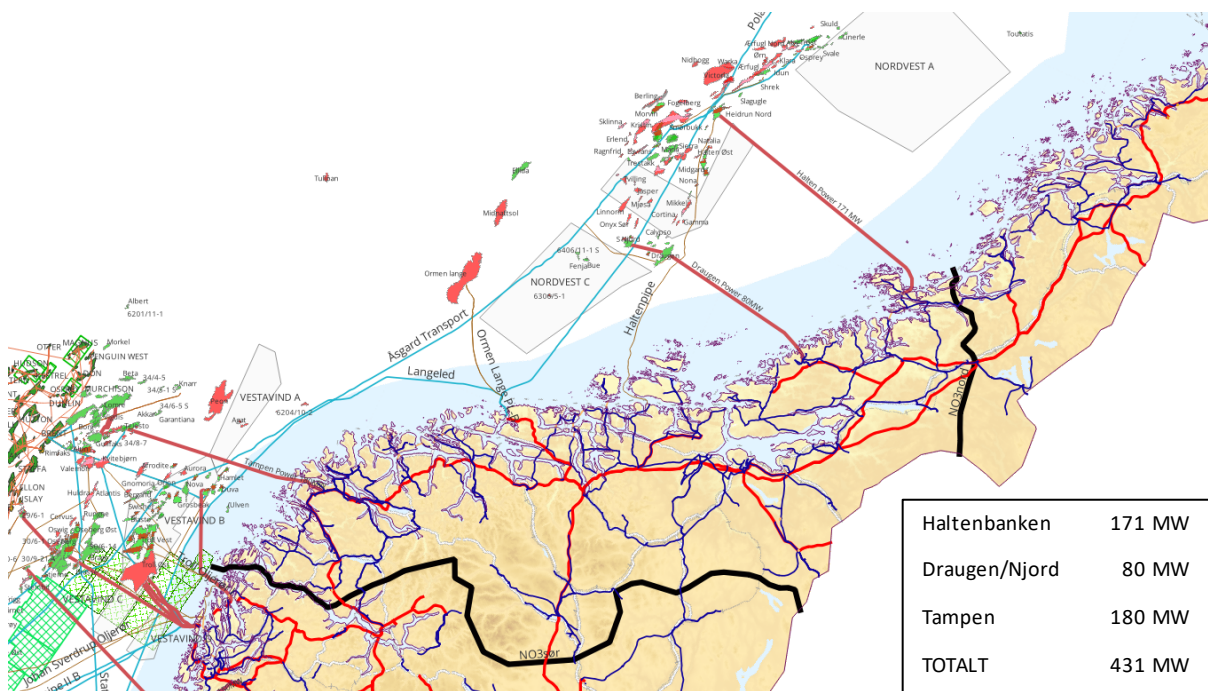
2 Prosjektbeskrivelse

Kråkøya Eiendom ønsker å tilrettelegge for sirkulærindustrielle symbioser i en krevende nett- og strømsituasjon i Midt-Norge (NO3). Det er derfor behov for ny kraftproduksjon, og gasskraft med karbonfangst- og lagring (blå strøm) er trolig det mest realistiske alternativet. Bio- og energiparken på Kråkøya har som mål å utvikle seg som et regionalt knutepunkt for bærekraftige biobaserte industrier og innovative energiløsninger. Med strategisk lokalisering og infrastruktur, er Kråkøya godt posisjonert til å bli et senter for grønn omstilling av viktige kystnæringer som fiskeri, havbruk og sjøtransport.



Figur 2: Illustrasjon av Kråkøya biopark og energihub sine fokusområder: Sirkulære verdikjeder, smartere bruk av energi, økt produksjon med lavere fotavtrykk på 1000 mål regulert areal.

Strømsituasjonen i NO3 er preget av økende kraftbehov og begrenset produksjonskapasitet, forverret av flere pågående og planlagte offshore elektrifiseringsprosjekter, se Figur 3. Dette legger et betydelig press på både kraftbalansen og kraftprisene i regionen, og skaper utfordringer for både eksisterende og ny industri.



Figur 3: Kart over pågående og planlagte elektrifiseringsprosjekter på sokkelen fra NO3 med behov for 431 MW strøm. Gjennom tett samarbeid ønsker man på Kråkøya å legge til rette for å utvikle en helhetlig energiløsning som adresserer både regionale og nasjonale utfordringer innen energiforsyning og utslippsreduksjon.

