

OLJE- OG GASSFELT I NORGE

KULTURMINNEPLAN



TROLLOMRÅDET

Trollområdet ligger i den nordlige delen av Nord-sjøen, 65 kilometer vest for Kollsnes i Hordaland og omfatter Troll Øst (gass), Troll Vest (olje) og oljefeltet Fram. Havdypet i Trollområdet er over 300 meter.

Troll

Trollfeltet omfatter hovedstrukturene Troll Øst og Troll Vest i blokkene 31/2, 31/3, 31/5 og 31/6. Troll Øst inneholder mest gass, mens Troll Vest inneholder mest olje. Med utvinnbare reserver i feltet anslått til 1330 mrd. Sm³ gass og 1500 mill. fat olje, er Trollfeltet Norges største felt. Troll er også det største gassfeltet i Europa, målt i gjenværende gassressurser. Selv om det er mindre olje enn gass, kan størrelsen illustreres ved at Troll i flere år har vært det feltet på norsk sokkel der det ble utvunnet mest olje. Det er antatt at reservoarene vil kunne produsere i minst 50 år.

Blokk 31/2 ble tildelt i fjerde konsesjonsrunde i 1979, og Norske Shell ble operatør. Den første leteboringen sommeren 1979 med boreriggen Borgny Dolphin viste at det dreide seg om enorme mengder

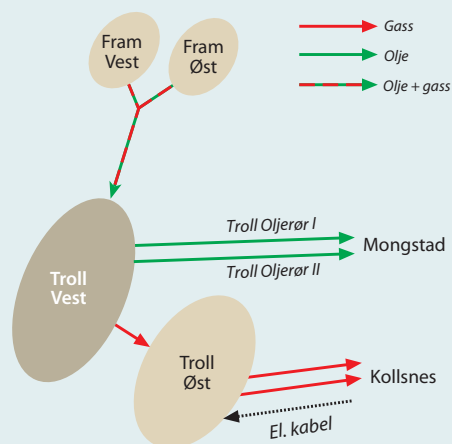


gass med en underliggende oljesone. Blokk 31/2 ble erklært kommersielt drivverdig i 1983.

Norske Shell fikk ansvaret for første fase av gassutbyggingen på Troll, men i konsesjonsbetingelsene for blokk 31/2 ble det slått fast at Statoil kunne overta som operatør åtte til ti år etter at feltet ble



Infrastruktur i Trollområdet.



erklært drivverdig. Som en følge av dette, overtok Statoil som driftsoperatør sommeren 1996.

De tre naboblokkene 31/3, 31/5 og 31/6 ble tildelt Statoil, Norsk Hydro og Saga Petroleum med Norsk Hydro som operatør.

Opprinnelig skulle Troll A-plattformen installeres på blokk 31/2 der Norske Shell og senere Statoil var operatør, men da det viste seg at de største gassreservene lå i blokk 31/6 i Troll Øst ble det besluttet å flytte gassplattformen til Troll Øst.

I 1985 ble utvinningstillatelsene samordnet i en Troll Unit med en felles styringskomité, slik at beslutninger om gassproduksjonen og oljeproduksjonen ble fattet i samme forum. Statoil ble operatør for gassproduksjonen på Troll Øst og Norsk Hydro ble operatør for oljeproduksjonen på Troll Vest. I dag er Statoil operatør for hele Trollfeltet.

Statoil er også driftsoperatør for ilandføringsrørene, mens Gassco ble operatør i 2002 på vegne av Gassled for gassbehandlingsanlegget på Kollsnes med Statoil som teknisk tjenesteyter. Forsyningstjenestene for Trollfeltet blir dekket fra Coast Center Base (CCB) på Ågotnes i Fjell kommune og Fjordbase i Florø.

De kontraktsfestede gassleveransene under Trollavtalene ble inngått i 1986 og trådte i kraft 1. oktober 1993. Produksjonen av gass fra Trollfeltet kom imidlertid ikke i gang før i februar 1996 og salgssforpliktelsene ble derfor de første årene dekket av gassleveranser fra Sleipner Øst.

