



DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTETET

BACHELOROPPGAVE

Studieprogram/studieretning: Energi og petroleumsteknologi	<i>Vår semesteret, 2023</i> Åpen
Forfatter: Stian Kolnes	
Fagansvarlig ved UiS: Kjell Kåre Fjelde Medveileder: Ekstern(e) veileder(e):	
Tittel på oppgaven: En beskrivelse av ulike trykkkontroll metoder Engelsk tittel: Description of Various Pressure Control Methods	
Studiepoeng: 20	
Emneord: Trykkkontroll Kick-toleranse Gassmigrasjon	Sidetall: Stavanger, <i>15.05.2023</i>

Sammendrag

I industrien finnes det to hovedmetoder for håndtering av kick, og valg av metode avhenger i stor grad av selskapets prosedyrer. Derfor er det relevant å undersøke forskning som er gjort på området for å identifisere en enkel og effektiv måte å håndtere kick på samtidig som man tar hensyn til trykket i brønnen.

En viktig faktor å vurdere er forskning på gassmigrasjon og dens innvirkning på drepeoperasjoner, samt eventuelle andre effekter det kan ha. Ved å utforske disse sammenhengene kan man få bedre innsikt i hvordan gassmigrasjon påvirker kick og de viktige faktorene som er involvert.

Det er også relevant å undersøke hva som påvirker kick, som for eksempel bunnhullstrykk, slamvekt, hulldiameter, formasjonsstyrke og kicktoleranser. Ved å undersøke tidligere forskning på disse områdene kan man få bedre forståelse av hvordan disse faktorene påvirker kick og hvilke potensielle fordeler de kan gi.

En grundig gjennomgang av forskning på håndtering av kick, inkludert undersøkelser av gassmigrasjon og faktorer som påvirker kick og kicktoleranser, kan bidra til å identifisere effektive metoder og potensielle fordeler knyttet til trykk i brønnen. Dette kan igjen bidra til utviklingen av mer effektive brønnkontrollprosedyrer og redusere risikoen for komplikasjoner som undergrunnsutblåsning.

Innhold

BACHELOROPPGAVE	1
Forkortelser	4
Introduksjon	5
Mål med oppgaven	5
Barrierer	6
Primærbarriere.....	6
Sekundærbarriere	6
Kick	7
Hva er et Kick	7
Hva kan forårsake et Kick	7
Indikasjoner på kick	7
Under boring.....	7
Under tripping	7
Hva gjør du hvis du får flere symptomer på kick	7
Gassmigrasjon & gassløselighet	8
Gassmigrasjon	8
Slugmigrasjon.....	8
Boble migrasjon	8
Effekt	8
Regneeksempel gassmigrasjon.....	8
Gassløselighet.....	9
Trykkkontroll utstyr	10
BOP – blow out preventer	10
Annular preventer.....	10
Pipe ram.....	10
Blind/shear ram	11
Chokeline	11
Choke-ventil	11
Slampumper	11
Poor boy degasser.....	11
Drepemetoder	11
Innstenging av brønnen	11
.....	12
Trykkkontroll parametere og beregninger	12
Parametere før kick	12

<i>SIDPP og SICP</i>	13
Beregninger	14
ICP	14
Drepevæske	14
FCP	15
Volumer I brønnen.....	15
Slag per seksjon.....	15
Sirkulasjonssystemet under kick og hvordan trykket på bunnen holdes konstant	16
Oppførselen til choketrykket under kickutsirkulering:	17
Hvordan vet vi at bunnhullstrykket er konstant?	17
Drillers metode	18
Vente-og-veie metoden.....	19
Kick-toleranser	21
Regneeksempel	23
Konklusjon	30
Referanser	31