Blå strøm-prosjektet har som målsetninger å:

1. Redusere CO₂-utslipp gjennom bærekraftig kraftproduksjon.
2. Levere stabil og pålitelig elektrisitet til offshoreinstallasjoner på Haltenbanken og landbasert industri.
3. Bidra til sirkulærindustrielle symbioser i tilknytning til planlagt landbasert oppdrettsanlegg i Kråkøya biopark gjennom spillvarme og avfallsbehandling.
4. Bidra til lokal verdiskaping ved å tilrettelegge for ny industri som kan utnytte spillvarme.

Tittel	Blå strøm – Kråkøya
Rapport-beskrivelse	Hva kan Blå strøm, gasskraft med CCS, på Kråkøya bidra til? Rapporten er initiert av Ocean-Power, med god deltakelse og bidrag fra Miljøstiftelsen Bellona og Kråkøya Eiendom. Tusen takk til alle som har bidratt.
Rapportperiode	01/25
Deltakere i rapporten	Ocean-Power www.ocean-power.no Miljøstiftelsen Bellona www.bellona.no Kråkøya Eiendom www.kraakoya.no
Kontaktperson	Erling Ronglan, CEO, Ocean-Power AS Email: erling.ronglan@ocean-power.no Mobil : +47 958 53 222

3 Hva kan Blå strøm bidra til?

3.1. ELEKTRIFISERING AV OFFSHOREINSTALLASJONER

Haltenbanken har et stort behov for pålitelig elektrisk kraft for å redusere sine klimagassutslipp. Ved å elektrifisere installasjonene vil man redusere bruken av gassturbiner uten rensing offshore og dermed redusere utslippene med 600.000 tonn CO₂ årlig. Den planlagte elektrifisering av Haltenbanken med kraft fra land vil imidlertid medføre utfordringer for etablering av ny industri i området på grunn av strømmangel og høye strømpriser dersom det ikke produseres ny kraft. Blå strøm kan avhjelpe denne situasjonen ved å tilby stabil og konkurransedyktig energi som dekker både behovet offshore (171 MW) og i tillegg gir 50 MW inn i nettet som kan benyttes av ny industri.

3.2. STØTTE TIL LANDBASERT OPPDRETTSANLEGG

Det planlagte oppdrettsanlegget på Kråkøya kan utnytte noe av spillvarmen fra et Blå strøm-anlegg til oppvarming av vann og anlegg. Dette vil redusere behovet for strøm fra det lokale nettet. Videre kan fiskeslam, et biprodukt av oppdrettsvirksomheten, brukes som brensel i et eget forbrenningsanlegg. Forbrenningen av fiskeslammet vil produsere varme, og biogen CO₂ fra forbrenningen kan fanges og lagres, noe som gjør hele prosessen karbonnegativ.

3.3. INNOVASJON OG SIRKULÆRØKONOMI

Ved å kombinere kraftproduksjon, varmeutnyttelse og karbonfangst og lagring er Blå strøm nødvendig for en bærekraftig industriutvikling. Blå strøm ved Kråkøya biopark og energihub kan fungere som en modell for fremtidige prosjekter, og styrke Norges posisjon innen grønn teknologi og industri.

3.4. MILJØMESSIGE FORDELER

- Lite fotavtrykk/naturpåvirkning
- Karbonnegativ energiproduksjon
- Unngå tap av biologisk mangfold ved lukket avfallshåndtering
- Reduserer utslipp av klimagasser ikke bare lokalt/nasjonalt, men også globalt

3.5. STRATEGISK VIKTIGHET AV PÅLITELIG KRAFT

Blå strøm kan implementeres raskt uten store konflikter. Anleggene tar lite areal og ved plassering i et regulert industriområde som Kråkøya berøres ikke konfliktylt areal. Stabil og pålitelig kraftproduksjon styrker områdets konkurransekraft og muliggjør langsiktig planlegging og utvikling av industriområdet. Ved å produsere energi lokalt reduseres også Norges avhengighet av import fra naboland, noe som styrker energisikkerheten. Dette er en strategisk fordel som kan gi en mer robust og uavhengig nasjonal energipolitikk.

