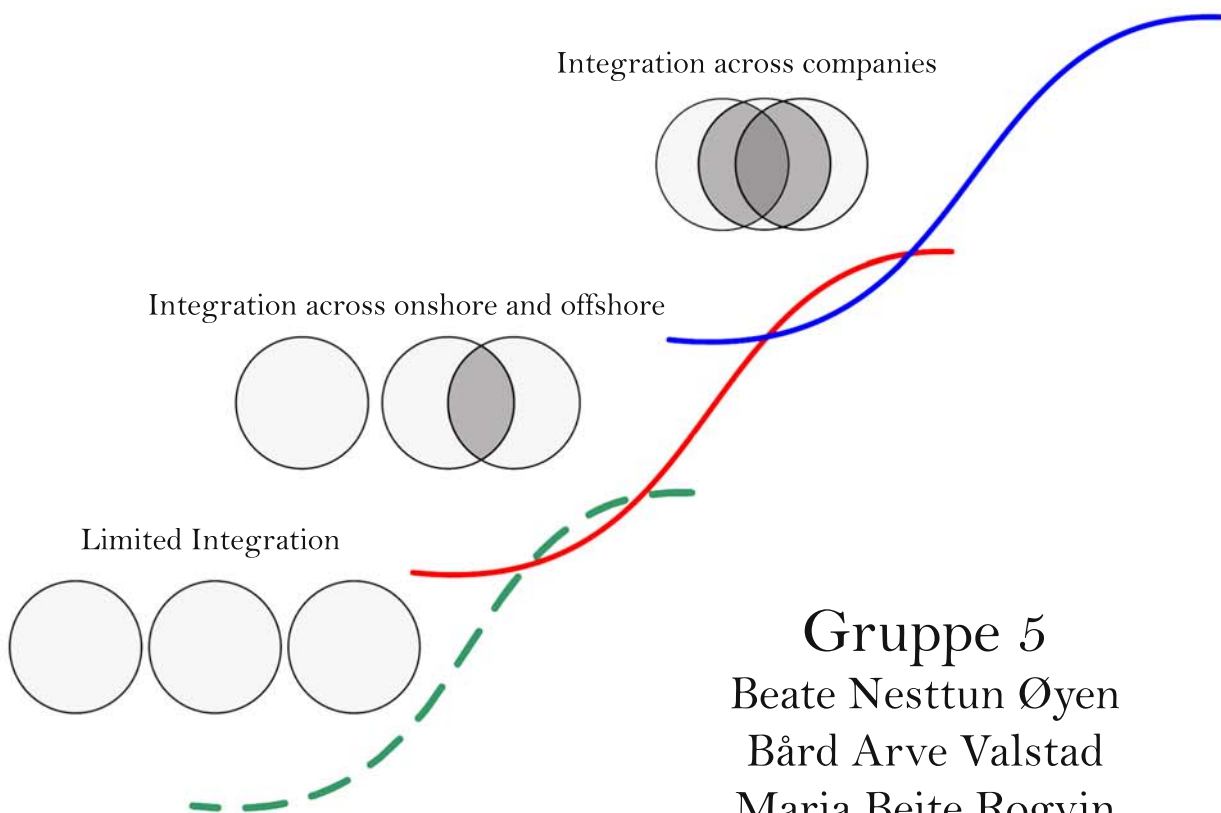


Økt utvinning ved hjelp av integrerte operasjoner

Wired Drill Pipe på Gullfaks



Gruppe 5
Beate Nesttun Øyen
Bård Arve Valstad
Maria Beite Rogvin
Trond Aarnes Søgård
Hans Kristian Veia

Forord

Gullfakslandsbyen

Gullfakslandsbyen er et samarbeidsprosjekt mellom NTNU og StatoilHydro, der målsetningen er å øke utvinningsfaktoren på Gullfaksfeltet med 10%. Landsbyen ble for første gang arrangert i 2000, og siden den gang har mange nye og kreative løsninger på oppgaven kommet. Da feltet ble startet opp 1986 ble utvinningsgraden estimert til 46.5%, mens per 2008 er ambisjonen hele 70%. Om en kan takke studentene for dette er usikkert, men ideene og løsningene fra unge hoder sies å komme godt med i StatoilHydros strategi for å øke produksjonen ytterligere.

I år er atter en gang en gruppe studenter samlet i denne landsbyen, med professor Jon Kleppe som landsbyhøvding. 30 studenter fordelt på seks grupper jobber med ulike oppgaver for å øke utvinningsfaktoren med ny og utradisjonell teknologi. Vår gruppe har valgt å vurdere Wired Drill Pipe (senere omtalt som WDP) på Gullfaks, som et ledd i Integrerte Operasjoner. Vi ser nytten av større mengde måledata fra borehullet som en mulig faktor for å knytte samarbeidet mellom flere instanser tettere sammen for å nå målet med optimaliserte brønnbaner, og dermed reduserte borekostnader.

Vi vil gjerne takke landsbyleder Jon Kleppe, forsker Jan Ivar Jensen, professor Sigbjørn Sangesland og StatoilHydro ved Knut Müller som har gjort det mulig for oss å skrive denne oppgaven.

Sammendrag

I denne rapporten har vi gjort en evaluering av nytteverdien ved innføring av Wired Drill Pipe på Gullfaks i et IO-perspektiv. Vi har sett på teknologien bak denne nyvinningen, hvilke muligheter denne kan bringe med seg, hvorfor WDP kan og bør benyttes i visse sammenhenger og om det er økonomisk forsvarlig å benytte seg av denne nye teknologien. WDP har vært tilgjengelig som en kommersiell løsning i 2 år, og skepsis i bransjen kan derfor være berettiget, da det hele tiden er snakk om enorme kostnader dersom utstyr ikke fungerer.

Etter flere års utvikling og testing, samt over 40 brønner boret kommersielt, har WDP så langt vist seg å være pålitelig. Et ankepunkt er kanskje at en dataoverføringshastighet på 57600 bits per sekund som nå tilbys er en del lavere enn hastigheten på 1 MB som har blitt satt som foreløpig kapasitet på produktet, men det er uansett 5000-10000 ganger hastigheten til dagens mudpulssystem. Uansett er det på områder rundt WDP at de neste store fremskrittene ligger. Måleinstrumenter som er bedre tilpasset mulighetene for økt bitrate i dataoverføringen, bedre fremstilling av målt data, økt utdanning av operatører og tilretteleggelse for overføring av data fra rigg til samhandlingsrom på land, er alle punkter som bør fokuseres på i den videre utviklingen av WDP som et verktøy for å få utnyttet jordas olje- og gassreserver på best mulig måte. Mange reservoar som tidligere har blitt sett på som umulige å bore, kan nå være mulig å nå ved bruk av WDP i sammenheng med metoder som for eksempel MPD.

Innhold

1	Innledning	1
1.1	Problemstilling	1
1.2	Mål	1
1.3	Hva er Integrerte Operasjoner	1
2	IntelliServ nettverket	3
2.1	Systemet består av følgende komponenter	4
3	MWD & LWD	7
3.1	Measurement While Drilling (MWD)	7
3.2	Logging While Drilling (LWD)	7
3.3	Mudpuls telemetri	8
3.3.1	Signalgenerering	8
3.3.2	Ulike mudpulser	8
4	Muligheter ved innføring av WDP	10
4.1	Forbedret styring	10
4.2	Bakoverkompatibel	11
4.3	Ikke avhengig av å sirkulere	11
4.4	Kick og tappt sirkulasjon	11
4.5	Bedre kontroll over hele brønnen	12
4.6	Optimalisering av bit performance og ROP	12
4.7	Feilsøking og oppdatering av software	13
4.8	Spesielt egnede bruksområder	13
5	MPD - Managed pressure drilling	14
5.1	Introduksjon	14
5.2	Boring med kontrollert trykk	14
5.3	MPD kategorier	15
5.4	Variasjoner av MPD	15
5.5	Estimering av trykk i CBHP-metoden	16
5.6	WDP og MPD	17
6	SWD – Seismic While Drilling	18
6.1	Introduksjon	18
6.2	SWD og WDP	18
7	Hydros testing av WDP på Trollfeltet	20
7.1	Forberedelse	21
7.2	Gjennomførelse	21
8	WDP på Visund	23

9	Nytte av WDP på Gullfaks	26
9.1	Depletert reservoar	26
9.2	Trykksoner og forkastninger	27
9.3	Extended Reach Drilling (ERD)	27
9.3.1	Utfordringer knyttet til ERD	27
9.3.2	Gulltopp	28
10	Nødvendig utvikling	29
10.1	IO- utvikling	29
10.2	Vente?	30
11	Økonomiske betraktninger	32
11.1	Redusert boretid	32
11.2	Et lite regnestykke	32
11.3	Monopol	32
11.4	Bedre brønn	33
12	Pålitelighet	34
13	Forbedringer	36
13.1	StatoilHydro sin visjon for WDP	36
14	Konklusjon	38
A	Kilder	40
B	Symbol	41

1 Innledning

Vår overordnede oppgave er å se på IO- tiltak på Gullfaksfeltet. Med dette i tankene var vi enige om å prøve vinkle oppgaven inn mot boring for å få oppgaven mest mulig tverrfaglig, og benytte kompetansen innen boring i gruppen. Dette viste seg å være verre enn vi trodde. Men etter mye om og men og samtaler med professorene Jon Kleppe og Sigbjørn Sangesland fra NTNU og Knut Müller fra StatoilHydro, endte vi opp med å skrive om WDP. Ut fra denne vinklingen har vi valgt ut en del underpunkter.

1.1 Problemstilling

- Teknologiske utfordringer
- Utfordringer knyttet til databehandling
- Hvordan vil innføring av WDP endre boreprosessen.
- Styling og logging (MWD & LWD) med sanntidsdata, hvilke nye fordeler gir dette oss.

1.2 Mål

Målet med oppgaven blir å se om WDP bør innføres på Gullfaks, og i så måte må vi se på om dette kan være med på å effektivisere boreprosessen. Boring koster i overkant av 1,5 millioner per dag på Gullfaks. Dersom det er mulig å spare tid, kan man spare mye penger.

1.3 Hva er Integrerte Operasjoner

“E-drift eller integrerte operasjoner innebærer bruk av informasjonsteknologi til å endre arbeidsprosesser for å oppnå bedre beslutninger, til å fjernstyre utstyr og prosesser og til å flytte funksjoner og personell til land.” –Stortingsmelding Nummer. 38 (2003-2004)

En ny tilnærming for å løse de utfordringer som oppstår ved å ha personell, leverandører og systemer onshore og offshore er innføringen av integrerte operasjoner. Dette er en prosess som er igangsatt både ved alle StatoilHydros kontorer, og andre leverandør- og oljeselskaper. Slik mange forstår det er integrerte operasjoner et samarbeid mellom personell på land og ute på boreriggen, men begrepet omhandler mer enn dette. Den nye informasjonsteknologien danner grunnlaget for hvordan nye og mer effektive former for samarbeid kan finne sted. Det er store avstander i oljebransjen, både mellom boreriggen og støttesentrene på land, mellom ekspertisen innad i en organisasjon, og mellom service-selskap og oljeselskap. Å ha mulighet til å sende sanntidsdata til flere instanser fjerner de barriadene som er i dag, og kommunikasjon blir lettere. Avgjørelser kan tas der og da, og hindringer som tid og sted forsvinner.