Forkortelser

SIDPP = Shut in drill pipe pressure/ innstengningstrykk på toppen av borerør

SCR = Slow sirkulasjon rate/sirkulasjon rate ved brønndreping

SPM = Stroke per minute/ pumpe­slag per minutt

TVD = True vertical depth/ vertikal dybde

MD = Measured depth/malt dybde

ROP = Rate of penetrasjon

BOP = Blow out preventer

BHA = Bottom hole Assembly

MAASP = Maximum allowable annulus surface pressure

DDH – Drilling data handbook

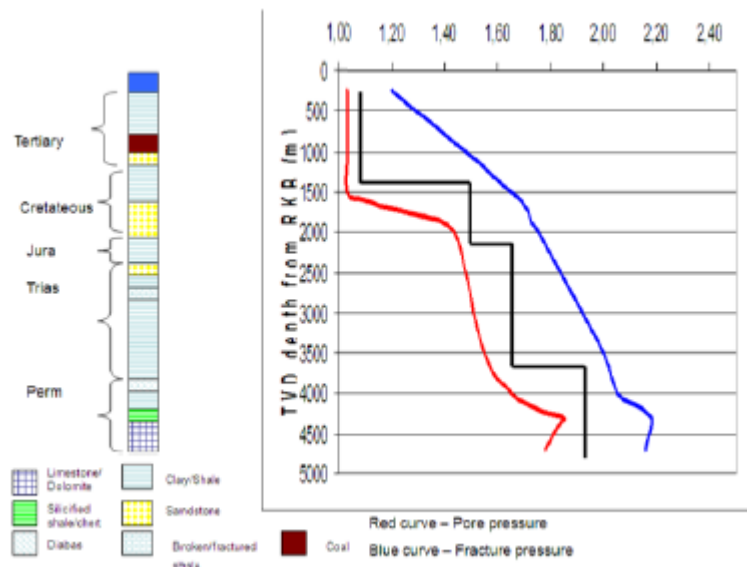
Introduksjon

Målet med denne oppgaven er å gi en grundig introduksjon til forskjellene mellom to velkjente metoder for brønnkontroll, nemlig Drillers-metoden og vente-og-veie-metoden. Vi vil analysere hvordan disse metodene kan påvirke skotrykket og vurdere deres respektive fordeler og ulemper.

Videre vil oppgaven dykke dypere inn i temaer som gassmigrasjon og gassløselighet, og belyse hvordan disse fenomenene spiller en rolle i brønnkontroll og kick-håndtering. Vi vil også diskutere forskjellene mellom kick som oppstår i vannbasert og oljebasert slam, og vurdere hvordan ulike slamtyper påvirker brønnkontrollstrategier.

Et annet viktig tema som vil bli utforsket i denne oppgaven er kicktoleranser. Vi vil forklare hva kicktoleranser er, og hvordan de er viktige for brønnkontroll og sikkerhet. Vi vil undersøke faktorene som påvirker kicktoleranser, slik som borehullsgeometri, borvæsketyper. I tillegg vil vi utforske konsekvensene av kicktoleranser for brønndesign, og vurdere hvordan man kan optimalisere designet for å redusere risikoen for farlige situasjoner under boring.

Gjennom denne oppgaven vil leseren få en dypere forståelse av de ulike metodene og prinsippene som ligger til grunn for brønnkontroll og kick-håndtering, og hvordan disse aspektene spiller en avgjørende rolle i sikker og effektiv boring.



Figur 1 Figur 1 – Brønndesign [6]

Mål med oppgaven

Målet med denne oppgaven er å gi en innføring i forskjellene mellom Drillers-metoden og Wait and Weigh-metoden, samt undersøke om de resulterer i ulike skotrykk. Videre vil oppgaven ta for seg gassmigrasjon og gassløselighet, og belyse forskjellene mellom kick i vannbasert og oljebasert slam. Fokuset vil også rettes mot forståelsen av kicktoleranser, faktorene som påvirker dem, og konsekvensene de har for brønndesignet.

Barrierer

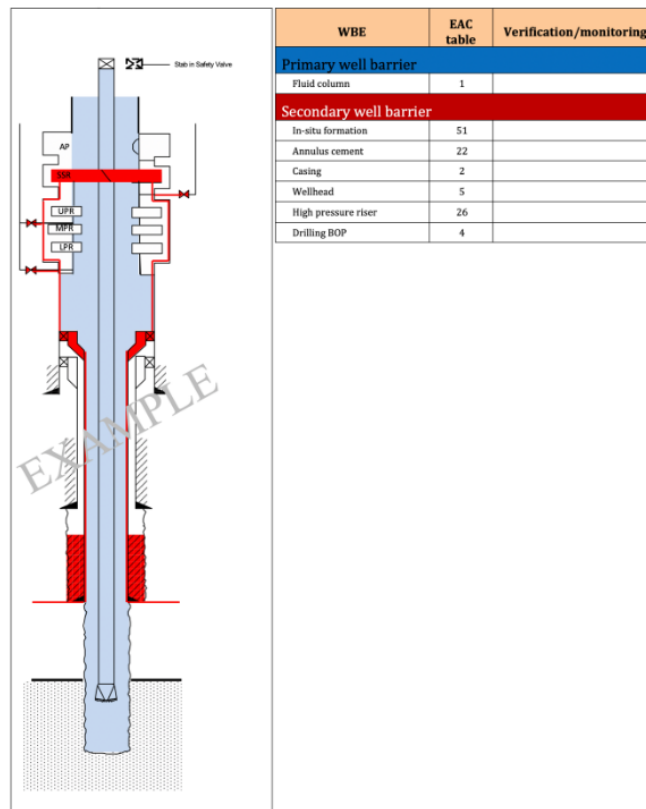
NORSOK D-010 er en standard som gir retningslinjer for brønnkonstruksjon og boring i petroleumsvirksomheten på norsk sokkel. Standarden inneholder anbefalinger og krav for å sikre effektiv og sikker brønnoperasjon. For å kunne utføre sikker boring sier denne standarden at du må ha 2 uavhengige barrierer. Disse barrierene blir som regel klassifisert som primær og sekundærbarriere

Primærbarriere

Borevæsken fungerer som din primærbarriere under boring. Den opprettholder tilstrekkelig hydrostatisk trykk i brønnen for å forhindre en influx og dermed redusere risikoen for en utblåsning som følge av influx. For at borevæsken skal kunne fungere effektivt som en barriere, må den ha tilstrekkelig densitet slik at trykket ved bunnen av borehullet er høyere enn trykket i formasjonen.