Reservoar og utvinningsstrategi

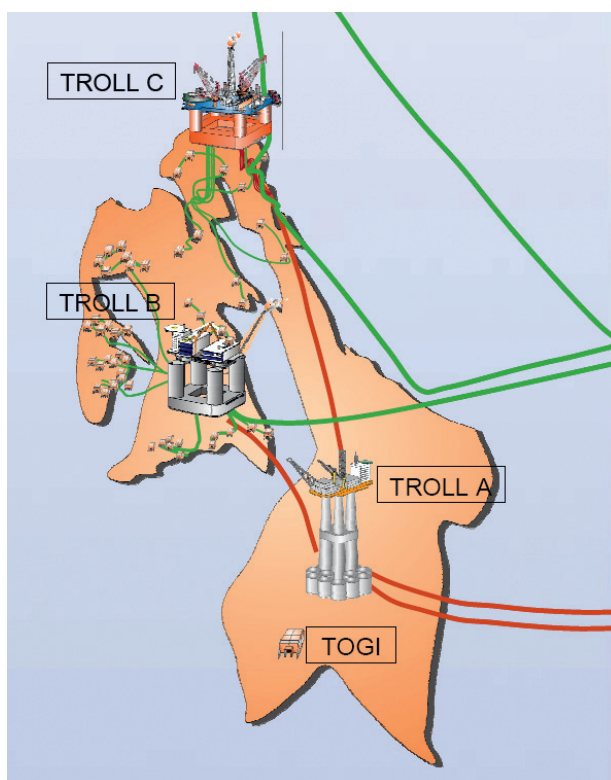
Trollfeltet dekker et område på ca. 700 kvadratkilometer. Reservoaret ligger relativt grunt, på 1.300 til 1.600 meters dybde.

Det er bygget opp av tre relativt store, roterte forkastingsblokker:

Troll Øst som inneholder mest gass med en 0-4 meter tykk oljesone under gassen.

Troll Vest olje provins har en 22-26 meter tykk oljesone under en liten gasskappe.

Troll Vest gass provins har en oljesone på 12-14 meter under en gasskappe på ca. 200 meter.



Trollfeltet med plattformer. Illustrasjon: Norsk Hydro

En regner at om lag to tredjedeler av de utvinnbare gassreservene ligger i Troll Øst.

Gassen ligger i reservoarsand fra midtre til øvre jura alder som ble avsatt for 190 til 136 millioner år siden. Reservoaret har høy gjennomstrømnings-evne, noe som gir gode produksjonsegenskaper. Gassen og oljen finnes hovedsakelig i Sognefjordformasjonen, som er bygd opp av grunnmarin sandsten. En del av reservoaret finnes også i Fensfjordformasjonen, som ligger under Sognefjordformasjonen. Det er trykkommunikasjon mellom Troll Øst og Troll Vest. Bare i Troll Vest er oljelaget så tykt at det så langt er funnet drivverdig.

Gassen i Troll Øst blir produsert ved trykkavlastning. I Troll Vest olje provins injiseres gass for å optimalisere olje produksjonen. En viktig del av strategien har vært å ta ut oljen raskt fordi en vil kunne få ut mindre olje når trykket minker i Troll Øst. Derfor har en avgrenset gassuttaket fra Troll Øst.

Blokk 31/2 - utvinningstillatelse 054. Tildelt 1979
 Blokk 31/3 - utvinningstillatelse 085. Tildelt 1983
 Blokk 31/3 - utvinningstillatelse 085C. Tildelt 2002
 Blokk 31/3 - utvinningstillatelse 085D. Tildelt 2006

Blokk 31/5 - utvinningstillatelse 085. Tildelt 1983
 Blokk 31/6 - utvinningstillatelse 085. Tildelt 1983
 Blokk 31/6 - utvinningstillatelse 085C. Tildelt 2002
 Blokk 31/6 - utvinningstillatelse 085D. Tildelt 2006

Utbyggingsløsning

Trollfeltet er bygget ut i flere faser:

Fase 1

«Troll Gass» som omfatter produksjon av gassreservene på Troll Øst fra plattformen Troll A.