4 Tilleggsmuligheter Blå strøm gir for området

Blå strøm skaper et fundament for ny industri i området, blant annet:

1. **Økt utnyttelse av biomasse:** Spillvarme fra et Blå strøm-anlegg kan utnyttes i energikrevende tørkeprosesser for vannholdige biomasse som makroalger (en voksende ressurs for matproduksjon og farmasøytisk industri), tunikater og oppsamlet slam fra konvensjonelt havbruk. Biomasse fra havet inneholder ofte store mengder vann, som er en barriere for kommersiell utnyttelse av biomassenes energi- og næringsinnhold til f.eks. erstatning for kunstgjødsel i land- og skogbruk.
2. **Bærekraftige fôrråvarer:** Spillvarme og næringsrike substrater som eksempelvis havbruksslam, kan benyttes i produksjon og prosessering av ulike nye og mer bærekraftige fôrråvarer (heterotrofe mikroalger, insekter mv) til akvakultur og husdymnæring. Globalt trenger akvakulturnæringen 45 millioner tonn nye fôrråvarer for å møte behovet som følge av at forventet vekst i verdens befolkning fram mot 2050. I Norge brukes det i dag 2 millioner tonn fôr årlig, og det er behov for 0,5 millioner tonn nye fôrråvarer innen 2034¹.
3. **Nullutslippsdrivstoff:** Strøm og hydrogen/ammoniakk kan erstatte fossile drivstoffbåde i land- og sjøtransport. Blå strøm gir mulighet til å forsyne framtidens sjøtransport med landstrøm og høykapasitets lading i allerede etablert kysthavn på Kråkøya, som i tillegg tilrettelegger for hydrogen- og ammoniakkproduksjon.
4. **Ny matproduksjon:** Spillvarme danner sammen med biobaserte rest- og sidestrømmer grunnlag for etablering av matproduksjon i veksthusindustri og oppdrett av varmekjære arter (eks. reker, fisk).
5. **Bærekraftig avfallshåndtering:** Integreerte løsninger for å håndtere avfall fra lokal industri.
6. **Fjernvarme:** Det foreligger allerede en utredning av etablering av fjernvarme til offentlige- og næringsbygg samt leilighetskomplekser i Rørvik sentrum (innbyggertall ca. 3.500) om lag 8,5 km unna Kråkøya biopark.

Blå strøm kan implementeres raskt uten store konflikter. Anleggene tar lite areal og kan plasseres i allerede regulerte industriområder som Kråkøya biopark og energihub. Stabil og pålitelig kraftproduksjon styrker området konkurransekraft og muliggjør langsiktig planlegging.

¹ Samfunnsoppdraget for bærekraftig fôr. [Samfunnsoppdraget om bærekraftig fôr – fast track eller sneglefil? - Bellona.no](https://www.bellona.no/da/om-oss/rapporter-og-publikasjoner/samfunnsoppdraget-om-baerekraftig-for-fast-track-eller-sneglefil/)