Sekundærbarriere

Sekundærbarrierer er etablert for å gi ytterligere beskyttelse mot utblåsninger dersom primærbarrieren ikke er tilstrekkelig, for eksempel ved en influx. Sekundærbarrieren inneholder flere komponenter som arbeider sammen for å forhindre utblåsninger. Eksempler på sekundære barrierer som kan ses i et barrierereprogram inkluderer: formasjonen ved skoen, sementen rundt skoen, det sist satte foringsrøret, brønnehodet, høytrykksriseren og Blowout Preventer (BOP).



Figur 2 – Barrierer og barrierelementer under boring [8]

Kick

Hva er et Kick

Et kick er en uønsket og utilsiktet innstrømning av formasjonsvæsker, som gass, olje eller vann, inn i borehullet under boreoperasjoner. Dette skjer når trykket som utøves av borevæsken ikke er tilstrekkelig til å balansere trykket fra formasjonen, noe som tillater væsker å strømme inn i borehullet. Hvis et kick ikke oppdages og kontrolleres raskt, kan det eskalere til en mer alvorlig hendelse kalt en utblåsning, noe som kan føre til en mulig farlig og ukontrollert frigjøring av formasjonsvæsker.

Hva kan forårsake et Kick

For lav slamdensitet: Dersom borevæskens densitet er for lav, kan dette føre til en innstrømning av gass, olje eller vann inn i brønnen. Dette kan skyldes at poretrykket i formasjonen er høyere enn det hydrostatiske trykket fra slammet eller at temperatureffekter gjør at slammet har mindre tetthet enn man tror. Den siste er det viktig å tenke på når du borer (høyt trykk og temperatur) HPHT brønner

Tap av sirkulasjon i porøse soner: Når man borer inn i en svært porøs sone, kan det oppstå tap av sirkulasjon. Dette innebærer at borevæsken går tapt inn i formasjonen, noe som senker slamkolonnen. Dersom nok væske går tapt, vil det hydrostatiske trykket fra slamkolonnen bli utilstrekkelig, og dette kan føre til et kick.

Surge og Swab ved hurtig bevegelse av borestrengen: Dersom borestrengen trekkes for raskt inn eller ut av brønnen, kan det oppstå Surge eller Swab. Surge oppstår når borestrengen trekkes for raskt ut av hullet, og slammet over BHA ikke får tid til å bevege seg under den. Dette skaper en sugeeffekt som forårsaker et undertrykk under BHA. Swab oppstår når borestrengen beveges for raskt inn i hullet, noe som kan føre til at trykket blir for høyt og formasjonen under BHA sprekker. Begge disse situasjonene kan føre til et kick.

Indikasjoner på kick

Under boring

Økning av borehastigheten

Økning av slamnivå i tankene

Retur slammet er oppblandet med gass, olje eller vann

Økning av pumpehastighet/fall i pumpe trykk

Under tripping

Når du tripper (beveger borestrengen inn og ut av brønnen) er det viktig å ha volum kontroll. Dette gjør du med å bruke en mindre tank som heter tripp tank som det er lettere å se volum endringer i. Når du tripper deg inn i brønnen så vil nivået øke i tanken. Ut ifra hvilke borerør det brukes så vet man hvor mye nivået skal øke. Hvis det øker mer en forventet er dette en indikasjon på kick.

Hva gjør du hvis du får flere symptomer på kick

Hvis det er indikasjon på flere symptomer på kick. Vil prosedyren være å ta en strømningssjekk (Flow check). Dette er da å stoppe alt av pumper, rotasjon og bevegelse ut og inn av brønnen med borestrengen. Hvis strømningssjekken er positiv, vil man da starte med innestengings prosedyre og starte en drepeoperasjon med en drepemetode. Dette vil en komme tilbake til når det gjennomgås drepemetoder.

Gassmigrasjon & gassløselighet

Gassmigrasjon

Når man bruker vannbasert slam og har fri gass, vil gassen i brønnen naturlig bevege seg oppover på grunn av oppdrift. Hastigheten til denne bevegelsen oppover kan beregnes ved hjelp av formel (1) som er beskrevet i [3], og stammer fra gass-slip-modellen. K_{mix} representerer hastigheten på gassens bevegelse som skyldes pumping, mens S angir den naturlige hastigheten gassen beveger seg med uten ytre påvirkning.

$$V_g = K_{mix} + S \quad (1)$$

Slugmigrasjon

I større mengder gass vil gassen bevege seg samlet oppover i brønnen. I fra [3] så vil formel 2 være hvordan du regner ut gass migrasjonen når du har større mengder gass. Vanligvis så vil denne hastigheten være rundt 0.5m/s

$$S_{slug} = 0.35 \sqrt{\frac{g(\rho_l - \rho_g)d_{out}}{\rho_l}} \left(1 + \frac{0.29d_{in}}{d_{out}}\right) \quad (2)$$