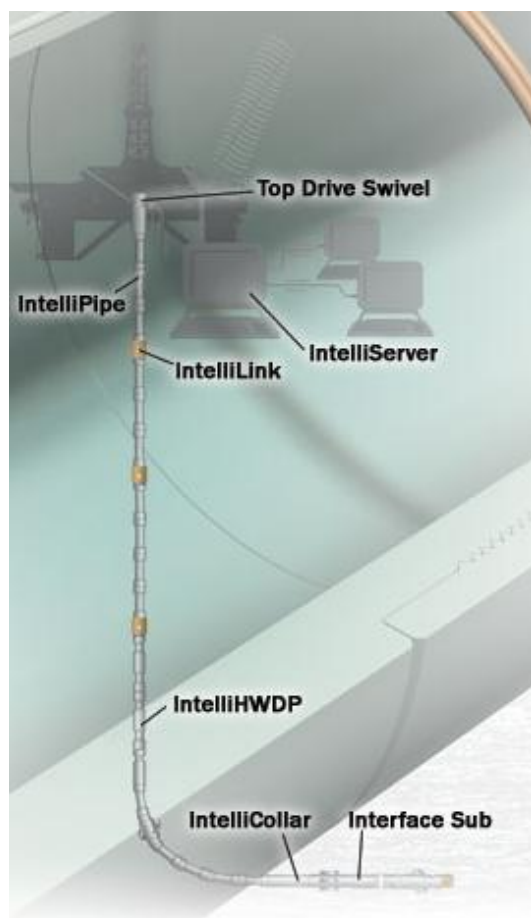
WDP muliggjør i større grad optimalisering av boreparametre som WOB og RPM på bakgrunn av ekte sanntids tilbakemelding fra borehullet. Det er en rekke gevinster ved Integrerte Operasjoner, som:

- Forebedret HMS
- Mer effektive boreoperasjoner
- Bedre plassering av brønner
- Produksjonsoptimalisering
- Økt utvinning
- Bedre reservoar- og produksjonsstyring
- Bedre overvåkning av utstyr og mer effektivt vedlikehold
- Bedre ressursutnyttelse
- Økt regularitet

[3]

2 IntelliServ nettverket

I dag finnes det foreløpig bare en leverandør av WDP, og dette er Grant Pridecos underselskap IntelliServ. De er de første til å introdusere industrien for en borestreng med høyhastighets telemetrisystem som leverer store mengder data i sanntid. Dette gjennombruddet forandrer borestrengen til et avansert informasjonsverktøy som tillater to-veis kommunikasjon fra boreriggen og ned til borekronen. WDP muliggjør forbedret boreeffektivitet og utførelse, forbedret brønnkontroll og sikkerhet, redusert boretid, og derfor kostnader, og til slutt muliggjør den tidligere utilgjengelig "while drilling services".



Figur 1: IntelliServ systemet

IntelliServ nettverket er et åpen-arkitektur system som tillater alle nedihulls redskaper å tilkobles, uavhengig av leverandør. Et ubegrenset antall verktøy kan tilkobles borestrengen, alt fra standard inklinasjon og azimuth, til mer avanserte petrofysiske loggeverktøy,

og kanskje i fremtiden seismikk under boring-verktøy (seismic-while-drilling).

2.1 Systemet består av følgende komponenter

Topdrive Swivel

Nøkkekomponent i IntelliServ nettverket som sender data fra den roterende borestrengen, og til dataprosesseringsenheten på boredekket. Komponenten er installert på nedre ende av Topdrive assemblyet, og muliggjør dataflyt til og fra dataprosesseringskomponenten og ned til borekronen.

IntelliServer – datainnsamlingsenhet

Denne komponenten overfører data- og verktøykommandoer til og fra lokal- og fjernbrukere i sanntid. Via Ethernet kan flere brukere kobles til serveren samtidig, noe som tillater at uavhengige leverandører kan kommunisere med sine verktøy på samme tid.

Interface sub

Interface subs oppfører seg som innfallsport til WDP mellom nedihullsverktøy som MWD, LWD og RSS og resten av borestrengen. Denne komponenten tillater dagens nedihullsverktøy å kobles på WDP.

IntelliLink noder

Siden overføringen fra ett rør til det neste er via en induktiv kobling får man en signalreduksjon. Dette kompenseres for ved at en ved ca. 500 meters avstand plasserer noder som har som hensikt å forsterke signalet på vei opp borestrengen. I tillegg gir disse nodene mulighet for "along hole" - målinger, noe som tidligere ikke har vært mulig. Disse nodene er drevet av batterier som har en levetid på cirka 60 dager, og per i dag kan de måle temperatur i borehullet.

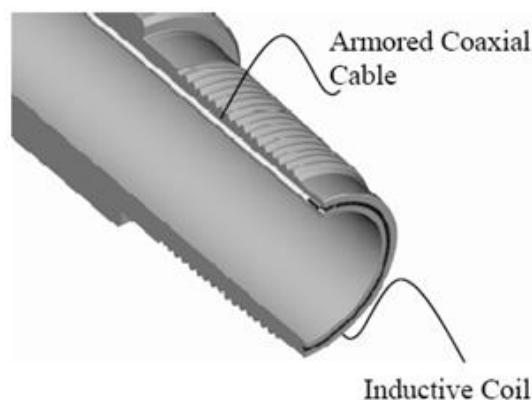
IntelliPipe, IntelliHWDP, IntelliCollar

Selve kommunikasjonsleddet mellom borekronen og overflaten. Hver rørenhet er utstyrt med en høyhastighets datakabel langs den indre diameteren, som ved hjelp av en induktiv kobling i rørkoblingen tillater rørenhetene å kommunisere seg i mellom. Datakabelen er koaksial, og ligger inne i et trykkforseglet ledningsrør langs borerøret. Den induktive spolen ligger i pin nose (se figur 2), og korresponderer med den sekundære skulderen på hver kobling. Det at koblingen er sirkulær gjør at en ikke trenger spesiell sammenkobling under make-up.

[4]

Induktive koblinger

Induktive koblinger brukes i overføring av elektrisk kraft eller elektroniske signaler gjennom stasjonære, roterende eller bevegelig utstyr uten at det er kontakt i koblingen. Koblingene overfører signalene fra den ene komponenten til den andre gjennom et delt magnetisk felt med gjensidig induktans. Induktive elektriske og elektroniske koblinger brukes



Figur 2: Induktive Koblinger

som et alternativ til sleperinger i roterende utstyr. En slepering er en roterende elektromagnetisk kobling. Den brukes for å overføre elektrisitet, enten for drift eller signaler, til eller fra en roterende del. Den er bygget opp av en eller flere ledende ringer på én del, og kontakter eller børster i kontakt med ringen på den annen del. Disse er utsatt for slitasje på grunn av friksjon, og dette kan medføre støy på signal, tap av data eller svikt i systemet. Vi ser på to spoler vunnet oppå hverandre (som i overføringen i WDP), der hver spole har lengde l og radius r . Den nedre spolen har N_1 vindinger per lengdeenhet, og strømmen I_1 går gjennom spolen. Den magnetiske fluksen som går gjennom hver vinding i den øvre spolen er da gitt ved $\mu_0 N_1 \pi r^2$, og den totale fluksen i den øvre spolen er derfor gitt ved $\Phi_2 = N_2 l \mu_0 N_1 I_1 \pi r^2$ der N_2 er antall vindinger per lengdeenhet i den øvre spolen og μ_0 er permeabiliteten i fritt rom med verdi $4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{H}}{\text{m}}$. Den gjensidige induktansen for de to spolene, defineres da som $\Phi_2 = M I_1$ der M er gitt ved

$$M = \mu_0 N_1 N_2 \pi r^2 l$$

selvinduktansen til den nedre spolen er

$$L_1 = \mu_0 N_1^2 \pi r^2 l$$

og for den øvre spolen er den

$$L_2 = \mu_0 N_2^2 \pi r^2 l$$

så den gjensidige induktansen kan skrives $M = \sqrt{L_1 L_2}$.

Denne sammenhengen antar at all fluks som produseres av den ene spolen går gjennom den andre spolen. I realiteten vil noe av fluksen lekke ut, slik at den gjensidige induktansen er noe mindre. Den kan derfor skrives $M = k \sqrt{L_1 L_2}$ der k kalles koblingens koeffisient og $0 \leq k \leq 1$. Så dersom koblingene i WDP ikke ligger direkte ovenfor hverandre, vil signalet svekkes i overføringen. Dersom de to spolene har motstand R_1 og R_2 , og den nedre spolen har en strøm I_1 gjennom seg og et totalt spenningsfall V_1 , så er spenningsfallet

på grunn av motstanden $I_1 R_1$. Spenningsfallet som følge av det elektromagnetiske feltet grunnet selvinduktans er $L_1 \frac{dI_1}{dt}$. Spenningsfallet i nedre spole grunnet gjensidig induktans er gitt ved $-M \frac{dI_2}{dt}$. Ligningen for kretsen som inneholder første spole blir derfor

$$V_1 = R_1 I_1 + L_1 \frac{dI_1}{dt} + M \frac{dI_2}{dt}. \quad (1)$$

Og for kretsen som inneholder andre spole:

$$V_2 = R_2 I_2 + L_2 \frac{dI_2}{dt} + M \frac{dI_1}{dt}. \quad (2)$$

Dette blir da overføringene mellom de to spolene for to-veis kommunikasjonen i WDP. [7]

3 MWD & LWD

3.1 Measurement While Drilling (MWD)

Measurement While Drilling (MWD), er nedihulls måleverktøy og kommunikasjon mellom borekronen og BHA til overflaten. Det første MWD verktøyet kom allerede på 60-tallet, og besto av et inclinometer (måler inklinasjon). Senere har det kommet mange nye MWD verktøy, og det er stadig utvikling og forbedring på dette området. Noe av det MWD verktøyet kan utrette i dag er listet under:

- Måle retning (Azimuth) og inklinasjon av hullet med akselerometer og magnetometer
- Muliggjør orientering eller styring av nedihulls boreverktøy (mudmotor, whipstocks, RSS)
- Har mekanisme for å sende nedihulls data til overflaten (mudpulser, modulator)
- Kan utrustes med Gamma Ray og mekaniske måleverktøy (Torque, WOB, Drag, RPM etc.)
- Gir kraftforsyning til Logging While Drilling (LWD) verktøy

3.2 Logging While Drilling (LWD)

LWD er måling av petrofysiske egenskaper mens man borer. LWD har gjennom historien prøvd å kopiere eller nærme seg wireline. Wireline er kablingen som brukes for å senke ned utstyr og måleutstyr som brukes under brønnintervensjon. Det finnes flere typer "wire", alt etter som hva du trenger. Den enkleste er slickline, som er en enkel glatt streng. Trenger du å ha ledning ned til verktøyet du har på strengen må du bruke en electricline (braided line), som er en ekte vaier med en elektrisk kabel på innsiden. Før LWD ble innført var det vanlig å gjøre wireline målinger ofte under og etter boring. Wireline blir nå sjeldnere brukt under boreoperasjoner til fordel for LWD. Mens wireline har stått ganske stille de siste årene, har LWD kommet langt for å tette forskjellen mellom dem.

Wireline

- Data er direkte dybde relatert ved måling av lengde på kabel

LWD

- Verktøy kjenner ikke dybde, bare overflatesystemene kjenner dybden
- Verktøyene måler data relatert til tid
- To innsamlingsteknikker, sanntids og lagring i minne

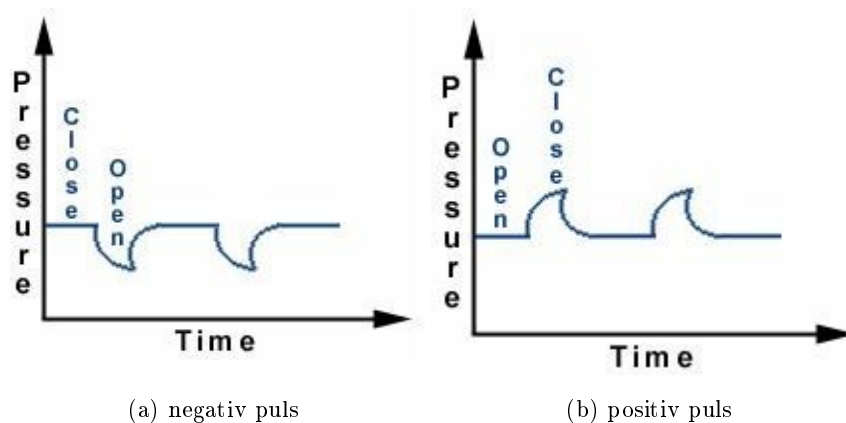
Utviklingen går i retning av å få flere og mindre, men samtidig robuste nedihulls verktøy. Samtidig tilstrebes det å ha verktøyene så nært borekronen som mulig, for å få mest mulig ekte sanntidsmålinger.

Negative pulser

Negative pulser genereres ved at en reduserer standpipetrykket. Dette gjør en ved å om-dirigere slam fra innsiden av borestrengen og ut til annulus ved hjelp av en utslippsventil. Dette trykktapet vil en kunne merke på overflaten.