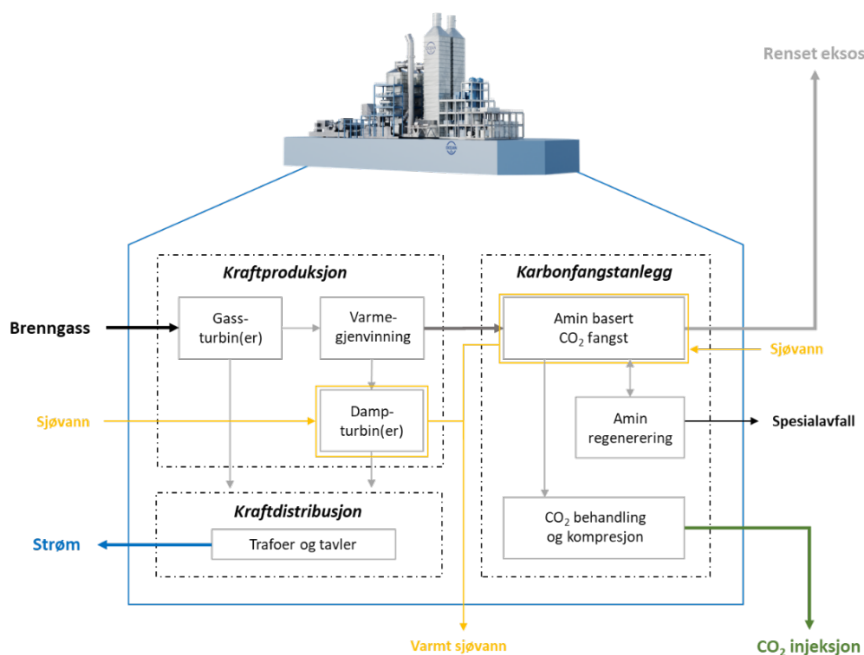
5 Teknisk løsning



Figur 4: Illustrasjon av et gasskraftverk med karbonfangst- og lagring (Blåstrøm-anlegg).

Blå strøm-anleggene er flytende gasskraftverk som produserer elektrisitet med høy effektivitet samtidig som de fanger 95 % av CO₂ som blir dannet ved forbrenning av gass. Anlegget er basert på teknologisk modent utstyr som er robust og pålitelig. Størrelse 110 x 70 meter.

I Figur 5 vises enheten og tre hoveddeler: Kraftproduksjonsanlegg, karbonfangstanlegg og kraftdistribusjonsanlegg.



Figur 5: Skjematisk overblikk over gasskraftverk med karbonfangst- og lagring (Blå strøm-anlegg). Brenngass (naturgass) forbrennes i gassturbiner som produserer strøm. I tillegg kokes vann av den varme eksosen for produksjon av strøm i en damp-turbin. Eksosen blir så sent til et karbonfangstanlegg der ren set eksos (omtrent rent nitrogen) slippes til atmosfæren. CO₂ som er fanget blir komprimert og lagret i geologisk egnede formasjoner permanent.

5.1. KRAFTPRODUKSJON

Hoveddriveren i valg av løsning for kraftproduksjonen vil være en moden og mest mulig brensel effektiv løsning, et kombikraftverk. Kombikraftverk er gassturbiner som driver hver sin generator og restvarmen i eksosen brukes til å danne damp som driver en dampturbin, som også har sin generator.

Disse gassturbinene har stor fleksibilitet i kvaliteten på brenngassen. Hvis tilgjengelig gass ikke møter kravet til turbinene, monteres forbehandling og f.eks. kondensat (tyngre komponenter i gassen) brennes i egen kjele for dampgenerering. Således har ikke anlegget noen begrensninger i gasskvaliteten.

Gassturbiner er fleksible når det gjelder effekt, noe som gjør de godt egnet til produksjon av balansekraft da de raskt kan tilpasse strømproduksjon etter behov i nettet.

5.2. KARBONFANGSTANLEGG

Karbonfangstanlegget er basert på amin-teknologi. Dette er teknologien som har kommet lengst i modenhet og kommersiell bruk. Teknologisenteret på Mongstad (TCM) har spilt en sentral rolle i utviklingsarbeidet, og amin-teknologien er valgt for blant annet Heidelberg Materials sementfabrikk i Brevik og det planlagte fangstanlegget ved Hafslund Celsio på Klemetsrud i Oslo. Amin-teknologi blir også benyttet til karbonfangst-anlegg på Sleipner og Snøhvit, samt på oppgradering av biogass på Øra og Veas.

Etter fangst prosesseres CO₂ for injeksjon. Injeksjonsreservoaret setter kravene. Typisk vil oksygen- og vanninnholdet reduseres i forbindelse med kompresjon. CO₂ komprimeres og kjøles for å kondensere (dense phase) før den pumpes til injeksjonstrykk og injiseres i et egnet reservoar for permanent lagring.

5.3. VARMEOVERSKUDD

Enheten har et varmeoverskudd fra kjøling i dampprosessen og i karbonfangst-anlegget. Dette overskuddet kan benyttes av annen industri på Kråkøya og omegn. Varmen vil hovedsakelig være i form av varmt vann under trykk om nødvendig.

5.4. KARBONNEGATIV VERDIKJEDE MED GASSKRAFT

Enheten har mulighet til å fange CO₂ fra andre kilder enn gassturbinene. Ved å fange- og permanent lagre biogent CO₂ fra produksjon av fôrråvarer, slam og fiskeoppdrett, fjernes CO₂ ut av kretsløpet og totalløsningen kan da bli en karbonnegativ verdikjede.