Boble migrasjon

I mindre mengder gass vil gassen bevege seg som mindre bobler oppover i brønnen. I fra [3] så vil formel 3 være hvordan du regner ut gass migrasjonen når du har mindre mengder gass. Vanligvis så vil denne hastigheten være rundt 0.2m/s

$$S_{Bubble} = 1.53 \left[\frac{g(\rho_l - \rho_g)\sigma}{\rho_l^2} \right]^{0.25} \quad (3)$$

Effekt

Den effekten gassmigrasjon har på et kick er at gassen vil bevege seg raskere enn bare sirkulasjons hastigheten. Når gassen migrer oppover i slammet vil den også legge fra seg små bobler som vil være suspendert i slammet. Som gjør at gassen vill være spredd i slammet. Så å regne gassen som en enkel boble (single bubble model) er en urealistisk model å ta i betraktning.

Når brønnen er stengt, vil gassmigrasjonen S fra (1) fortsatt påvirke situasjonen, og gassen vil derfor stige selv om brønnen er lukket. Hvis det tar lang tid før drepeoperasjonen starter, kan gasskicket bevege seg helt opp til rett under BOP. Ettersom gasskicket stiger oppover i den stengte brønnen, vil trykket øke fordi gassen ikke får mulighet til å ekspandere. Dette innebærer at jo lengre tid det tar før drepeoperasjonen påbegynnes, desto større blir risikoen for å frakturere formasjonen ved foringsrørskoene. Simuleringer relatert til dette fenomenet kan finnes i referanse [6].

Regneeksempel gassmigrasjon

For å vise hva som kan påvirke gassmigrasjonen litt lettere. Her er et lite regne eksempel med 2 forskjellige ytre diameter 12.25 foringrør og 19 riser

Slamdensitet = 1500kg/m³ Gasdensitet overflate spenning = 77*10⁻³ N/m σ = 9.81m/s foringsrør: $D_{out} = 12.25''$ og $D_{in} = 5''$ riser: $D_{out} = 19''$ og $D_{in} = 5''$

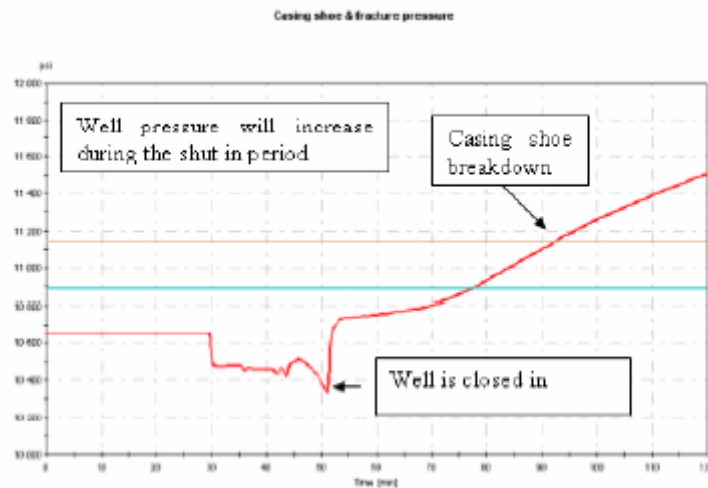
Hvis vi setter inn verdiene i formelene (2) og (3) så får vi svarene

Foringsrør: Bobble = 0.221m/s Slug = 0.637m/s

Riser: Bobble = 0.221m/s Slug = 0.763m/s

Fra svarene kan vi se at diameter påvirker ikke bubble migrasjon, mens slug påvirker så boble migrasjonen vil være nokså like i de øverste seksjonene som de dypeste.

Figuren nedenfor viser en kikk-simulering hentet fra [9]. Her holdes brønnen stengt mens kicket migrerer oppover i vannbasert slam. Trykkene i brønnen vil bygge seg opp, og man vil til slutt risikere at trykket ved foringsrørskoen blir større enn fraktureringstrykket. Dette kan føre til komplekse brønnskrollproblemer, som for eksempel undergrunns utblåsning.



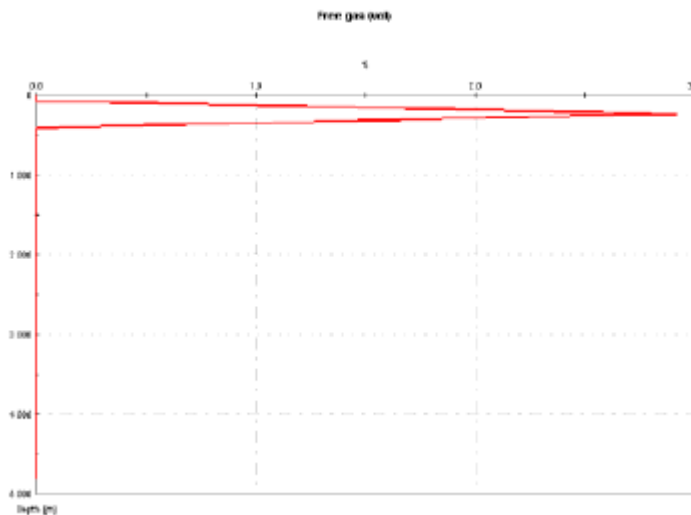
Figur 3 - Trykk ved foringsrør for innstengt brønn [9]