Positive pulser

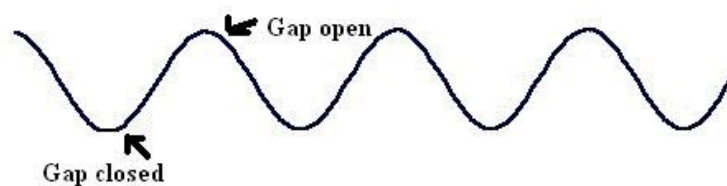
Positive pulser genereres ved at en blokkerer for slamstrømningen gjennom borestrengen. Idet slammets blokkeres vil en oppleve en trykkøkning, mens slamtrykket synker til sitt originaltrykk når en åpner for strømning igjen. Dette kan også registreres på overflaten.



Figur 4: Negativ puls og positiv puls

Kontinuerlige bølger

Kontinuerlige bølger genereres ved at en vekselvis blokkerer og åpner for slamstrømning gjennom borestrengen. Dette resulterer i en sinusbølge som kan registreres på overflaten. Informasjonen kommer som fasevariasjon og ikke amplitude.



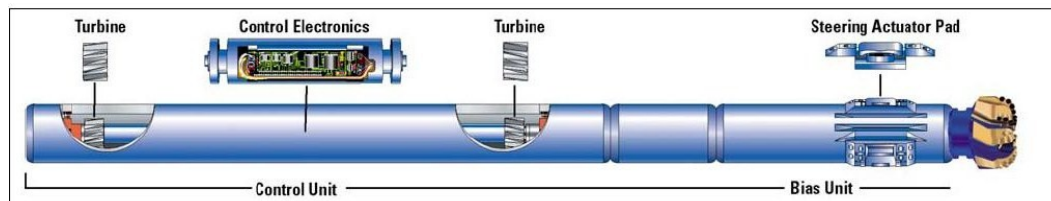
Figur 5: Kontinuerlige pulsbølger

4 Muligheter ved innføring av WDP

WDP åpner muligheten for et mye mer detaljert bilde av hva som foregår nede i bakken under boring. Med mulighet for ekte sanntidsdata skapes det et mye mer detaljert og ikke minst raskere oppdatert bilde av formasjonen det bores i. I dag er mudpuls brukt som standard for MWD og LWD, denne har som nevnt tidligere en kapasitet på omtrent 0,5 til 12 bits per sekund litt avhengig av forholdene. Med WDP har man mulighet for opp mot en million bits per sekund. Den store båndbredden til WDP åpner dørene for ny teknologi innen MWD og LWD. Telemetrien blir ikke lenger en flaskehals for implementering av nye nedihulls verktøy. Selv om mudpuls telemetri har utviklet seg til et stabilt og godt system, er det visse begrensninger med denne teknologien. I dette kapittelet vil de viktigste mulighetene og forbedringene ved innføring av WDP bli fremhevet.

4.1 Forbedret styring

Med større datamengde åpner mulighetene seg for å unngå lokale doglegs, dvs. å bore rettere brønner uten unødvendige bøyninger. Grunnen er enkelt nok at man får raskere informasjon om at borekronen er på avveie, og kan dermed reagere raskere. Bedre kommunikasjon med BHA og muligheten for to-veis kommunikasjon (Bi-directional communication), gjør det også enklere og ikke minst raskere å manøvrere med et Rotary Steerable System (RSS), som er det systemet som stort sett blir brukt til å styre borestrengen i dag.



Figur 6: Schlumbergers RSS Powerdrive X5

En kan raskt nevne at RSS er et styresystem som muliggjør styring av borestrengen mens man roterer. Dette er et alternativ til nedihulls motor. Rotasjon av borestrengen er viktig for å redusere aksiell friksjon (drag). På figur 6 kan man se hvordan RSS verktøyet ser ut. Som sagt åpner WDP for å kunne kommunisere begge veier på samme tid. Dette gjør at man for eksempel kan korrigere kurs, samtidig som man mottar loggedata fra LWD. Geostyring er en styreteknikk som bruker Formation Evaluation While Drilling (FEWD), som vil si at den styrer slik at den holder seg innen en viss sone eller formasjon, ved tolking av diverse loggedata som Gamma-stråling, tetthet, nøytron og resistivitet. Dette krever stor datakapasitet.

Seismic While Drilling (SWD)

WDP åpner for å sende sanntidsseismikk data til overflaten. Dette krever datakapasitet,

og mye av utviklingspotensialet ved å innføre WDP ligger nok her.

4.2 Bakoverkompatibel

En stor del av problemet med å innføre en helt ny standard, er at man må skifte ut eksisterende utstyr for å ta det i bruk. Dette har IntelliServ unngått med sin Interface sub (se kap.2.1). Den skaper bindeleddet mellom de fleste eksisterende MWD, LWD og RSS verktøy til WDP. Her kan alle de konvensjonelle LWD, MWD og RSS verktøy levert av ulike serviceselskap kobles på som før. Forskjellen er at signalet nå ikke går til mudpuls motoren, men til WDP. I tillegg bør det nevnes at per i dag inneholder alle borestrenger mudpuls telemetri som backup dersom WDP systemet skulle svikte. Den nye teknologien må modnes mer før en kan gå helt bort fra mudpuls telemetri.

4.3 Ikke avhengig av å sirkulere

Såkalt downlink til BHA kan være tidkrevende. Downlink er det man kaller det når man kommuniserer med BHA, enten det er med MWD eller RSS. For å starte opp verktøyene må man sende trykksignaler. Dette kan ofte være litt vanskelig med tanke på å få kontakt med utstyret og dermed også litt tidkrevende. Med WDP trenger en ikke å sirkulere for å kunne gjøre målinger, og man slipper selve downlink-operasjonen, som i svake formasjoner kan være litt uheldig. Dette er spesielt greit dersom man vurderer å logge en seksjon av brønnen en gang til. Det kan for eksempel være at et loggeverktøy ikke har fungert, og man er tvunget til å logge en seksjon på nytt. Da må man med mudpuls sirkulere for å logge seg nedover, og dette medfører at man må ta det ekstra rolig for å unngå swabbing dersom det er svake formasjoner. Swabbing er den stempeleffekten som borestrengen med borekronen i spissen skaper når man tripper inn i hullet. Stempeleffekten øker trykket i brønnen, og dersom man i tillegg sirkulerer når man tripper, stiger trykket under borekronen ytterligere. I svake formasjoner må man derfor ta det rolig for ikke å sprekke opp formasjonen. Man må også ta det med ro for at LWD verktøyet skal kunne få stor nok datatetthet. Med WDP kan man spare tid i slike situasjoner.

4.4 Kick og tappt sirkulasjon

Kick oppstår ofte under boring, og kan utvikle seg til å bli en utblåsning. Gjennom sanntids bunnhullstrykk (BHP) måling kan kick detekteres raskere. Ved å bruke WDP sammen med et godt Managed Pressure Drilling (MPD) system som for eksempel dynamic annular pressure controll (DAPC) er det mulig å få et sanntids MPD system. WDP telemetri sammen med et Pressure While Drilling (PWD) verktøy kan sende sanntids trykkdata hvert sekund, som er mye raskere enn tilsvarende med mudpuls. Her snakker vi om målinger som blir tatt hvert 20 sekund, og sendt til overflaten hvert 40 sekund.

Når MPD systemet kalkulerer Equivalent Circulating Density (ECD), gjøres dette på bakgrunn av en hydraulisk modell, med tilhørende parametere som tetthet, viskositet,

rheologi etc. som går inn i trykktapsligninger for å få det riktige bunnhullstrykket. Når trykket faller på grunn av at slampumpen skrus av, vil choken stenges inn for å bevare trykket i annulus. I tillegg kan systemet tilføre ytterligere trykk (backpressure) med en pumpe, eller endre høyden på mudkolonnen. Dette kommer an på hvilken MPD metode som brukes. Bunnhullstrykkmåling fra PWD verktøyet brukes per i dag til å kalibrere den hydrauliske modellen til MPD systemet. Dersom man hadde hatt en kontinuerlig strøm av sanntidstrykkdata, kunne man brukt disse til å kalibrere modellen enda mer nøyaktig. Slik kunne en styrt annulustrykket etter sanntidsdata, og brukt den hydraulisk modellen mer som en kontroll.

Mudpuls telemetri er som nevnt ovenfor avhengig av at man sirkulerer (slampumpene må gå), og med tanke på at de fleste kick oppstår under tripping er dette et sårt punkt.

Dette er mulighetene som finnes i dag, men mer avansert kickdetekterings teknologi er under utvikling, for eksempel muligheten for å skyte seismikk foran borekronen for å oppdage høytrykkssoner.

4.5 Bedre kontroll over hele brønnen

WDP åpner muligheten for å sette på ytterligere verktøy spredt ut på forskjellige deler av borestrengen. Etter hvert kan det bli mulig å måle trykk og temperatur samtidig med diverse mekaniske målinger som torque og drag oppover hele borestrengen i sanntid. Dette gjør det lettere å unngå å bli stående fast samt at det er enklere å finne ut hvor på borestrengen eventuelle problem har oppstått. Dette skaper større trygghet, og ikke minst reduseres risikoen for at man ødelegger eller mister borestrengen. Lengre horisontale brønner har ofte såkalt "pack-off" problemer. Det vil si at hullrensingen ikke går som den skal, og borekaks hopper seg opp i brønnen, som kan lede til at man blir stående fast. Tidlig oppdagelse av slike problem kan innebære at man rekker å trekke tilbake og renske opp før det er for sent.

4.6 Optimalisering av bit performance og ROP

Med mudpuls kan det være en utfordring å få registrert og sendt opp nok data fra en sone, slik at bore hastigheten må senkes for å få de målingene man ønsker. Dette greier man som regel å unngå i dag, ved å ikke sette seg i en slik situasjon at det går utover ROP, men i veldig lange brønner kan dette være et problem.

MWD gir informasjon om torque, rotasjon (smoothnes of rotation), vibrasjoner, nedi-hulls temperatur og trykk. Dette gjør at man lettere kan oppdage stick-slip situasjoner. Stick-slip er den effekten der borekronen bytter mellom å rotere raskt og rotere sakte, fordi den henger fast i formasjonen. Dette skaper store mekaniske krefter på hele BHA, og kan medføre unødvendig slitasje. Ved å få disse dataene oftere og mye raskere, kan man optimalisere WOB og rotasjon (RPM) slik at man får høyest mulig ROP, og minst

mulig slitasje på borekronen. Her er det potensial for å bore raskere, og i tillegg unngå unødvendig tripping for å skifte borekrone, eller bytte ødelagte verktøy.

4.7 Feilsøking og oppdatering av software

WDP gir mulighet for å enklere kunne feilsøke og kalibrere instrumenter i borestrengen, og eventuelt oppdatere software.

4.8 Spesielt egnede bruksområder

Mange brønner er enkle og uproblematisk å bore, og på den måten krever ikke disse noe avansert utstyr. Men vi vet at utviklingen går i retning av mer avanserte og krevende boreoperasjoner. De største og enkleste reservoarene er funnet og delvis depleterte, det som gjenstår er de mer krevende brønnene. WDP har potensial for å lette boreoperasjoner generelt, men vil kunne vise sitt fulle potensiale i:

- Lange brønner- Extended Reach Drilling (ERD)
- Eldre depleterte reservoar med smalere trykkmargin (mellom poretrykk og oppsprekkingstrykk)

5 MPD - Managed pressure drilling

5.1 Introduksjon

Ettersom flere og flere lett tilgjengelige reservoar tømmes, i tillegg til at nye felt som oppdages ofte er kompliserte å utvinne, kreves ny teknologi for å kunne benytte seg av ressursene som ligger lagret. For å utnytte disse ressursene må det bores stadig dype-re, lengre og inn i vanskeligere områder. I tillegg er det ønskelig å kutte kostnader ved å bore raskere, ettersom kostnadene ved å bore er ekstremt høye. Managed pressure drilling (MPD) er "en adaptiv boreprosess for å presist kontrollere annulustrykket". [15] MPD bygger i stor grad på ideer fra underbalansert boring (UBD), der det bores med et trykk i brønnen som er lavere enn poretrykket. Mens UBD brukes for å forhindre skader på reservoaret, er hensikten med MPD å løse boreproblemer. MPD skal ikke tillate at det kommer fluider inn fra formasjonen. Målet er å holde trykket i brønnen over poretrykket, men under oppsprekkingstrykket. MPD er en avansert form for primær brønnsk kontroll som vanligvis benytter et lukket og trykksatt fluids system som muliggjør bedre og mer presis kontroll av borehullets trykkprofiler enn det slamvekt og/eller slampumpe justeringer kan. Det primære målet til MPD er å optimalisere boreprosessen ved å minimalisere nedetid og redusere borerisikoene.