Fase 2

«Troll Olje» som omfatter produksjon av oljereservene i Troll Vest fra plattformene Troll B og Troll C.

Fase 3

Gassreservene i Troll Vest vil bli utvunnet i en fremtidig fase.

Olje fra feltet Fram Vest og Fram Øst blir transportert til Troll C for prosessering og videre transport til Mongstad. Det er planer om at også produksjonen fra feltene Vega og Gjøl skal kobles til Troll C.

I 1986 ble det besluttet å injisere gass fra Troll i Osebergfeltet. Dette ble gjort for å øke produksjonstrykket slik at det ble mulig å utvinne mer olje fra Oseberg. Gassen ble produsert fra en undervannsmodule (TOGI - Troll Oseberg Gass Injeksjon) som står på Troll Øst. Denne er senere nedstengt og vil bli fjernet.

Troll Øst

Utbyggingskonseptet for Troll Øst består av tre integrerte deler, en integrert bolig-, bore- og produksjonsplattform (Troll A), to flerfaserørledninger for transport av våtgass, og et prosess- og kompresjonsanlegg på Kollsnes i Øygarden kommune nordvest for Bergen. I prosessanlegget på land blir gassen behandlet før den komprimeres og eksporteres i rørledninger til Emden i Tyskland og Zeebrugge i Belgia. Denne tredelte løsningen har forenklet dekket på plattformen, redusert bemanningen og dermed økt sikkerheten betraktelig.

Troll A-plattformen

Understellet til Troll A-plattformen ble bygget i betong av Norwegian Contractors. Den er den høyeste og den siste Condeep-plattformen som er bygget, og prosjektet markerte et høydepunkt for Condeep-konseptet. Det tok fire år å bygge det gigantiske betongunderstellet til plattformen som er 360 meter høyt. På det meste var over to tusen mennesker engasjert i byggingen som startet i 1991 i tørrdokken på Hinna ved Stavanger. I 1993 ble understellet slept til Våts nord for Stavanger og koblet sammen med ståldekket som hadde blitt bygget ved Aker Stord. Med sine 472 meter fra bunnen til toppen av flammearnet var Troll A, da den ble slept ut på feltet i 1995, det høyeste byggverket som noen gang var blitt flyttet av mennesker. Det gikk med 245.000 m³ betong og 100.000 tonn armeringsstål under byggingen. Understellet har 19 celler, og fire skaft. For å oppnå tilstrekkelig stabilitet på 300 meters dyp, er understellet senket ned i havbunnen med 36 meter høye betongskjørt. Karakteristisk for plattformen er tverrforbindelsen omtrent midt på



Troll A. Illustrasjon: Norwegian Contractors

skaftene. Den forbinder alle skaftene og utgjør en stiv forbindelse. I tillegg ga den plattformen nok oppdrift under slepet ut til feltet.

Produksjonen

Fra Troll A-plattformen er det boret 40 brønner. Hver brønn kan produsere 3,4 millioner kubikkmeter gass per dag, men ved normal drift blir produksjonen begrenset til 2,8 milliarder kubikkmeter per dag. Troll A mottar også gass fra Troll Vest gjennom egne rørledninger. Plattformen til havs og prosessanlegget på land er dimensjonert for en produksjonskapasitet på ca. 80 millioner kubikkmeter gass per dag. Dette tilsvarer en årlig produksjon på over 20 milliarder kubikkmeter.

Brønnstrømmen inneholder hydrokarboner i både gass og væskeform (kondensat) samt vann. Før gassen blir transportert til land, skilles noe av vannet og kondensatet fra i en inngangsseparator. Kondensatet tilsettes gassen i eksportledningen, mens vannet blir grundig rensert og sluppet ut i havet. For å unngå rustdannelse og at gassen fryser til is i rørledningen, tilsettes glykol. Gjenbruk av glykol skjer ved at det blir rensert og tilbakeført til plattformen fra prosessanlegget på land gjennom en mindre rørledning. De første årene av produksjonen var trykket i reservoaret høyt nok til å drive gassen de 60 kilometerne inn til land. Senere, i 2005, ble det installert kompressorer på plattformen for å opprettholde trykket i rørledningen.