Gassløselighet

Når man borer med oljebasert borevæske og opplever et kick, kan gassen blande seg inn i borevæsken. Dette medfører at det i begynnelsen ikke finnes fri gass i brønnen når et kick oppstår. Dette gjør det vanskelig å oppdage et kick tidlig, siden brønnen tilsynelatende virker stabil. Grunnen til dette er at når gassen er blandet inn i borevæsken, har den ingen egen migrasjonshastighet og følger borevæskens bevegelse.

Etter å ha pumpet borevæsken lenger opp i brønnen, vil gassen skille seg fra borevæsken og bli til fri gass. Dette reduserer tiden man har til rådighet for å reagere før gassen beveger seg forbi BOP. En potensiell fordel med denne prosessen er at gassen vanligvis skiller seg ut etter å ha passert foringsrørskoen, noe som betyr at det ikke er fri gass i åpent hull. Dette resulterer i mindre trykk på foringsrørskoen.

Under kan du se noen simuleringer der et kick først blir helt løst inn i det oljebaserte slammet[9]. Det er ingen indikasjoner på kick så boringen fortsetter. Etter en stund når kicket har beveget seg opp i brønnen vil gassen koke ut ifra slammet og bli til fri gass. Dette starter når gassen er rundt 200-400m. Du finner da at du har kick pga. brå økning av slamtanknivå. Dette gjør at det er lite tid på å stenge brønnen før kicket har passert BOP og du får en utblåsning. Så det er viktig å kunne stenge brønnen rask for å unngå utblåsning



Figur 5 Fri gass som følge av at kick koker ut av løsning [9]

Trykkontroll utstyr

For å kunne håndtere et kick, kreves det en del spesifikt utstyr. Her beskrives utstyret som er nødvendig for å gjennomføre drepeoperasjoner, og hvilke funksjoner de har i forbindelse med slike operasjoner.

BOP – blow out preventer

BOP er en del av den sekundære barrieren og brukes til å stenge brønnen i situasjoner der borevæsken (slammet) ikke fungerer som en tilstrekkelig barriere. Dette gjøres ved bruk av forskjellige ventiler tilpasset ulike situasjoner. De ulike ventilene er Annular Preventer, Pipe Ram og Blind/Shear Ram.

Annular preventer

Denne enheten bruker hydraulisk trykk for å presse en gummipakning mot borestrengen. Denne typen kan forsegle rundt flere forskjellige rørstørrelser. Dersom det er rør i brønnen, vil dette være den første ventilen du stenger. Det er også mulig å bevege borestrengen nedover i brønnen samtidig som den er tett - dette kalles 'stripping'. Dette er viktig, ettersom både drillers og vent-veie-metoden krever at borestrengen er ved bunnen av brønnen.

Pipe ram

Denne ventilen bruker hydraulisk trykk for å presse to gummi-elementer rundt borestrengen. Ulempen med denne er at den bare kan forsegle rundt én størrelse på rør, for eksempel et 5-tommers borerør. Derfor brukes denne ventilen ofte etter at Annular Preventer er stengt, siden den kun kan forsegle rundt den tynneste delen av borerøret og ikke der borerørene skrues sammen, da disse har en større ytre diameter. Dette er for å minimere volumet av gass som ligger over choke-linjen og under den stengte ventilen.

Blind/shear ram

Denne ventilen brukes hovedsakelig for å stenge brønnen når det ikke er rør gjennom BOP. I nødstilfeller kan den også brukes til å kutte strengen og stenge brønnen. Dette er siste utvei for å forhindre en utblåsning, så den blir ikke mye brukt til å stenge når det er rør i brønnen.

Chokeline

Er et rør du bruker under en drepeoperasjon for å lede væskestrømmen fra BOP til choke-manifolden. Er et lite rør vanligvis 3 tommer indre diameter. På faste installasjoner er lengden på dette røret ofte så kort at den kan ignoreres i beregninger av friksjonstrykk. Men når det bores fra en flytende innretning, er lengden betydelig større, noe som betyr at friksjonstrykket vil påvirke trykket i brønnen. Derfor er det viktig å inkludere chokelinefriksjon i disse beregningene. Dens innflytelse vil bli ytterligere diskutert i seksjonen for Trykkkontrollparametere og beregninger.

Choke-ventil

Ventilen befinner seg i choke-manifolden oppe på boredekket. Når du utfører en drepeoperasjon, går returstrømmen gjennom choke-manifolden og gjennom en choke-ventil. Choke-ventilens funksjon er å holde et konstant bunnhullstrykk som er over poretrykket for å unngå å ta inn mer kick. Choke-ventilen struper væskestrømmen for å øke friksjonstrykket under sirkulasjon, noe som igjen øker bunnhullstrykket.