Spesialisert utstyr for MPD og teknikkene for å praktisere disse metodene i landbasert boring har utviklet seg siden midten av 60- tallet, slik at det nå er "status quo" for boring her. Men det var ikke før karakteristikken ved MPD ble bedre forstått av beslutningstakerne for offshore boring, at MPD ble anerkjent som en stor forbedring i boreindustrien. MPD krever få modifikasjoner av riggen, men kan samtidig direkte adressere flere problemer i dagens boreindustri. MPD er en teknologi som kan benyttes mot et økende antall utfordringer innen offshore boring i vanskelige områder. Ettersom borekostnadene offshore er så mye høyere enn onshore, er de potensielle innsparingene mye større.

5.2 Boring med kontrollert trykk

Det finnes tre forskjellige metoder for boring under kontrollert trykk. Alle disse kan sees på som en trykkbeholder og returen i annulus er lukket og trykksatt. Disse er:

- Underbalansert boring, som har fokus på bevaring av reservoaret. Det tillater innsig av fluider fra reservoaret for å unngå at slam og borekaks skader reservoaret. Underbalansert boring behøver en studie av reservoarkarakteristikken for å identifisere om brønnen vil bli en mye bedre produsent dersom det bores underbalansert, eller om reservoaret har under normalt trykk, og derfor ikke kan bores på annen måte.
- Luft- eller gassboring som benyttes for økt boreytelse som gir innsparinger (i forhold til bruk av slam) og økt ROP. Dette brukes særlig i områder med hard stein og områder der boring med et kompressibelt fluid vil gi betydelig økning i ROP.

- MPD som adresserer den økonomiske drillbarheten av et prospekt. Innsig fra reservoaret er ikke ønsket, men man er uansett bedre rustet for å takle situasjoner der dette skjer på en sikrere og mer effektiv måte. Målet er å overvinne problemer man ville fått ved konvensjonell overbalansert boring gjennom mer presis styring av trykket i brønnen og færre avbrytelser av boreprosessen. Kandidater for MPD er der det har oppstått store kostnadsoverskridelser på grunn av boreproblemer, og følgelig nedetid. Også i områder der man vet lite om trykket i reservoaret, der det har vært problemer å nå total depth (TD), høyt trykk/høy temperatur (HPHT) brønner eller der det kreves et lukket system for retur fra borehullet av HMS-årsaker (Helse, miljø og sikkerhet) er MPD en god kandidat.

5.3 MPD kategorier

MPD deles opp i to kategorier:

Reaktiv MPD – det planlegges å bore på konvensjonell måte, men riggen blir utstyrt med minimum et Rotating Control Device (RCD), choke og borestreng flottør for å behandle for eksempel uventede pore- og oppsprekkingstrykk i reservoaret på en bedre måte.

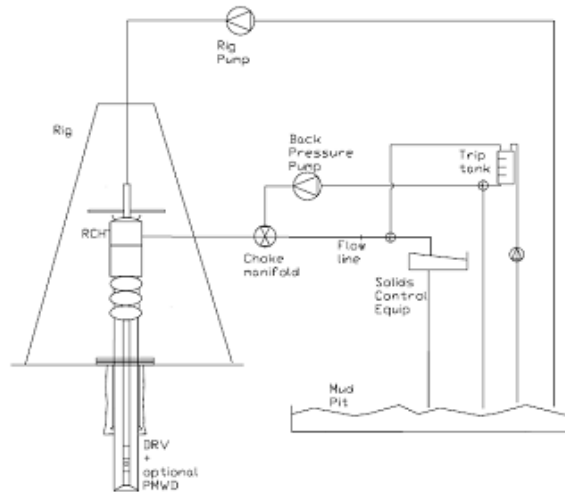
Proaktiv MPD – boreplanen, inkludert studier av problemer designet fra bunnen av med foringsrør, fluider og åpent-hull program som til fulle utnytter muligheten til å styre trykkprofilen i brønnen mer nøyaktig. Proaktiv MPD gir de største fordelene for offshore boring av konvensjonelle brønner for olje og gass. TD kan nås med færre foringsrørstrenger, mindre nedetid, færre endringer i tettheten på boreslammet og økt kontroll over brønnen.

5.4 Variasjoner av MPD

Constant Bottom Hole Pressure variasjonen benyttes for boring der det er liten forskjell mellom poretrykket og oppsprekkingstrykket. Fluidene er typisk designet for å være nærmere poretrykket ved gitt dybde. Når sirkulasjonen forsvinner i brønnen, kan trykket gå under poretrykket. Derfor vil pumpen for baktrykket ved choken bli satt tilnærmet til friksjonstrykket for slammet i brønnen når borerørene settes sammen. Dette skal hindre at trykket blir så lavt at man får innsig fra brønnen (se figur 7).

Pressurized Mud Cap Drilling brukes der det forekommer store tap av borefluider. Der som store tap oppstår, sendes et tyngre boreslam inn i annulus, og i mellomtiden konverterer riggen til sjøvann tilsatt passende stoffer som borevæske. ROP øker med den lette væsken, og borefluidet og borekakset tvinges inn i sonene som ellers ville gitt tap av slam. Da tap av sjøvann med tilsetninger er mye rimeligere enn tap av slam, spares det penger i boreprosessen.

Dual Gradient bores med to fluider med forskjellig tettheter. Denne metoden egner seg i situasjoner der boring med et fluid ville forårsake at trykket fra denne overgår oppsprek-



Figur 7: MPD systemet

kingstrykket. Et fluid med lavere tetthet kan brukes for å fylle stigerøret, og et tyngre fluid kan brukes som borefluid og for eksempel fylle brønnen fra havnivå til bunnen av hullet.

Reverse Circulation har som mål å bore betydelig overbalansert ved at borevæske uten borekaks sendes ned annulus og opp borestrengen. Ofte fjernes dysene på borekronen. Konsekvensen av dette er at borekronen fungerer som en nedhulls-chocke i noen RC applikasjoner. Dette kan gi et bedre kalibrert hull, ettersom annulus ikke blir skadet av borekaks. I horisontale seksjoner av brønner der det kan være problemer med hullrensing, kan RC benyttes for å minimalisere skader på reservoaret.

MPD gir bedre *HMS* når slamreturen på riggen går i et lukket system for å bedre vilkårene for disse problemene. Dette er spesielt viktig i HPHT-brønner, eller boring fra installasjoner der det pågår produksjon og det kan skje at denne må stenges ned på grunn av problemer i boreprosessen som kunne vært unngått med et lukket system.

5.5 Estimering av trykk i CBHP-metoden

En annen mulighet for styring av trykket ved CBHP-metoden er å estimere trykket i bunnen ved hjelp av et sett med differensialligninger som beskriver dynamikken til pumpetrykket og strømmingen gjennom borekronen. I tillegg brukes en ligning for trykket ved borekronen som er gitt ved ligningen

$$P_{\text{bit}} = P_c + P_{\text{fric}}(q_{\text{bit}}) + \rho gh \quad (3)$$

Der P_{fric} er en ulineær funksjon i q_{bit} , $P_{\text{fric}} \approx kq_{\text{bit}}^2$, k er konstant. De målingene som tas er pumpetrykket P_p , ventiltrykket P_c , samt diverse geometri slik som dybden til borekronen og volumer i brønnen. Det vil si at de strømmingene og trykkene som måles er topside, slik at ingen målinger tas i brønnen, og telemetri av tilstandene der er unødvendige. En ulineær observer/tilstandsestimator for q_{bit} blir brukt, og den adapterer til ukjent friksjon i annulus. Dermed er et estimat av bunnhullstrykket

$$P'_{\text{bit}} = P_c + P_{\text{fric}}(q'_{\text{bit}}) + \rho gh \quad (4)$$

hvor P'_{bit} er estimatet av trykket ved borekronen, og q'_{bit} er estimatet av strømmingen gjennom borekronen. Ut i fra resultatene, styres ventilen i toppen og baktrykket til pumpen for å holde brønnen innenfor ønskede trykkgrenser.

5.6 WDP og MPD

For å styre trykket i brønnen, trengs målinger for å bestemme hvilke pådrag man skal påtrykke. For å måle trykket som er i brønnen, som igjen bestemmer hvordan man skal reagere, brukes trykkmålinger i bunn. Disse målingene sendes opp med mudpuls, men ettersom mer avanserte LWD og MWD-verktøy i BHA har blitt utviklet, blir kapasiteten og frekvensen for datasending via mudpuls en flaskehals. I tillegg er ikke data via mudpuls ekte sanntidsdata, noe som kan være viktig når man borer i områder med liten forskjell mellom pore- og oppsprekkingstrykk. For at mudpuls skal kunne sende informasjon, må det være sirkulasjon i brønnen. Dette betyr at man ikke får målinger fra BHA under tripping dersom man ikke sirkulerer slammet. Dette er et problem særlig i svake formasjoner, ettersom man her får de fleste kick under tripping. Hvis man velger å sirkulere, adderes dette til trykket under trippingen, og kan føre til oppsprekning. Derfor er sirkulering under tripping tidskrevende, da farten må være lav for å unngå oppsprekning. Sending av informasjon kan også være et problem under boring der man har injisert gass i slammet (som man kan gjøre i DG), eller ved boring med sjøvann, da mudpuls svekkes og forvrenges. Med WDP får man trykkmålinger i sanntid, noe som kan føre til raskere deteksjon av kick, samt optimalt BHP for bedre ROP. WDP åpner også for å måle trykket langs borestrengen. Dette gir bedre kontroll over hele brønnen, og ikke bare topp og bunn. WDP i kombinasjon med CBHP har blitt testet på flere piloter der formasjonene har vært svake, med meget gode resultater.

6 SWD – Seismic While Drilling

6.1 Introduksjon

SWD er en teknologi som navnet tilsier benytter seg av seismiske data under boring. Lenge har SWD vært ensbetydende med drill bit seismikk. Det gjøres ved å bruke naturlige vibrasjoner under boreprosessen for så å fange disse med geofoner på overflaten. Varianter der sensorene ligger i BHA er også blitt utført.

Nylig har en annen metode blitt den mest dominerende; VSP - Vertikal Seismic Profiling. Denne metoden ligner mer på wireline fremgangsmåten og kan utføres prinsipielt på to måter. Normal bølge bane (normal ray path) og revers bølge bane (reverse ray path) metodologi. I revers bølge bane konfigurasjon er kilden i hullet og mottakerne på overflaten. I normal bølge baner er kilden på overflaten mens mottakerne er i hullet. Verktøyet blir som oftest brukt som et LWD verktøy på lik linje med andre LWD verktøy. Bruken av denne typen SWD går ikke utover andre LWD verktøy.

Denne metoden krever stille omgivelser for å fungere. Standard boreoperasjoner må derfor stoppes for å bruke verktøyet. Det er derimot ikke nødvendig å stoppe opp boreprosessen bare for å ta seismiske data. Ofte vil det være naturlige stopp under "stand changes". Disse stoppene trenger mellom 2 og 10 minutter som er nok til å få skutt 3 til 5 skudd.

Seismiske data kan blant annet brukes til å

- Forbedre tid-dybde konverteringer under boring
- Avgjøre hvor en skal sette foringsrør.
- Evaluere uønskede borehendelser, slik som uregelmessig poretrykk.
- Prediktere poretrykket foran borekronen
- Sanntidsoppdatering av geologisk modell
- Andre geofysiske applikasjoner som: saltformasjoner og forkastningsflate.

6.2 SWD og WDP

Rapporter fra Oseberg[6] med SWD beskriver at SWD tjenester vil vise seg å være en verdifull geostyringsløsning når WDP åpner opp for sanntidsdata i full skala.

WDP er nå blitt kommersialisert og forkjemperne for bruk av SWD ser nå mulighetene som WDP gir. Mulighetene ved denne type teknologi var blant annet et av de sentrale temaene på en felles SPE/European Association of Geoscientists & Engineers forum som ble holdt i mars 2007 i Dublin, Irland. Temaet ble også diskutert på en SPE Emerging Technology Workshop (ETW) i juni 2007 i League City, Texas.