Produksjonsprosessen kontrolleres fra et kontrollsentral på land. Kontrollsystemet overvåker driften av både produksjonsplattformen, rørledningene og prosessanlegget på land og består av to kontrollsløyfer, en på land og en på plattformen til havs.



Troll A. Foto: Marit Hommedal/Statoil

Disse er sammenkoblet med en fiberoptisk kabel som er integrert i forsyningskabelen for elektrisk kraft fra landanlegget til plattformen.

Troll A var den første plattformen på norsk sokkel til å få all elektrisk kraft overført fra land. Strømfor- syning kommer fra landanlegget på Kollsnes via tre strømkabler.

Troll Øst

Utvinnbare reserver totalt	1309,0 mrd. Sm ³ gass 25,7 mill. tonn NGL 1,6 mill. Sm ³ kondensat
Gjenværende 31.12.2010	942,0 mrd. Sm ³ gass 20,8 mill. tonn NGL

Funnår	1983
Godkjent utbygget	15.12.1986
Produksjonsstart	09.02.1996

Operatør	Statoil
Driftsorganisasjon	Bergen
Hovedforsyningsbase	Ågotnes

Rettighetshavere

Petoro	56,00 %
Statoil	30,58 %
AS Norske Shell	8,10 %
Total E&P Norge AS	3,69 %
ConocoPhillips	1,62 %

Kollsnes gassanlegg

Eier	Gassled
Operatør	Gassco
Teknisk driftsansvarlig	Statoil



Kollsnes. Foto: Dag Myrestrand/Statoil

Rørledningene

En av de største utfordringene i forbindelse med utbyggingen av Troll Gass var å utvikle ny flerfase-teknologi som gjorde det mulig å transportere våtgass gjennom rørledninger over lange avstander. Under transporten fra plattformen til ilandførings-terminalen kjøles gassen ned av sjøtemperaturen, noe som fører til at vanndamp og kondensat går over i væskefase. Ved stans i produksjonen kunne denne væsken samle seg og danne væskeplugg, som når produksjonen startet igjen, måtte fanges opp i en spesiell tank på land. Etter nitid forskning og utvikling ble det mulig å forutsi antall, lokalisering og størrelse på væskeansamlingene og gi et bedre grunnlag for dimensjonering av rørledninger og væskefanger. For å kontrollere og måle rustdannelse i røret ble det også utviklet måleinstrumenter, såkalte «intelligent pigs» som blir sendt med gassen i røret. Flerfaseledningene fra Troll til Kollsnes er 63 kilometer lange. Havbunnen utenfor Øygarden er kupert og vanskelig å forsere med de to 36 tomme tykke rørledningene, og derfor ble disse lagt i tunnel de siste tre kilometerne inn til land.

Prosessen på land

I landanlegget på Kollsnes i Øygarden gjennomgår våtgassen fra Troll en tørkeprosess slik at den

bare inneholder mindre mengder vanndamp. Ved trykkreduksjon og nedkjøling skilles de tyngre delene av gassen ut i væskeform, og deretter komprimeres gassen for å kunne transporteres de 1.100 kilometerne til kontinentet. Kondensatet som blir skilt fra gassen, transporteres videre i rørledninger, dels til Stureterminalen og dels til Mongstad.