Slampumper

For å kunne sirkulere væske inn i brønnen, bruker vi slampumper. Disse pumpene er ofte av triplex-typen, noe som betyr at de har tre stempler. Dette gir en jevnere strøm enn om du hadde hatt ett stort stempel. På en plattform eller rigg vil det være flere av denne typen pumper. Under en drepeoperasjon er det viktig å vite hvordan de forskjellige pumpene er konfigurert, det vil si hvor mange liter per slag de leverer, ettersom dette vil påvirke SCR-trykket. SCR vil bli gjennomgått mer detaljert senere under trykkkontrollparametere.

Poor boy degasser.

Dette er en separator som brukes for å skille ut gass fra borevæsken (slammet) i en drepeoperasjon. Den er plassert på boredekket, nær choke-manifolden. Den har mange plater (baffle plates) inne i seg. Når borevæsken treffer disse, blir den spredt, og gassen blir skilt fra borevæsken. Gassen går opp gjennom et rør (vent line) som leder til toppen av boreutstyret.

Drepemetoder

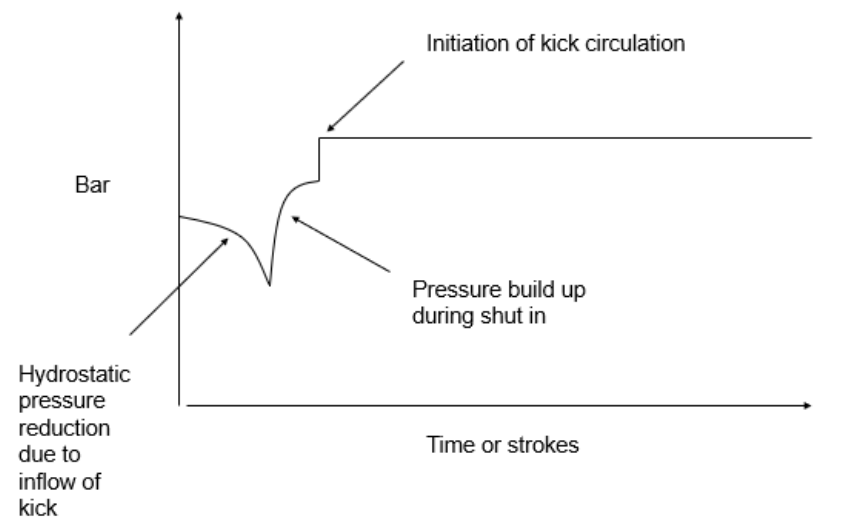
Etter å ha mottatt en bekreftende strømmingssjekk, kan man med sikkerhet fastslå at primærbarrieren er brutt. Da blir første prioritet å gjenopprette primærbarrieren. Dette gjør man ved å bruke ulike drepemetoder. Valg av metode avhenger av situasjonen i brønnen og prosedyrene til firmaet som borer. De ulike metodene er Drillers metode, vente-og-veie metode, Volumetrisk metode og Bullheading. I denne oppgaven vil vi se mer på Drillers metode og vente-og-veie metoden nærmere.

Innestenging av brønnen

Før man kan påbegynne selve drepeoperasjonen, må man begrense inntaket av gass ved å stenge brønnen. Dette kan gjøres på to ulike måter: Hard shut-in og Soft shut-in. Ved Hard shut-in stenges annular preventer i BOP umiddelbart etter at pumpene er slått av. Ved Soft shut-in åpner man choken fullstendig og omdirigerer strømmen til choken før man stenger annular preventer i BOP og deretter gradvis stenger choken. Fordelen med hard shut-in er at

du stenger brønnen raskere som vil gi mindre kick, men ulempen er at det forårsaker et sjokktrykk nedover i brønnen som kan føre til skade på formasjonen. Hva man bruker er etter prosedyrene til firmaet som borer.

Typical view of BHP development



Figur 6 – Bunnhullstrykkutvikling under et kick scenarie [Error! Reference source not found.]

Trykkkontroll parametere og beregninger

Parametere før kick

Før du i det heletatt får et kick er det en del parametere du skal ha kontroll på. Dette er for å gjøre det lettere når du eventuelt får inn en kick.

MAASP

MAASP er det største trykket i annulus siden du kan ha før du frakturerer formasjonen med foringsrørskoene. MAASP blir regnet ut ifra enten LOT (leak of test) eller FIT (formasjon integrity test) som er tester som tester formasjonstyrken ved foringsrørskoene. Overflate du får under LOT eller FIT kan du bruke sammen med slamdensiteten du brukte under testen til å regne maksimum tillatt borevæske densitet.

$$Borevæskedensitet_{Maksimum} = Borevæskedensitet_{LOT/FIT} + \frac{Overflatetrykk_{LOT/FIT}}{TVD_{sko} * 0.0981} \quad (4)$$

$$MAASP = (Boreslamdensitet_{Maksimum} - Borevæskedensitet_{nåværende}) * TVD_{sko} * 0.0981) - Sikkerhetsmargin \quad (5)$$

SCR

Dette er en lav sirkulasjonshastighet som benyttes når en drepeoperasjon utføres. Det som måles er friksjonstrykket i brønnen når det pumpes med en lav rate. Dette måles på standpipe-manifolden. Målingene utføres med flere forskjellige pumper, og trykket loggføres for de ulike pumpene. Grunnen til at dette gjøres med flere pumper og ikke bare en, er at dersom den ene pumpen er under vedlikehold når det oppstår en kick, har man en reserve.