Det viktigste som er kommet frem på disse konferansene er at bevilgninger til FoU på SWD har blitt nedprioritert fremfor kortere-term teknologi som kan kommersialiseres innen 6 til 12 måneder. Det blir nevnt at WDP kan gi den sanntidsfordelen som til nå ikke har vært mulig [1].

Et spennende applikasjonsområde for SWD er look-ahead-of-bit. Enkelte hevder at det er mulig å se flere tusen fot foran borekronen. Det gir mulighet for å forutsi unormale poretrykk som øker faren for utblåsning. Det blir likevel advart mot å forestille seg for mye på dette området. Rykter om 3D visualisering 360 grader rundt borekronen er ikke mulig med dagens SWD verktøy. Også 2D visualisering ved SWD/LWD får rødt lys. Mye arbeid gjenstår for å realisere dette. De eneste bruksområdene til SWD som får grønt lys er 'Time-to-Depth' og '1D look-ahead' og det blir konkludert at SWD ennå har noen hinder som må overkommes [2].

Dersom WDP blir brukt i stadig større omfang vil dette kanskje stimulere til mer FoU på SWD verktøy. Men operatørselskapene understreker at de selskapene som utvikler nye SWD verktøy vil måtte vise til betydelige fordeler før økonomisk støtte kommer. Utviklingskostnadene skal jo til slutt bli inntjent gjennom tjenesten som blir tilbudt.

7 Hydros testing av WDP på Trollfeltet

Det som sto i fokus under Hydros testing av WDP på Trollfeltet var følgende

- Sanntidsanalyse av høy-oppløselig dynamikk og inklinasjons måleverktøy for å umiddelbart takle boreovergangen mellom løs sand med harde kalsittstrenger.
- Nettverksetablert overflatekontroll av RSS.
- Sanntids overføring og tolkning av større mengde petrofysiske data for å forbedre geologisk brønnplassering. Man får like bra data direkte fra borestrengen i sanntid, som i dag blir lagret i LWD verktøyets minne.
- Redusere nedetid i forhold til boring med mudpuls. Dette er mulig på grunn av større datatetthet.

Hydro testet denne teknologien på West Venture riggen på Trollfeltet i 2007. Denne riggen er en halvt-nedsenkbar borerigg på Trollfeltet.

Trollfeltet er kjent for å ha en veldig tynn olje sone, og har ekspanderende gasskapper som hoveddrivkraft. Hydro har boret flere multilaterale horisontale olje produsenter på Trollfeltet. Brønnen som skulle bores i dette pilot prosjektet var et sidesteg fra 18-3/8" foringsrør på brønn G-1, som opprinnelig ble boret i 1996. Brønnen skulle geostyres (se kap.4.1) innen reservoar oljesanden, som kun er noen få meter tykk. Det var viktig å kunne styre brønnen slik at den ble liggende 0,5 m over olje- vannkontakten, for å hindre tidlig gassgjennombrudd. En av de store utfordringene med disse boreoperasjonene har vært lokale kalsittstrenger som man ofte treffer underveis og som er vanskelig å kartlegge på forhånd. Det som ofte skjer når man treffer disse strengene, er at borekronen blir tvunget tilbake i reservoarsanden, slik at det skapes en uønsket sving eller "local dogleg". Slike doglegs vil man prøve å unngå, fordi det gjør at den aksielle friksjonen på borestrengen og foringsrøret blir større. I tillegg kan det medføre stor slitasje og utmattelse på BHA. Ødelagte BHA har vært et stort problem på Troll.

WDP ble tatt i bruk ved boring av de laterale sidegreinene på G-1. Borestrengen ble utstyrt med et RSS system med mudmotor (se kap.4.1), og høy-oppløsning formasjo-nevalueringsverktøy (multi-dybde resistivitetsmåling, azimuth gamma stråling, borehull tetthetsbilde og nøytron porøsitet), mekanisk måleutstyr og PWD. Sanntidsdata ble levert og evaluert på riggen, men den ble også overført til et samhandlingssenter på land via fiberoptisk nettverksforbindelse. Mudpuls var også en back-up dersom noe gikk galt med borestrengstelemetrien.

Det var sju kriterier for suksess som måtte bli oppfylt:

- WDP dataleveringssystemet skulle være minst 95% operasjonelt.
- Må kunne skifte mellom borestrengstelemetri og mudpulstelemetri uten behov for en tur til overflaten dersom de induktive koblingene blir brutt/skadet.

- "Memory quality" data må bli levert til overflaten fra MWD og LWD via borestrengstelemetri.
- Må vise øyeblikkelig kontakt med RSS verktøy via borestrengstelemetri.
- Leverandørene av målesystemer og operatørene som prosesserer måledataene må vise at de kan behandle sanntidsdata overførsel på 9600 bits per sekund.
- Borestrengstelemetriens komponenter må være kompatible med den eksisterende teknologien
- Alt i alt må tripping og rørhåndteringstid for telemetrirørene ikke overskride 120% av tiden som vanligvis er forventet av vanlig konvensjonelt boreutstyr.

7.1 Forberedelse

Når borerør var i kontakt med boredekket måtte de installere en gummimatte på området slik at det ikke ble skade på de induktive spolene. Det måtte forøvrig plasseres matter på andre rørhåndteringsområder også.

Det ble også utnevnt et test-team som var med på testingen av alt utstyret. En måtte også forandre dataprosesseringen slik at det var mulig å motta kontinuerlige sanntidsdata.

7.2 Gjennomførelse

Bytte av borestreng ble gjort etter at 9-5/8" foringsrør var sementert og dette skjedde uten uhell. Men, sanntidsdata ble bare levert i 85% av tiden. Dette var hovedsaklig på grunn av at en datakabel ble ødelagt av en av mannskapet, som ikke visste hvor denne kabelen var. Dermed ble det bestemt at en skulle fortsette å bore og bytte til mudpulsstelemetri. Dette beviste at det var fullt mulig å bytte til mudpuls teknologi dersom noe skjedde.

Det var også problemer med en induktiv spole inne i en TJ som ble skadet. Dette fant de ut når de skulle skifte den ødelagte datakabelen. Det viste seg at denne spolen hadde flere skader, med gule gummifragmenter inne i og rundt spolen. Dette kom av at flere av team-medlemmene ikke hadde vært med på opplæringen og lot de gule gummimattene være på når de gjorde opp borerørene, og dermed hadde de induktive spolene fått skader. Etter at dette ble oppdaget, skjedde det ikke flere slike skader på spolene og nettverket fungerte resten av tiden.

Alt i alt så ble det levert sanntidsdata i 89.9% av tiden, men dersom teamet hadde skiftet ut den skadde datakabelen, ville det vært operativt i 97.7% av tiden.

Gjennom begge sidestegene som ble boret viste det seg at InterFace suben (se 2.1) var 100% pålitelig. Et uventet problem var at antall påloggede databrukere under feltoperasjonene overskred forventet antall brukere slik at det ble vanskeligheter med web-basert

dataleveranse. Dette ble forsøkt løst med systemoppgradering.

Det ble spart boretid ved å umiddelbart skifte og optimalisere RSS parametere på bakgrunn av sanntids feedback fra mekaniske målinger under boring. Dette førte til mye spart tid på å reame, og jevne ut lokale doglegs som vanligvis oppstår på grunn av mangelfull styring. Det at en kunne ha ekte sanntidskommunikasjon med BHA gav mulighet til å forandre styreparametere uten å stoppe boreprosessen. Disse parametrene ble justert mye oftere enn normalt, noe som medførte en mer presis brønnbane og sannsynligvis bedre kvalitet på borehullet. Dette førte til at en sparte inn ca 5 minutter for hver hendelse.

Hydros geologer var i stand til å utnytte høykvalitets billedata fra borehullet til å finne dip og retning på disse kalsittstrengene mens de boret, noe som gav mer informasjon slik at det var enklere å ta beslutninger rundt styring av borestrengen. Det området som ikke fungerte slik som det skulle var altså dataprosseseringsdelen, her er det store rom for forbedringer.

[13]

8 WDP på Visund

Visundfeltet ligger 22 km nordøst for Gullfaksfeltet i Tampen-området. Feltet kjennetegnes ved at de har flere såkalte Extended Reach Brønner (ERD). I april 2007 ble et forsøk med WDP utført på Visund-feltet. Den nye brønnen A-25BH ble valgt som første brønn til å prøve ut denne nye teknologien. Denne testen skulle i utgangspunktet ikke brukes for å prøve nytt utstyr, men snarere hva som kan oppnås med eksisterende hardware, og software teknologi. Likevel måtte noen av hardware-komponentene endres, og noen BHA komponenter ble brukt i kommersiell sammenheng for første gang. På Sandsli i Bergen ble det satt sammen et tverrfaglig team av åtte spesialister som fikk overført sanntidsinformasjon fra boreprosessen via Internett, og på bakgrunn av dette skulle gi støtte til beslutninger som ble tatt underveis. Meningen med dette var å kartlegge hvilke fordeler det ga å ha dette teamet på land som support med tanke på økte verdimuligheter og fremtidspotensial på bakgrunn av sanntidsanalyse av den økte datamengden. Teamet brukte ny brønnskonstruksjons-software som simultant viste og synkroniserte målinger både på tids- og dybdeindeks. Dataoverføringen fra borestrengen til Sandsli ble utført uten noen spesiell forsinkelse, noe som gjorde at alle bore-, petrofysiske og strukturelle geologidata kunne analyseres i sanntid. Det tverrfaglige teamet identifiserte flere verdifulle ting ved dette pilotprosjektet. Disse kan kategoriseres i helse, miljø og sikkerhet, forbedret boreoperasjon, forbedret brønnplassering/geostyring og økt dataoverføring.

De største fordelene med WDP-teknologi i dette prosjektet, var på områdene rask og to-veis kommunikasjon med den nye generasjonen MWD, retningsstyringen og LWD-verktøyene. Tidsbasert data med høy frekvens var også nyttig for analyser av sanntidsmoment og drag-analyser og kvaliteten til borehullet. Bedre overvåkning av formasjoner og boretrykket, gir en basis for bedre brønnkontroll. Muligheten til å se betydelig flere kurver med høyere oppløsning, ga muligheter for forbedret horisontal brønnplassering.

Et av målene med WDP test-teamet var å kombinere den økte tilgjengelige datamengden med en tverrfaglig tilnærming til konklusjoner og svar fra gruppen, og dermed lage verktøy for sanntidsanalyse og beslutningsstøtte. I tillegg skulle teamet redegjøre for verdien tilgjengelig fra de forskjellige fagdisiplinene med dagens teknologi forsterket med WDP-teknologi. Et sekundært fokus var at hver fagdisiplin skulle forsøke å forbedre den totale servicen som er mulig å tilby i fremtiden ved bruk av WDP.

Visund A-25BH WDP test ble utført i april 2007. Brønnen var planlagt som en horisontal oljeproducent i det øvre Statfjord-reservoaret med en foreslått total dybde på 5440 meter med horisontal seksjon varierende rundt 2940 meter i dybde. Den horisontale dybden var cirka 1900 meter lang. WDP testingen foregikk i den første seksjonen. Etter fire dagers boring og 512 meter, førte en feil i en wired under-reamer til slutten på WDP testingen.