I 1999 ble det besluttet at gassen fra Kvitebjørn skulle føres i land på Kollsnes. Gassen fra dette feltet har en sammensetning som gjør den velegnet for viderebehandling til oppgraderte produkter. Med utgangspunkt i beslutningen om ilandføring, er det bygget en ny fabrikk for ekstraksjon av våtgass fra den rike gassen fra Kvitebjørn og Visund. Gass fra Visund-feltet ilandføres til Kollsnes via en rørledning til Kvitebjørn. Gjennom Vestprosess-rørledningen er anleggene på Kollsnes knyttet til anleggene på Mongstad, der våtgass fra Kollsnes fraksjonerer til propan, butan og nafta. Fra Kollsnes eksporteres gass gjennom rørledningene Zee-pipe IIA og IIB til Sleipner og Draupner, og derfra videre til kontinentet og eventuelt Storbritannia. Etter oppgraderingen er kapasiteten 143 mill. Sm³ tørrgass per dag og 9780 Sm³ kondensat per dag. For at anlegget skal kunne levere denne mengden gass, ble en ny eksportkompressor satt i drift fra i oktober 2006.

Troll Vest

Oljen i Troll Vest blir produsert via havbunnsrammer som er koblet til plattformene med rørledninger.

Produksjon av olje fra Troll Vest startet opp 19. september 1995.

Plattformen Troll B produserer olje fra oljeprovinsen i Troll Vest og Troll C produserer olje fra gassprovinsen i Troll Vest. Troll C-plattformen prosesserer også produksjonen fra Framfeltet.

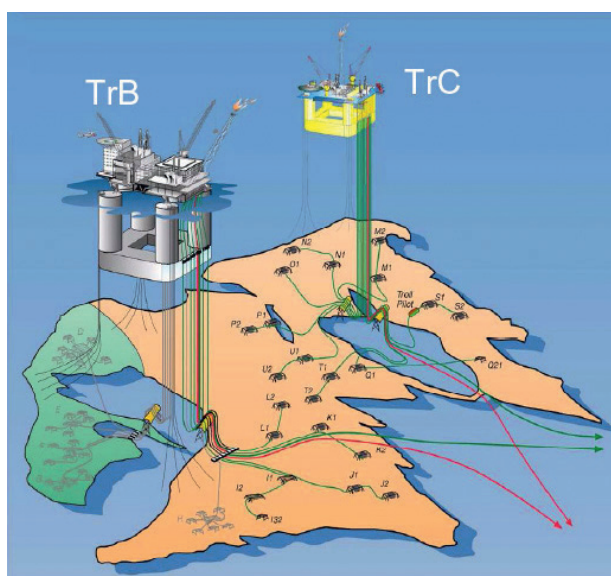
Transport

Det er lagt to oljerørledninger fra Troll Vest til oljeterminalen på Mongstad. Troll Oljerør I transporterer oljen fra Troll B og Troll Oljerør II fra Troll C-plattformen til oljeterminalen på Mongstad. Gasseksport fra Troll Vest skjer via rørledninger fra både Troll B og Troll C til Troll A.

De teknologiske utfordringene knyttet til å produsere oljen i Trollfeltet var særlig knyttet til tre forhold.

1. Oljen befinner seg i et tynt oljeførende lag.
2. Det oljeførende laget har en meget stor utstrekning.
3. Havdypet er på om lag 340 meter, noe som i det tidsrommet Trollfeltet ble planlagt utbygget, var vurdert å være teknologisk krevende.

Da arbeidet med planene for utviklingen av Trollfeltet startet i begynnelsen av 1980-årene, fantes det ikke teknologi som kunne gjøre det lønnsomt å produsere oljen. For å få økonomi i boreoperasjonene



Troll B og C på Troll Olje, med havbunnsinstallasjoner.
Illustrasjon: Norsk Hydro

ble det klart at en måtte bore horisontale brønner med stor presisjon og over lange avstander. I 1989 boret Hydro den første horisontalbrønn på norsk sokkel. Ved hjelp av avansert horisontalboring og nye teknologiske løsninger ble det som først bare var et gassfelt, til et av de største oljeproduserende feltene på norsk sokkel med en gjennomsnittlig produksjon på over 400.000 fat per døgn.

Senere er det boret flere grenbrønner som gjør det mulig å nå større deler av reservoaret. Omtrent halvparten av alle avanserte grenbrønner i verden er boret på Trollfeltet.