Pumpehastigheten i disse operasjonene måles i slag per minutt (Strokes per minute, SPM).

Vanlige hastigheter er 30 eller 40 SPM. Årsaken til at man bruker en lav sirkulasjonshastighet

er at Poor Boy Degasser er begrensningen i systemet med hensyn til hvor stor væskestrømmen du kan ha.

Chokelinefriksjon

Når du utfører en drepeoperasjon fra en flytende innretning, dette skjer på grunn av at returen går igjennom et lite rør vanligvis 3 tommer fra havbunnen og opp til riggen. vil returstrømmen gå gjennom chokelinen. Dette fører til at det oppstår ekstra friksjonstrykk i brønnen, sammenlignet med normal sirkulering. Dette trykket vil redusere stengetrykket på SICP med tilsvarende mengde. Men vil øke trykket i ringrommet med det.

$$\text{Chokelinefriksjon} = \text{SCRtrykk}_{\text{chokeline}} - \text{SCRtrykk}_{\text{riser}}$$

Pumpekapasitet (k_{pumpe})

Når du skal drepen en brønn så er det så er pumpehastighet alltid målt i SPM og ikke i liter per minutt. Dette gjør at det er viktig å vite hvor mye liter et slag er på de forskjellige pumpene. Dette gjør at du kan regne hvor mange slag de ulike fasene i drepeoperasjonen tar og er lett og holde kontroll på da borer har en måler som teller slag pumpen har gjort.

Sikkerhetsmargin (S_{margin})

Denne brukes for å redusere sannsynligheten for at man får mer kick inn under og etter drepeoperasjonen. Grunnen til dette er at den blir lagt til ICP ved start for å forhindre kick under operasjonen, og ved beregning av drepevæske for å redusere sannsynligheten etter at operasjonen er ferdig. Vanlige sikkerhetsmargin ligger mellom 5-10 bar. Men sikkerhetsmargin vil øke trykket med skoen så hvis MAASP er liten kan det være gunstig med liten sikkerhetsmargin

Borevæske densitet (d_1)

Det er viktig å kjenne til densiteten til borevæsken som brukes. Denne kan variere noe fra det opprinnelige nivået, ettersom partikler og væske kan blande seg inn i borevæsken og endre densiteten. Denne densiteten vil bli brukt til å beregne flere elementer som er nødvendige for å utføre en sikker og vellykket drepeoperasjon. For å sikre operasjonen beregnes MAASP ved bruk av den aktuelle densiteten i brønnen, slik at man vet hvilket trykk SICP kan nå før formasjonen sprekker. For å sikre en vellykket operasjon er det viktig å ikke estimere poretrykket for lavt, noe som igjen kan føre til for lav densitet på drepevæsken.

Parametere etter kick

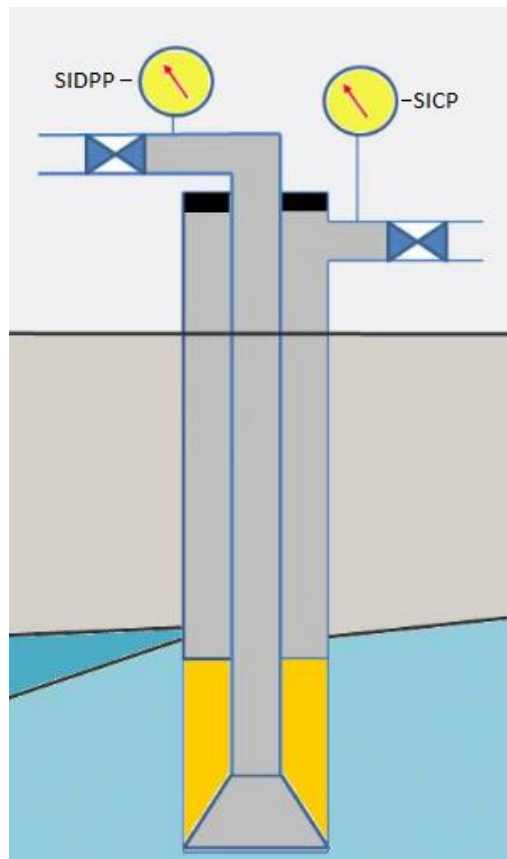
Det er noen parametere som vi bare får etter at vi har fått et kick inn i brønnen og kommer til å bruke disse for å gjøre noen beregning for å kunne utføre

SIDPP og SICP

Etter brønnen er stengt og trykkene har stabilisert seg vil man kunne måle innestengings trykk i brønnen SIDPP og SICP. SIDPP er stenge trykket på drillpipesiden dette måles på Standpipe-manifolden oppe på boredekk. SIDPP vil en bruke for å estimere bunnhullstrykket og beregne densitet på drepeslam. SICP er stengetrykket på ringromsiden. Dette trykkes måles før choke-ventilen på retur siden. Senere vil det bli forklart hvordan du bruker de i forhold til en drepeoperasjon i regne eksemplet.