6 Forutsetninger for etablering av Blå strøm

For å kunne realisere Blå strøm-prosjektet ved Kråkøya, må følgende hovedelementer på plass:

1. **Gassrør fra Haltenbanken til Kråkøya:** Det er nødvendig å etablere en rørledning som kan transportere naturgass fra offshorefeltene på Haltenbanken til landanlegget på Kråkøya. En standard Blå strøm-enhet har behov for ca. 1 million Sm³/dag.
2. **CO₂-lager og rørledning:** Det trengs en eller flere interessenter som vil etablere et CO₂-lager, inkludert en rørledning fra Kråkøya til et egnet lagringsområde offshore. Dette er avgjørende for å kunne lagre fanget CO₂ på en trygg og effektiv måte.
3. **Kraftlinjer:** Det vil måtte bygges en ny kraftlinje fra Blå strøm-anlegget til eksisterende Rørvik transformatorstasjon for distribusjon av kraften.

7 Strømpris

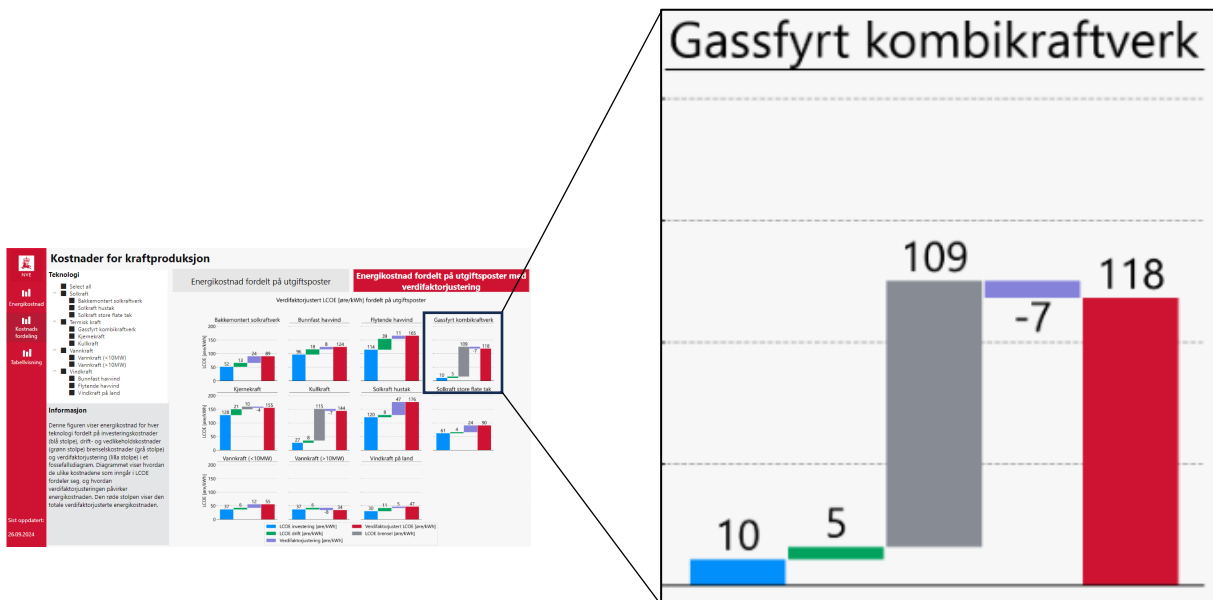
7.1. ANTAGELSER OG BAKGRUNN

Det er tatt utgangspunkt i NVE sine beregninger for strømkostnader². Følgende forutsetninger gjelder for økonomiske beregninger:

	Verdi
Gasspris	3,90 NOK/Sm ³
Avkastningskrav	6%
Kontraktslengde	25 år

I figur 6 viser NVE sine estimater av LCOE for gassfyrte kombikraftverk uten karbonfangst- og lagring på land. Der 10 øre/kWh er investeringskostnad og 5 øre/kWh er operasjonskostnad. Brenselskostnader på til sammen 109 øre/kWh består av 66 øre/kWh i gasspris og 43 øre/kWh i CO₂-avgifter. Til sammen blir dette 125 øre/kWh før NVE har lagt inn en verdifaktor på minus 7 øre/kWh, med følgende definisjon:

«**Verdifaktoren** sier noe hvor mye en produksjonsteknologi faktisk tjener på salg av strøm i kraftmarkedet sammenlignet med gjennomsnittlig kraftpris. Siden strøm må selges akkurat når den produseres, er det markedsprisen i den timen som bestemmer hvor mye et kraftverk tjener. Ulike typer kraftverk har forskjellige produksjonsprofiler gjennom døgnet og gjennom året. Samtidig varierer kraftprisen gjennom døgnet og gjennom året. Verdifaktoren måler korrelasjonen mellom kraftprisen og produksjonsprofilen. Et regulerbart vannkraftverk kan oppnå en større inntjening ved å produsere når kraftprisene er høye enn gjennomsnittet. Til sammenligning vil et vindkraftverk være nødt til å produsere når det er vindfullt, uavhengig av hva kraftprisen er. Verdifaktoren regnes ut som forholdet mellom oppnådd (produksjonsvektet) kraftpris og gjennomsnittlig kraftpris.»

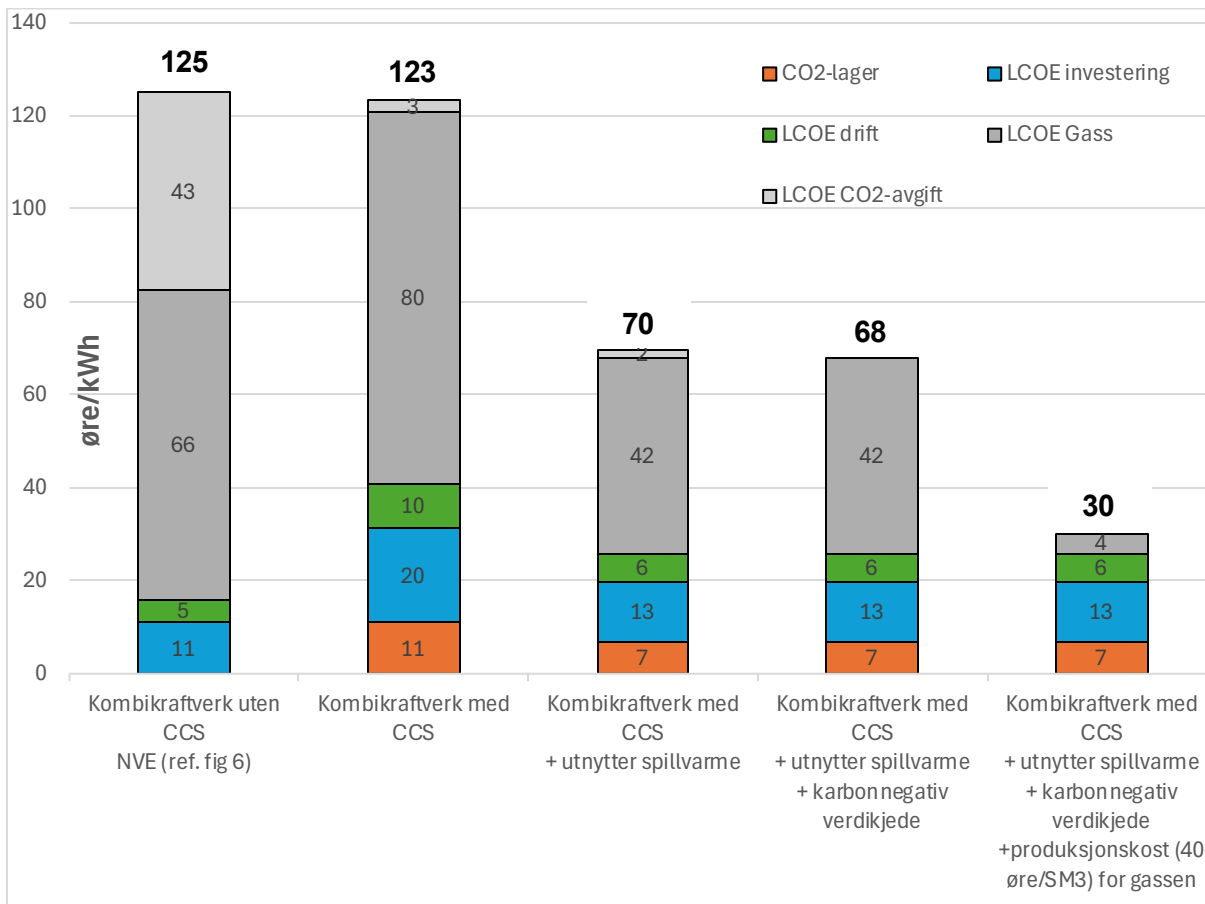


Figur 6: NVE sine estimater av LCOE for gassfyrte kombikraftverk uten CCS. Der 10 øre/kWh er investeringskostnad og 5 øre/kWh er operasjonskostnad. Brenselskostnader på til sammen 109 øre/kWh består av 66 øre/kWh i gasspris og 43 øre/kWh i CO₂-avgifter. Til sammen blir dette 125 øre/kWh før verdifaktorjustering på minus 7 øre/kWh gir en LCOE på 118 øre/kWh

² NVE – Kostnader for kraftproduksjon; [Kostnader for kraftproduksjon - NVE](#)

7.2. ANALYSE AV STRØMPRIS

Basert på tallene ovenfor fra NVE og antatte forutsetninger har vi laget følgende analyse:

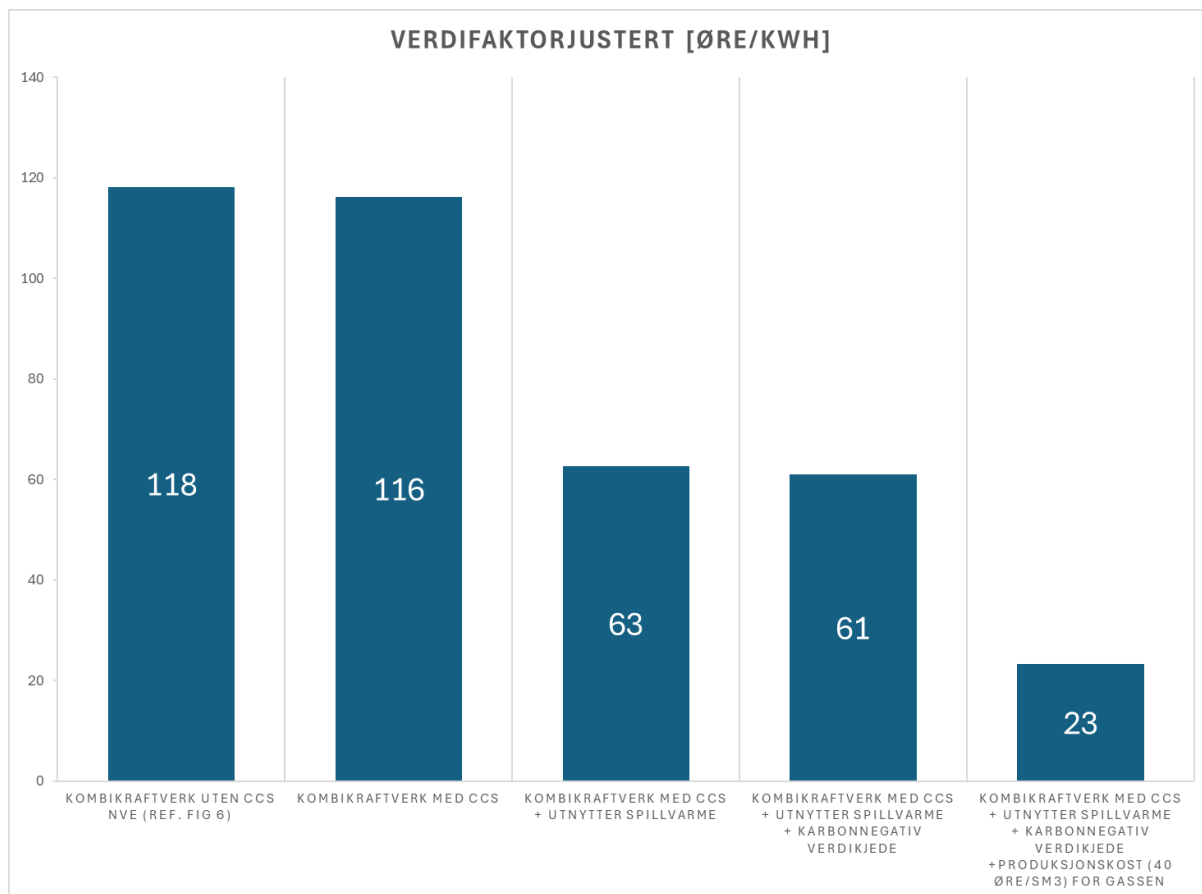


Figur 7: Analyse av strømpris med utgangspunkt i tallene fra NVE i første søyle (ref. fig. 6). Hvor man så har lagt til henholdsvis karbonfangst, utnyttelse av spillvarme og karbonnegativ verdikjede i de tre neste søylene før man i den siste søylen har antatt en produksjonskostnad av gassen på 40 øre/SM3

Søyle 1 i Figur 7 viser NVE sine tall fra figur 6 med unntak av at vi har satt CAPEX-elementet til 11 øre/kWh for at summen skal bli 125 øre/kWh. I søyle 2, har vi lagt inn kostnader for etablering av et CO2-lager, ekstra CAPEX og OPEX for et karbonfangstanlegg, lavere effektivitet da det kreves energi for å drive karbonfangsten, samt redusert CO2-avgiften med 95%. I søyle 3 har vi antatt en effektivitet på totalt 90% versus NVE sin antatte effektivitet uten utnyttelse av spillvarme på 57%. Søyle nummer 4 gir oss et lite bidrag da antagelsen her er karbonnegativ verdikjede, mens siste søyle antar en kostpris på gassen på 40 øre/SM3. På Haltenbanken er det gjort flere funn som ikke er satt i produksjon grunnet, blant annet, høye CO2-verdier. Denne gassen kan, med stor sannsynlighet benyttes i en Blå strøm enhet.

I beregningene er det antatt at enheten nedbetales i sin helhet over kontraktperioden på 25 år. Restverdien og muligheten til å flytte enheten til en annen lokasjon vil være en oppside.