Troll Vest

Funnår	1979
Utvinnbare reserver totalt	1572,5 mill. fat olje
Gjenværende 31.12.2010	230,2 mill. fat olje
Godkjent utbygget	18.05.1992
Produksjonsstart	19.09.1995
Operatør	Statoil
Driftsorganisasjon	Bergen
Hovedforsyningsbase	Ågotnes
Rettighetshavere	
Petoro	56,00 %
Statoil	30,58 %
AS Norske Shell	8,10 %
Total E&P Norge AS	3,69 %
ConocoPhillips	1,62 %

Troll B

Kværner Concrete Construction var den sentrale nøkkelleverandør for understelet til Troll B som var den første halvt nedsenkbare flytende plattformen i betong. Vanndybde er 325 meter.

Plattformen er koblet til syv havbunnsrammer med til sammen 56 oljeproduserende brønner og en gassinjektor. Brønnene er boret både i oljeprovinsen og i gassprovinsen. I prosessanlegget på plattformen blir oljen separert og stabilisert, og eksportert gjennom Troll Oljerør I til oljeterminalen på Mongstad. Assosiert gass blir eksportert via Troll A-plattformen på Troll Øst. Produsert vann blir rensert og dumpet i sjøen. Foruten prosessanlegget inneholder også plattformen boligkvarter, men ikke boreutstyr.

Troll B ble installert på feltet i september 1995. Produksjon av olje fra oljeprovinsen startet den 19. september 1995 og fra gassprovinsen i november 1995.



Troll B. Foto: Terje S. Knudsen/Statoil



Troll C. Fotograf: Terje S. Knudsen/Statoil

Troll C

Den flytende produksjonsplattformen Troll C ble satt i drift den 1. november 1999. Den produserer fra den nordlige del av gassprovinsen. I prosessanlegget blir oljen separert og stabilisert før eksport gjennom Troll Oljerør II til terminalen på Mongstad. Gassen sendes gjennom rørledning til Troll A-plattformen. Til Troll C er det koblet åtte havbunnsrammer med 49 oljeproduserende brønner. Foruten prosessanlegget inneholder også plattformen boligkvarter, men ikke boreutstyr. Plattformen er bygget i stål.

Olje fra feltet Fram Vest og Fram Øst blir transportert til Troll C for prosessering og videre transport til Mongstad. Det er planer om at også produksjonen fra feltene Vega og Gjølå skal kobles til Troll C.

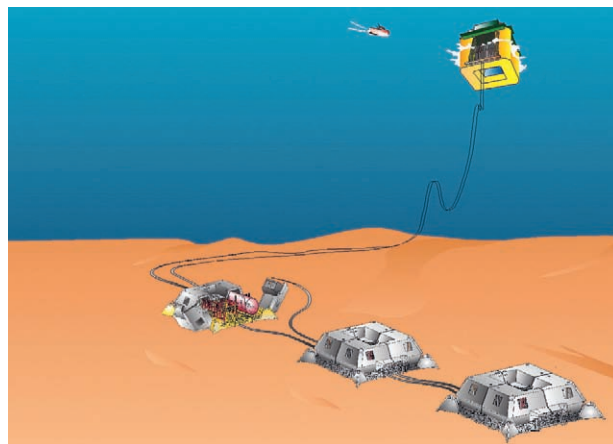
Troll Pilot

Som det første oljeselskapet i verden, installerte Norsk Hydro i 2000 et avansert prosessanlegg på havbunnen. Dette representerer et stort fremskritt når det gjelder å flytte plattformfunksjonene ned til havbunnen. Troll Pilot ble skapt i samarbeid med ABB Offshore Systems.

Troll Pilot er et anlegg på 340 meters dyp for separasjon og reinjeksjon av produsert vann. Pro-

sessutstyret består av en undervannsseparator, en vanninjeksjonspumpe og et ventiltre for vanninjeksjon. Det skiller ut vann fra brønnstrømmen og sender vannet ned i grunnen igjen uten at det først tas opp til overflaten. Oljen sendes til Troll C. Denne nye teknologien gjør utbyggingen mer miljøvennlig og reduserer produksjonskostnadene gjennom lavere forbruk av energi.