I løpet av denne perioden, fant teamet flere områder som WDP-teknologien kan forbedre beslutninger under boring:

- *Evaluering av responsen til styring av retning*: BHA reagerte ikke som planlagt ved landing horisontalt i Statfjord-formasjonen med RSS. Planen var at den skulle endre seg 3 grader per 30 meter, men det viste seg at utslaget var på under 1 grad. Konklusjonen på dette var at enten så var det noe feil med boreutstyret, og det måtte tas opp for å byttes, eller så hadde man kommet inn i en uventet formasjon. Ettersom man gjennom WDP fikk store datamengder sendt med høy frekvens, kunne man fastslå at RSS etter all sannsynlighet fungerte, noe som viste seg å stemme.
- *To-veis kommunikasjon*: Det viktigste resultatet av testen, var innblikket i effektiviteten til to-veis kommunikasjon med verktøy nede i brønnen. Når en kommando ble sendt til et verktøy, ble det verifisert innen sekunder på logge-maskinene. Den raske oppdateringen av verktøyenes høyde og status, og gammastråling målinger for korrelasjon reduserte tiden det tok å måle dybde korrelasjon. WDP fungerer også når slampumpen er skrudd av, men dette var ikke en problemstilling i dette prosjektet.
- *Sanntidsdata visualisering*: Tradisjonelt har visualisering av data under boreprosessen blitt fremstilt enten i dybde- eller tidsdomenet. Med den nye software-pakken som ble brukt i dette prosjektet, ble den tidsbaserte og dybdebaserte loggen synkronisert, slik at man hele tiden kan se hvordan instrumentene påvirkes når dybden endres.
- *Evaluering av hullåpner i sanntid*: Forståelse av form og tilstand til brønnen, er nøkkelen til suksess i boreoperasjon. Med WDP kan man få bedre og raskere målinger av faktorer som påvirker denne prosessen.
- *Overvåkning av vibrasjon*: WDP gir høyere overføringsrater for boremekanikk og dynamisk data. Dette inkluderer nedihulls weight on bit (DWOB), nedihulls torque (DTOR), sideveis, aksial og torsjonale vibrasjoner, samt nedihulls RPM. Dette medførte at disse kunne overvåkes nøye, og at eventuelle problemer ble fanget opp tidlig.
- *Overvåkning av annulus-trykk*: Ved bruk av WDP, kan trykket overvåkes også når slampumpene er slått av. Denne testen ga mulighet til å se på trykktransisjonene i trykket på bunnen av brønnen under hele boreprosessen.
- *Sampling av formasjonstrykk med WDP*: Under trykktesting av formasjoner, gir det store fordeler med høy båndbredde og frekvens på målingene for å få nøyaktige resultater. Her er WDP teknologien overlegen.
- *Petrofysisk datatetthet og bredde*: WDP gir en høyere tetthet av petrofysiske data, men med WDP kan man også få mange flere kurver enn de man må begrense seg til med mudpuls.
- *Bilde data-analyse*: Azimutiske bilder fra LWD i brønn krever en større båndbredde enn mudpuls telemetrien kan tilby. Men ettersom det i lang tid har blitt utviklet

koding og komprimerende algoritmer for å sende opp bildene, gir dette et dilemma ved bruk av WDP. Det trengs mer utvikling av dette før bildene kan bli noe mer enn marginalt bedre ved WDP enn mudpuls.

Konklusjonen til testen i brønn A-25BH på Visund var at et komplisert RSS/LWD/MWD oppsett kan bruke WDP for å operere og sende tids- og dybdebasert data med høyere oppløsning enn tradisjonell mudpuls. Både nytt og modifisert nedihulls utstyr, software og firmware ble testet med suksess. Så spørsmålet om nåværende teknologi sammen med WDP fungerer, ga et positivt svar. Men det at en feil i WDP overføringen oppsto etter drøyt 500 meter boring, synliggjorde sårbarheten til systemet, og det at teknologien er på et tidlig stadium. Selv om WDP brukes, så bør mudpuls være i back-up inntil teknologien modnes. Siden det tverrfaglige teamet kun var observatører, ble ikke verdipotensialet til WDP fullt utnyttet i denne testen. Det ble avdekket flaskehalser i datastrømmen fra borehullet til overflaten som må utbedres før WDP kan nå sitt fulle potensial. Men det ga uansett et innblikk i verdien av WDP i boring av komplekse horisontalt plasserte brønner med stor presisjon, og det er ingen tvil om at WDP vil endre måten det bores på i fremtiden.

[10]

9 Nytte av WDP på Gullfaks

Gullfaks er og blir et stadig mer utfordrende felt å bore på. Det er de siste prosentene av oljen som blir vanskelig å oppdrive. Som påpekt er en utfordring med Gullfaksfeltet at det er gammelt og depletet, noe som gjør at selve formasjonene er blitt svakere. Dette medfører at trykkmarginen mellom pore- og oppsprekkingstrykk er smalere. I tillegg er Gullfaks kjent for at man ofte må bore gjennom flere ulike trykksegmenter. StatoilHydro påpeker selv en del utfordringer knyttet til Gullfaks i Reservoarstyringsplanen sin [11]:

Gullfaks har hatt lav borefremdrift de senere år og har ikke levert brønner som forventet. Det er flere årsaker til dette, som

- Problemer med overflate rigg utstyr - mye nedetid på grunn av gammelt utstyr
- Varierende kvalitet i leveranse fra leverandører – blant annet mye feil på nedihulls boreutstyr
- Smalt operasjonsvindu - må bore gjennom flere trykkregimer i samme seksjon - høyt trykk i Shetland (GF HF)
- Utfordrende skiferseksjoner (Gullfaks Sør, Nedre Statfjord)
- Gjenbruk av slisser - tidkrevende P&A
- Tidkrevende opprigging av nytt utstyr (MPD-utstyr)

En legger merke til at det påpekes nedetid på gammelt utstyr. Det virker som om en oppgradering ligger i planene til StatoilHydro. I den sammenheng bør det vurderes å oppgradere slik at man kan ta i bruk WDP, slik at en eventuelt ikke må gjøre enda en kostbar oppgradering. Dette er for så vidt i tråd med StatoilHydro sine egne ønsker [11]. StatoilHydro har også påpekt at de vil se på mulighet for WDP på Gullfaks etter evaluering av Pilot prosjektet på Visund (se kap 8).

9.1 Depletet reservoar

Etter hvert som Gullfaks depleteres, blir det vanskeligere å bore på grunn av at formasjoner som før hadde et høyere poretrykk nå belastes mer av overliggende formasjoner. Dette medfører at trykkvinduet her blir betydelig smalere enn initielt. Dersom avstanden mellom poretrykket og oppsprekkingstrykket blir for lavt, må man ty til MPD for å kunne bore. Det er ikke lenge siden at man hadde en kick situasjon på Gullfaks brønn B-30 [9], der man boret i en seksjon med mye smalere trykkvindu en hva man trodde. Dette medførte at det oppstod kick, og på samme tid lenger oppe oppstod det tapt sirkulasjon til en annen sone. En kombinasjon av MPD og WDP kan være det som må til for fremtidig boring på Gullfaks for å sikre seg bedre seg mot slike situasjoner, og ikke minst muliggjøre boring i slike miljøer.

9.2 Trykksoner og forkastninger

Det er et kjent fenomen at Gullfaks inneholder mange forskjellige og kompliserte trykksoner. Med WDP er det lettere å styre med geostyring innen en sone, og sikrere å krysse flere trykksegmenter. Sammen med MPD muliggjør man boring hvor det med et konvensjonelt åpent sirkulasjonssystem er umulig, eller i hvert fall vanskelig å bore i dag. Dessuten kan man med dette også redusere antall foringsrørstrenger for å nå målet. Det er både kostbart og det reduserer indre diameter dersom man må ha mange foringsrørstrenger. Det er også lettere å oppdage forkastninger og harde formasjoner man måtte treffe under boring. Reservoarmodeller kan være mangelfulle og unøyaktig dybdeevaluert, derfor er det viktig å kunne styre mer reaktivt.

9.3 Extended Reach Drilling (ERD)

I forbindelse med bruken av WDP på Gullfaks er det spesielt interessant å se på lange brønner eller så kalt Extended Reach Drilling. Det finnes litt forskjellige definisjoner på en ERD brønn, men fellesnevneren er at den har lang horisontal utstrekning. Typisk kan brønnens MD være rundt $3 \cdot \text{TVD}$.

9.3.1 Utfordringer knyttet til ERD

Under nevnes de viktigste problemene en opplever i forbindelse med ERD:

- Høy Torque (Vridning moment i borestrengen)
- Høy Drag (aksiell strekk eller kompresjon i borestrengen)
- Hullrensing/transport av borekaks
- Buckling
- ECD problem
- Hullstabilitet
- Differential Sticking
- Brønnkontroll (Kick, tapt sirkulasjon)
- Tid og kostnad

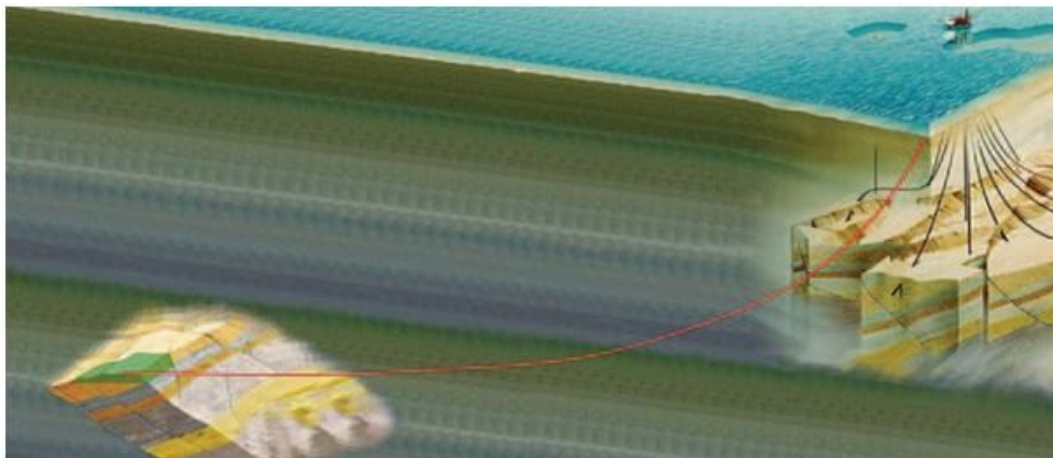
ERD er kanskje det området som flytter grensene innen måleutstyr lengst, og ofte lenger enn mulig med dagens utstyr. Lange brønner er veldig avhengig av gode styresystemer. Dersom en sving blir for skarp kan dette medføre at man får problemer med aksiell strekk på borestrengen, og ved installasjon av foringsrør. Det finnes flere koordineringsverktøy som MWD, gyro, geostyring (se kap.4.1) og 3D-måling. 3D-måling involverer skyting av seismikk (det finnes også noe som heter 2D-måling). ERD brønner har ofte stor usikkerhet i størrelsen på målet på grunn av geologisk- og målingsusikkerhet. Det er derfor desto

viktigere med mer måledata, og kanskje flere målesystemer på en gang. Dette gjør at man trenger større båndbredde enn det mudpuls kan tilby. Et problem med veldig lange brønner i forhold til telemetri er at signalet fra mudpuls svekkes proporsjonalt med lengde på brønnen. Når brønnen blir over 8000 meter MD begynner det virkelig å gå på bekostning av signalet. Grunnen til dette er at refleksjoner fra borestrengen og topdrive rekker å komme i retur og interferere destruktivt med nye bølgetog fra BHA. Dette gjør at man ofte må kompensere med å bore saktere for å få høy nok måletetthet.

Den ytterste grensen for mudpuls telemetri levert av Schlumberger er 14 km (de sitter foreløpig på den beste mudpuls telemetrien). Da er det ingen signal å få. Riktignok er det per dags dato ingen brønner som er fullt så lange, men det nærmer seg.

9.3.2 Gulltopp

Gulltopp er en av de lengste brønnene i verden, og er akkurat ferdig boret og komplettert fra Gullfaks A installasjonen. StatoilHydro er interessert i å bore flere slike brønner, for å kunne nå flere marginale felt på Tampen. Gulltopp har ikke akkurat gått helt som planlagt, da det har vært en del problemer under boring og kjøring av liner. Alt i alt har det tatt mye lenger tid å bore og blitt langt dyrere enn planlagt. Mye av problemene som oppstod her er rent boretekniske, og selv om man ikke kan påpeke at noe kunne vært unngått ved bruk av WDP, er det likevel mulig å si at det hadde vært lettere å oppdage problemer under boring generelt sett.



Figur 8: Gulltopp, ERD brønn på Gullfaks

Tilgjengelig og ny teknologi spiller en viktig rolle for å redusere risiko på ERD brønner. Erfaringen bør komme fra mindre krevende boreoperasjoner først, og etter hvert når opplæring og testing er utført i tilstrekkelig grad, bør den overføres på mer krevende ERD oppgaver. På det grunnlag bør det vurderes å innføres WDP som standard for alle boreoperasjoner.