NVE har, som nevnt, gjort analyser som sier noe om verdien på strømmen, såkalt «verdijustert energikostnad». For gasskraft, som er god balansekraft og kan produseres ved behov, har de estimert en fordel på minus 7 øre/kWh. Legges dette inn i alle søylene får vi strømpriser som vist i Figur 8.

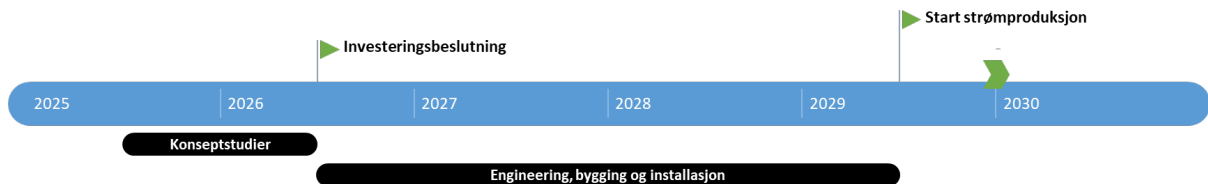


Figur 8 Strømpriser inklusiv verdifaktor for gasskraft

8 Tidsplan

8.1. IMPLEMENTERING

Implementeringstidslinjen for gasskraftverk med CCS er overordnet slik:



Figur 9

Generelt sett tar det 3 år fra investeringsbeslutningen tas til strømproduksjonen er i gang. Før denne fasen er det ofte nødvendig å gjennomføre studier som grunnlag for beslutninger.

For å sikre en vellykket implementering innen 2030, er effektive reguleringer og godkjenningprosesser for strøm og CO₂-deponering avgjørende.

8.2. LEVETID

Forventet levetid for en strømproduserende enhet strekker seg vanligvis opp mot 40 år. Disse enhetene designes normalt med en forventet levetid på 25 år, men erfaringen viser at med adekvat vedlikehold kan de holdes operative mye lengre om ønskelig. Viktige komponenter, som for eksempel gassturbiner, skiftes ut eller overhales etter behov eller faste tidsintervaller for å sikre enhetens effektivitet og funksjonalitet.