Denne teknologien var svaret på den utfordringen Hydro stod overfor da det gjaldt å håndtere produsert vann fra de tynne oljelagene i Trollreservoaret.



Troll Pilot. Illustrasjon: Norsk Hydro

Brønnstrømmer kan inneholde så mye som 60–80 prosent vann. Når behovet for vannseparasjon på plattformen fjernes, blir det frigjort kapasitet til å

produsere og behandle mer olje. Troll Pilot har en kapasitet til å behandle 8.000 kubikkmeter væske og kan injisere inntil 6.000 kubikkmeter vann per dag.

Fram

Fram er et oljefelt som ligger i den nordlige delen av Nordsjøen 20 kilometer nord for Troll, på om lag 350 meters havdyp. Feltet er delt i Fram Vest og Fram Øst.

Reservoar og utvinningsstrategi

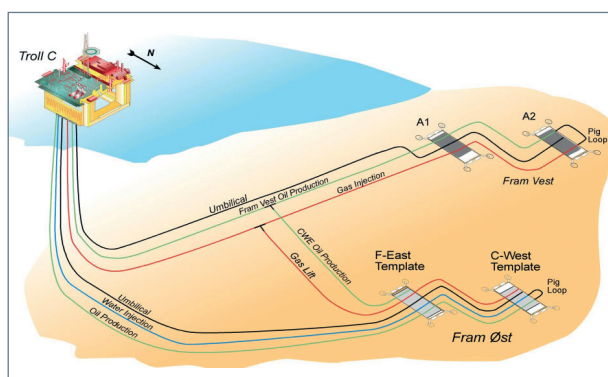
Reservoarene i Fram Vest og Fram Øst består av turbidittsandsten i Draupneformasjonen og grunnmarine sandstener i Sognefjordformasjonen av senjura alder, og sandsten i Etiveformasjonen av mellomjura alder.

Produksjonen fra Fram Vest-reservoaret foregår med injeksjon av gass som trykkstøtte.

Når det gjelder Fram Øst, blir reservoaret i Sognefjordformasjonen produsert med vanninjeksjon fra Troll C som trykkstøtte og med gassløft, mens reservoaret i Etiveformasjonen vil produsere med ekspansjon fra gasskappen. Produksjonsperioden for Fram er avhengig av levetiden for Troll C.

Transport

Brønnstrømmen fra Fram blir transportert i rør til Troll C og prosessert der. Oljen går videre til Mongstad gjennom Troll Oljerør II. Gass som ikke blir injisert, blir eksportert via Troll A til Kollsnes.



Fram Øst. Illustrasjon: Norsk Hydro

Utbyggingsløsning

Utbyggingen av Fram Vest omfatter to havbunnsrammer med til sammen fem oljeproduiserende brønner og en gassinjektor som er knyttet til Troll C. På Troll C blir gassen skilt fra væsken og injisert tilbake i reservoaret i Fram Vest.

Utbyggingen av Fram Øst omfatter to havbunnsrammer som er knyttet til Troll C. Det er planlagt til sammen fem produksjonsbrønner og to vanninjeksjonsbrønner.

Fram

Blokk	35/11
Utvinningsstillatelse	090
Tildelt	1984

Utvinnbare reserver totalt	168,6 mill. fat olje
	8,7 mrd. Sm ³ gass
	0,5 mill. tonn NGL
Gjenværende 31.12.2010	45,3 mill. fat olje
	7,3 mrd. Sm ³ gass
	0,4 mill. tonn NGL

Operatør	Statoil
Funnår	1992

Fram Vest godkjent utbygget	23.03.2001
Produksjonsstart Fram Vest	02.10.2003
Fram Øst godkjent utbygget	22.04.2005
Produksjonsstart Fram Øst	30.10.2006

Driftsorganisasjon	Bergen
Hovedforsyningsbase	Mongstad

Rettighetshavere

Statoil	45,00 %
ExxonMobil	25,00 %
Gaz de France Norge AS	15,00 %
Idemitsu Petroleum Norge AS	15,00 %