10 Nødvendig utvikling

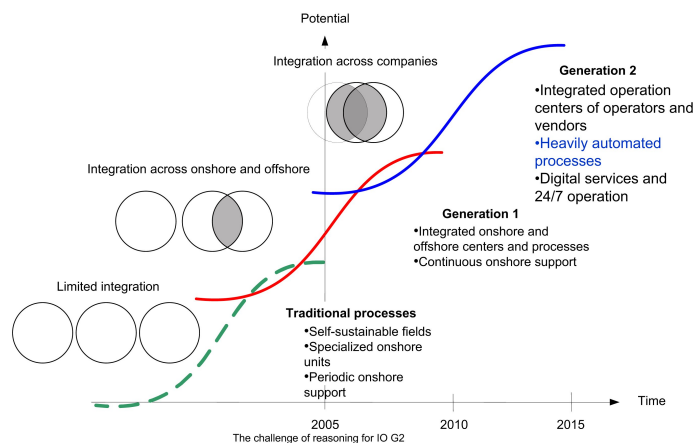
10.1 IO- utvikling

I OLFs rapport om 'Integrated Work Processes: Future work processes on the Norwegian Continental Shelf' [14] blir utviklingen innen "Integrated Work Process" (IWP) på norsk sokkel beskrevet som en utvikling gjennom to ulike generasjoner, G1 og G2.

Begge generasjonene vil betydelig forbedre kvaliteten og hastigheten på avgjørelser samt bidra til økt verdiskapning. G1 prosesser går i korte trekk ut på å integrere personell onshore sammen med de offshore, gjennom å opprette diskusjonsforum der avgjørelser tas. Dette er gjort mulig ved hjelp av høykvalitets bilde- og lydoverføring, samt at begge sider har tilgang til sanntidsdata. Personell på land kan på denne måten tilby mer operasjonell støtte. Det medfører en del organisatoriske endringer å jobbe på denne måten, men G1 prosesser er i dag i stor grad utført av både operatør- og serviceselskaper.

G2 prosesser går ut på å benytte seg av selgers kjernekompetanse og tjenester mer effektivt. Ved bruk av IT og selgers produkter vil operatørene kunne oppdatere reservoarmodeller, bore mål og brønnbaner under boring. De vil også kunne håndtere brønnkompletteringer fra land, optimalisere produksjon fra reservoar til eksportlinjer og implementere tilstandsbasert vedlikehold. Det er forventet at dette vil ha kraftig påvirkning på produksjon, utvinningsgrad (IOR), kostnader og sikkerhet. Implementasjon av G2 prosesser forutsetter at operatør og selger har oppegående kommunikasjonsnettverk og implementert organisatoriske endringer beskrevet i G1.

OLF's vision of IO G2



Figur 9: OLFs definisjon av IO

Mange G2 prosesser blir beskrevet til å benytte seg av sanntidsdata under boring. Med

dagens mudpuls teknologi er den mengden og type sanntidsdata beskrevet ikke mulig å oppnå. En kan også lese i rapporten at flaskehalsen i telemetri vil bli borte grunnet bruk av bredbåndsoverføring fra boreinstrumenter til overflaten. En infrastruktur som WDP blir dermed lagt som forutsetning for en videre utvikling.

Her kan en også trekke inn OLFs rapport om "Oppdatert verdipotensiale for integrerte operasjoner på norsk sokkel" [8]. Her blir verdipotensialet satt til 300 mrd NOK (NVP) på norsk sokkel. Det potensialet forutsetter en aggressiv implementeringspolitikk hvor hele potensialet med hensyn til relevant teknologi, organisering og andre effektiviserings tiltak utnyttes fullt ut. Dette inkluderer også ny teknologi som forventes å bli tilgjengelig i fremtiden. Rapporten trekker også frem at mange felt ligger bak implementeringsplanene for IO og stiller spørsmålsteget ved om innsatsen reflekterer ambisjonene. De påpeker også at hovedårsaken ligger på planlegging og gjennomføring av boring og brønnoperasjoner. Rapporten understreker også at betydelige kostnadselementer vil ligge i opplæring, og i utprøving og anvendelse av ny teknologi. De viktigste kostnadselementene er investeringer ved boring av nye og overhaling av eksisterende brønner, oppgradering av instrumentering og styresystem, samt restruktureringskostnader i forbindelse med innføring av nye måter å organisere arbeidet på.

Ut ifra det som er beskrevet i rapportene kan en påstå at implementering av WDP er et viktig steg for å komme videre med tanke på all den gevinsten som er beskrevet i rapportene. Tiden er inne for denne typen investeringer og en del av potensialet vil gå tapt dersom en venter for lenge. Innføring av WDP kan virke utløsende og er på noen områder en forutsetning for ny teknologi som er nødvendig for å oppnå målet om 10% økt utvinningsgrad på Gullfaks.

10.2 Vente?

Et argument for å vente er at det i dag finnes kun en tilbyder av WDP som gjør at prisen er presset maksimalt, slik at gevinsten er liten. Ryktene om at Vallourec & Mannesmann Tubes har noe på gang kan også være en motivasjon for å vente litt lenger. Det kan også argumenteres for å vente til teknologien er ferdig utviklet og alle svakheter er oppdaget og rettet opp.

I den anledning kan man trekke frem et poeng om StatoilHydros unike posisjon i Nordsjøen. Hvor mange andre er det som kan gjøre de nødvendige erfaringene på dypvannsinstallasjoner enn StatoilHydro selv? Det hjelper lite om WDP viser seg å være en suksess på installasjoner i USA og Asia hvis det ikke lar seg gjøre under de ekstreme forholdene og dybdene i Nordsjøen. Vurdert opp imot tidsplanene i rapporten vil det være luksus å ta seg tiden til å vente på at de andre operatørene i Nordsjøen skal lære seg å bruke dem først. Som rapporten understreker vil det være betydelige kostnadselementer i forbindelse med utprøving og anvendelse av ny teknologi. Hvis StatoilHydro virkelig har ambisjoner om å innføre nødvendige IO- tiltak etter hvert som de er tilgjengelige må de også være innstilt på å ta kostnadene i forbindelse med utprøving av ny teknologi.

I denne sammenhengen må en også trekke frem skepsisen rundt innføringen av Topdrive da den i sin tid ble lansert på markedet. Her så ikke de fleste operatørene behovet for et slikt verktøy og ventet med investeringen. I dag er det vel ingen som borer uten. Det samme skjedde med innføringen av horisontal boring. Operatørene hadde kanskje ikke nok tillit til teknologien til å være blant de første som testet ut teknologien. Det skal sies til operatørselskapenes fordel at det er mye som står på spill. Det koster utrolig mye hvis noe skulle gå galt under en boreoperasjon. Likevel bør ikke denne skepsisen råde for lenge. Som nevnt tidligere er WDP hovedpersonen i et nytt eventyr, da den åpner for mange nye anvendelser av brønndata og teknologi. Det er heller ingenting å diskutere om bredbånd til borekronen blir en suksess eller ikke. Alle ting taler for. Spørsmålet er om IntelliServ sin løsning er god nok, eller om en skal vente til andre selskaper kommer med bedre og billigere løsninger.

11 Økonomiske betraktninger

Når det gjelder økonomi så er det lite rapporter å vise til som kan illustrere faktisk fortjeneste ved bruk av WDP. I dette avsnittet vil vi likevel prøve å vise hvordan WDP innvirker på økonomien basert på de fordelene som er avdekket i pilotprosjektene.

11.1 Redusert boretid

Den største gevinsten ved WDP vil komme som følge av redusert boretid. Mer informasjon og bedre styring beskytter strengen bedre. Dette fører til større pålitelighet som igjen fører til lengre løp og færre tripper på grunn av feil. Dette ble tilfellet på Troll piloten (se kap 7). Her medførte WDP teknologien at de unngikk å ta to tripper. Med dagens pris på borerigger som ligger mellom 1.5 til 1.7 MNOK per dag kommer en fort opp i betydelige summer dersom en reduserer boretiden. I de pilotene som er blitt gjennomført har ikke hovedfokuset vært å redusere boretiden, men heller å bli kjent med systemet og teste ut litt av potensialet.

11.2 Et lite regnestykke

La oss anta at de på hele Gullfaks borer ca 8 brønner i året og hver av disse tar rundt 100 dager. Det er ikke så langt fra sannheten. Videre antar en at WDP har vist potensialet til å redusere boretiden med 5 dager i snitt. Kjapt regnet blir det 24 dager i året. Med en pris på 1,7 MNOK per dag blir det 68 MNOK i året.

Selvsagt må også merutgiftene trekkes fra for å danne et mer helhetlig bilde av situasjonen. Prisen på konkurrerende mudpuls teknologi vil også ha betydning for gevinsten. Schlumberger har brukt mye penger på å få en god mudpuls teknologi og har i dag den beste og dyreste teknologien. De er derfor ikke blant de største pådriverne for WDP teknologien til IntelliServ, men holder heller litt igjen. Likevel har Schlumberger i et samarbeid med IntelliServ utviklet en IntelliSub som er kompatibel med de eksisterende MWD/LWD/RSS verktøy som Schlumberger har i dag. Baker derimot har en billigere og dårligere mudpuls teknologi og er derfor mer positiv til WDP. Nå skal det sies at foreløpig er det ikke aktuelt å bruke WDP uten mudpuls som backup, men hvis WDP fortsetter å være like pålitelig som mudpuls vil det kanskje ikke være nødvendig med en slik sikkerhet.

11.3 Monopol

IntelliServ er et datterselskap av Grant Prideco som den nest største produsenten av borerør i verden. Det ryktes at den største produsenten Vallourec & Mannesmann Tubes også utvikler sitt eget WDP konsept. Et konkurrerende alternativ vil gjøre mye med prisen på WDP teknologi. Dessverre vil det trolig gå lang tid før IntelliServ må oppgi

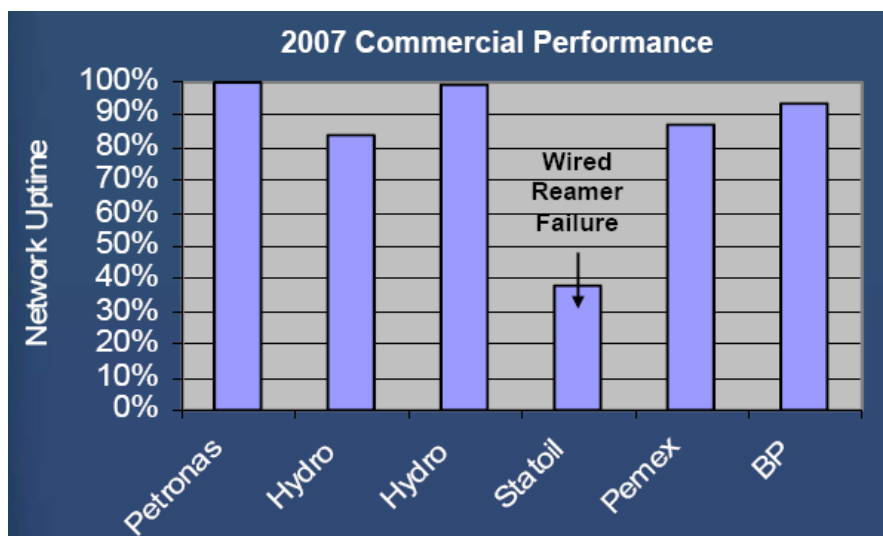
monopolet og senke prisen.

11.4 Bedre brønn

Det vil også være en merinntekt knyttet til at WDP kan gi bedre produserende brønner. Dette er et resultat av mer optimal brønnplassering. Brønnen vil også kunne få lengre levetid.

12 Pålitelighet

Et stort problem med WDP er at dersom en kobling eller signalkabel svikter, så svikter hele signaltransmisjonen. Når det er koblinger hver tiende meter, medfører dette at sjansene for feil blir større dess lengre brønnene er, da total sannsynlighet for feil blir sannsynlighet for feil i ett rør opphøyd i antall rør. Til nå har det blitt boret over 40 brønner med en total lengde på mer enn 110 000 meter uten at dette enda har skjedd, og skulle det skje, så vil mudpuls telemetri foreløpig være tilstede i backup. I 2007 hadde WDP i snitt en oppetid på 83% i de kommersielle brønnene som ble boret.



Figur 10: Pålitelighet [5]

Dersom man ser bort fra feilen med Wired Reamer på Visund-feltet, hadde WDP en oppetid på 93%. Denne feilen gjorde at datakommunikasjonen ble avbrutt. Signalene ble fortsatt sendt med mudpuls uten behov for tripping i mellom. En ny design har nå gjort at dette problemet ikke skal oppstå igjen. Gjennomsnittlig oppetid for boring av brønn nummer to og utover fra samme rigg er 97%. Dette viser at med litt erfaring så vil oppetiden øke. Dette kommer antakeligvis av at det er en liten omstillingsprosess fra konvensjonelle borerør. Det gjelder spesielt måten rørene blir behandlet på. Disse bør behandles litt mer forsiktig når de er på dekk for å unngå skader på spolene. Bruk av spesielle gummimatter på dekk minsker risikoen for skader, og ble brukt på Troll-piloten. Holdbarheten og styrken til WDP er den eksakt samme som for vanlige borerør, siden kabelen og spolene installeres etter at borerøret er produsert. De eneste endringene fra et vanlig borerør er en fordypning på pin og et hull i rørkoblingen som kabelen går igjennom. Utenom dette er spesifikasjonene de samme som et vanlig borerør.

Nodene (se kap 2.1) i borestrengen forsterker signalet og eliminerer støy uten å påvirke

signalet på andre måter. Disse gjør at nettverket vil sende data med samme hastighet og pålitelighet uansett hvor lang borestrengen er. Disse går på batteri, men har mer enn nok kapasitet til at dette ikke er noe problem under boreprosessen. Batteripakkene som ble brukt under Visund-piloten hadde en levetid på 60 dagers operasjon, og disse ble byttet slik at de hadde minst 20 dagers operasjonstid igjen når borestrengen gikk i hullet. Normale bitrun varer mye kortere enn dette. Men dersom en av batteripakkene skulle svikte, ville signalet kunne bli for svakt til å komme opp til overflaten ettersom det svekkes i hver eneste overføring mellom borerørene. Men siden dette ikke har skjedd enda, blir det ikke ansett for å være et problem.

I tillegg til induktive koblinger som IntelliServs løsning, finnes det også forsøk på å lage konduktive koblinger i borerør. Fordelen med konduktive koblinger, er at signalet kan sendes lengre uten å forsterkes, slik at man slipper noe kompleksitet som kan svikte i induktive koblinger. Men samtidig er sammenføyningene her fortsatt mer komplisert, og de kan derfor svikte fortere. Dessuten er de vanskeligere og mer kostbare å bytte ut dersom det blir feil på disse. Fordelen med induktive koblinger i forhold til konduktive koblinger er at sjansen for feil i koblingene er mindre, da man ikke trenger direkte kontakt. De induktive koblingene er også stort sett upåvirket av boreslam. Til nå er det ikke kommersialisert en løsning for WDP med konduktive koblinger.

13 Forbedringer

WDP ble kommersialisert i 2006 og over 40 brønner er blitt boret siden den gang. De forskjellige rapportene vurderer systemet fra å være et nytt og uprøvd system til å ha bevist sin styrke og holdbarhet basert på en helhetlig vurdering. Likevel har pilotene avslørt forbedringspotensial på flere punkter. Noen går direkte på det fysiske oppsettet med systemet, mens andre går mer på apparatet rundt for å kunne utnytte systemet på best mulig måte. Under finnes en samling av erfaringer fra de forskjellige pilotene.

- Utdanning av personell. Lage opplæringsvideo til involvert personell på riggen. Videoen bør ha fokus på forsiktig håndtering.
- Problem med at nåverende LWD & MWD verktøy ikke "tåler" den store dataoverføringen ved å kjøre all rådata rett til WDP. Videreutvikle LWD & MWD verktøy som per i dag er dimensjonert for mudpuls telemetri, til å kunne fullt utnytte båndbredden som WDP tilbyr.
- Utnytte muligheten til å putte flere mekaniske måleinstrumenter på borestrengen.
- Utvikle bedre prosesserings hardware og software, for å bedre kunne takle den "nye" store mengden sanntidsdata.
 - Bytte ut tolkeren med tolknings program
 - Utvikle optimaliserings software → øke ROP og borekronens ytelse
 - I dag sitter det personell og optimaliserer WOB og RPM
- Trådløs overføring av prosesseringsverktøy og Topdrive Swivel, unngå ledning som lett kan skades under make-up
- Muliggjøre måling under tripping
- Gjøre utstyret mer robust. Kan tåle mer sjokk og vibrasjoner uten å bryte sammen. Kvitte seg med "barnesykdommer".

13.1 StatoilHydro sin visjon for WDP

- Boreprosess optimalisering
 - Redusere BHA problematikk, øke ROP og redusere nedetid ved å forstå og kontrollere boredynamikk.
 - Måle mens pumpene er av
 - * Static mudweight monitoring (ESD),
 - * Surge/swab kontroll,
 - * Mini-frac, FIT etc.

* SWD.

- Sende måledata også når topdrive er frakoblet.
 - Bedre overvåkning av hullrensing, hydraulikk og hullstabilitet. Benytte fordelt trykk, temperatur, borestrengkrefter og calliper målinger.
 - Diagnose av boreutstyr i sanntid og to-veis kommunikasjon for å unngå unødvendig tripping samt reprogrammering fra overflaten.
 - MPD: Automatisert choke og pumperegulering for nedihull trykk kontroll.
 - Bruke nedihulls målinger til å automatisere kontroll og regulere pumpene, draw works, og topdrive. Automatisere geometrisk brønnbanekontroll , semi-automatisert geostyring.
- Optimal brønnplassering og evaluering for å maksimere utvinningspotensiale.
 - Bedre data for geostyring enn mulig i dag med minne kvalitetsmålinger (memory quality measurements), bedre og raskere beslutningsgrunnlag for kompletteringsløsninger, forbedret "look-ahead" muligheter
- HMS
 - Brønnkontroll: tidlig deteksjon av kick, informasjon for håndtering av kick, bedre tapsdiagnostikk, mulighet til å ta målinger uten slamretur.
 - På lang sikt: mindre håndtering av borerør per brønn

[12]

14 Konklusjon

I de siste årene har nedihulls sensorer utviklet seg til å bli mer og mer sofistikerte, mens teknologien for å få opp dataene har stått på stedet hvil. WDP kan rette opp denne skjevheten ved å fjerne telemetri flaskehalsen som har oppstått. Her åpnes dørene for videre utvikling av avanserte måleverktøy.

Å innføre ny teknologi er ofte en utfordring, spesielt i oljebransjen. Mange har slått seg til ro med den teknologien som eksisterer og ser ikke behovet for noe nytt. Å overbevise om at noe er verdt å satse på kan ofte bli møtt med stor skepsis. Den viktigste grunnen for at det ofte er motstand mot ny teknologi er risiko for at noe skal gå galt. Dersom man mister et hull på grunn av at nye verktøy har sviktet, kan det raskt bli meget dyrt.

Med risiko menes også risiko overfor personell på riggen. Dersom noe skulle gå ordentlig galt kan det bety stor risiko overfor personell og miljø. En utblåsning kan medføre eksplosjon og tap av menneskeliv, og ikke minst en miljøkatastrofe. Dette gjør at det selvsagt må eksistere en sunn skepsis og kritisk overveielse av nye systemer.

Det vi ikke kommer unna er at selv om man ønsker å utføre ting på en risikofri måte, så må man tørre å ta i bruk ny teknologi. Dette til tross for at man risikerer at det ikke kan brukes. Erfaring og utvikling kommer ofte gjennom ”prøv og feil metoden”. Når det gjelder WDP må man tørre å ta de første skrittene, og selv om det kanskje ikke fungerer optimalt med det første, vil det mest sannsynlig bli en suksess etter hvert.

Gullfaksplattformene begynner å bli noen år, og mye av boreutstyret er modent for utskifting eller oppgradering. Henviser til Reservoarstyringsplan side 608 [11]. Dersom man først har tenkt å gjennomføre en oppgradering, bør WDP vurderes implementert. En oppgradering er kostbar og tidkrevende, og det hadde vært kjedelig dersom nyinnkjøpt utstyr måtte bli skiftet ut igjen etter kort tid.

En har de siste årene sett at oljeprisen har gått kraftig opp. Dette gir støtte til utbygging av flere utfordrende og marginale felt som med en lav oljepris ikke hadde vært lønnsomme. Fortsetter oljeprisen slik gir det støtte for tyngre satsing på teknologi fremover.

Referanser

- [1] Eage/spe joint workshop 2007 dublin, ireland, 26-28 march - workshop handout. 2005.
- [2] <http://updates.spe.org/index.php/2007/10/23>. Seismic-while-drillings-promise-pitfalls-discussed-at-recent-etw. 2007.
- [3] <http://www.statoilhydro.com/en/NewsAndMedia/Multimedia/features/Pages/FactsAboutIO.aspx>. Facts: Integrated operations. 2008.
- [4] Intelliserv inc. High speed drill string telemetry technology. 2006.
- [5] Intelliserv inc. Ultra high-speed drill string telemetry- low risk, high value. 2008.
- [6] Norsk Hydro Morten H. Dethloff, Halliburton; Steen Agerlin Petersen. Spe 109893: Seismic-while-drilling operation and applications. 2007.
- [7] Riedel Nilsson. *Electric circuits, seventh edition*. Person Prentice Hall, 2005.
- [8] OLF. Verdipotensialet for integrerte operasjoner på norsk sokkel. 2006.
- [9] Gullfaks B og B StatoilHydro. Integrated operations in well control situation on gullfaks b. 2007.
- [10] Schlumberger Tor Stein Olbergand og Harald Laastad, Statoilhydro; Bill Lesso SPE; Adrian Newton. Spe 112702: The utilization of the massive amount of real-time data acquired in wired drillpipe operations. 2008.
- [11] StatoilHydro v/OWE GF PTC. Reservoarstyringsplan for gullfaks hovedfelt og satellitter 2007. 2007.
- [12] StatoilHydro v/Tor Stein Oelberg. Wdp spe stavanger chapter 13-02-2008. 2008.
- [13] H Wolter, IntelliServ Inc.; J Macpherson SPE G Heisig SPE K Gjerdning; Hydro; M Reeves, SPE, and Baker Hughes INTEQ Ralf Zaeper, SPE. Spe 110939: The first offshore use of an ultra high speed drillstring telemetry network involving a full lwd logging suite and rotary steerable drilling system. 2007.
- [14] OLF Work Group Integrated Work Processes. Integrated work process: Future work processes on the norwegian continental shelf. 2008.
- [15] www.iadc.org. Iadc glossary of mpd terms. 2005.

A Kilder

- Øyvind Nistad Stamnes, doktorgradsstudent ved NTNU, Institutt for teknisk kybernetikk
- Tor Stein Ølberg, StatoilHydro
- Graham Reaper, LWD Interpretation & Development Engineer, Schlumberger data & Consulting Services
- Maximo Hernandez, Business development manager, Intelliserv inc
- Knut Müller, StatoilHydro
- Lise Christophersen, StatoilHydro
- <http://www.glossary.oilfield.slb.com>
- <http://www.OLF.no>
- <http://www.intelliserv.com>
- <http://www.statoilhydro.com>

B Symbol

- WPD = Wired Drill Pipe
- TVD = True Vertical Depth
- MD = Measured Depth
- ERD = Extended Reach Drilling
- MPD = Managed Pressure Drilling
- BHP = Bottom Hole Pressure
- SWD = Seismic While Drilling
- PWD = Pressure While Drilling
- LWD = Logging While Drilling
- MWD = Measurement While Drilling
- TJ = ToolJoint
- HSE = Health, Security & Environment
- HMS = Helse, Miljø & Sikkerhet
- WOB = Weigth On Bit
- DWOB = Downhole Weigth On Bit
- DTOR = Downhole Torque
- RPM = Rotations Per Minute
- FEWD = Formation Evaluation While Drilling
- DG = Dual Gradient
- RC = Reverse Circulation
- RSS = Rotary Steerable System
- ECD = Equivalent Circulating Density
- UBD = Under Balanced Drilling
- HPHT = High Pressure High Temperature
- RCD = Rotating Control Device

- CBHP = Constant Bottom Hole Pressure
- FoU = Forskning og Utdanning
- IWP = Integrated Work Proses
- FIT = Formation Integrity Test
- ROP = Rate Of Penetration
- IOR = increased Oil recovery
- P & A = Plug & Abandon