SICP vil være høyere enn SIDPP på grunn av at noe av boreslammet i annulus er byttet ut med gas som vil gi lavere trykkfall på grunn av lavere densitet. Som igjen vil gi høyere stengetrykk. Grunnen til at det ikke er gass i borerøret er at i bunnen er det en enveisventil (float) som gjør at det ikke strømmer noe inn i borestrengen.

Under kan de se en illustrasjon hvor trykkene måles på fast installasjon



Figur 7 En stengt brønn med kick i bunnen,[12] med satt på navn på trykkmåleren

Beregninger

Poretrykk estimering

For å kunne utføre en vellykket drepeoperasjon må vi estimere hva trykket er i formasjonen som ga oss kicket er. Dette gjøres med å ta stengetrykket på borerørsiden og legge til det hydrostatiske trykket til borevæske søylen. Dette gjøres med stenge trykket på borerørsiden da hele søylen er borevæske og ikke erstattet med gass.

$$P_f = SIDDP + 0,0981 * TWD * d_1 \quad (6)$$

ICP

Starttrykk på drillpipesiden når du starter drepeoperasjonen. Dette er trykket du skal holde på drillpipesiden for å ha konstant bunnhullstrykk i første fase av drepeoperasjonen.

$$ICP = P_{scr} + SIDPP + S_{margin} \quad (7)$$

Drepevæske

Beregning av drepevæske som vil gjøre at trykket av den hydrostatiske søylen er større en poretrykket i formasjonen

$$d_k = d_1 + \left(\frac{SIDPP + S_{margin}}{0,0981 * TVD} \right) \quad (8)$$

FCP

Trykket du skal holde i siste fasen av drepeoperasjonen på drillpipesiden for å holde konstant bunnhullstrykk.

$$FCP = P_{scr} * \left(\frac{df}{d_1}\right) \quad (9)$$

Volumer I brønnen

For å kunne beregne hvor lang tid de ulike fasene tar, må vi beregne volumene av de forskjellige seksjonene i brønnen. For å kunne gjøre dette, må vi kjenne kapasitetene til rørene: bore- og vektør, foringsrør og åpent hull. Til dette brukes "Drilling Data Handbook" (DDH)[1]. Denne er nyttig fordi den har spesifikasjoner og korrekt indre diameter, og tar hensyn til koblingsleddet (tool joint) på borerørene og tykkelse på foringsrør. Dette gir mer nøyaktige resultater enn hvis man bare regner med at et 5-tommers bore-rør har en ytre diameter på 5 tommer.

$$V_i = L_{dp} * K_{dp} + L_{dc} * K_{dc} \quad (10)$$

$$V_{oh/dp} = (L_{oh} - L_{dc}) * K_{oh/dp} \quad (11)$$

$$V_{oh/dc} = L_{dc} * K_{oh/dc} \quad (12)$$

$$V_{oh} = V_{oh/dc} + V_{oh/dp} \quad (13)$$

$$V_{csg/dp} = L_{csg} * K_{csg/dp} \quad (14)$$

$$V_{cl} = l_{cl} * K_{cl} \quad (15)$$

$$V_{a+cl} = V_{oh/dp} + V_{oh/dc} + V_{csg/dp} + V_{cl} \quad (16)$$

Slag per seksjon

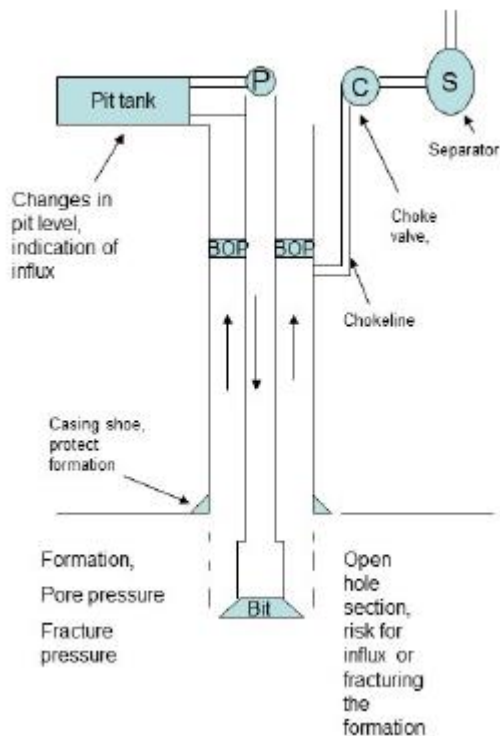
For å mer nøyaktig identifisere når en fase avsluttes og en ny begynner, samt for å utarbeide et detaljert "kill sheet" for drepeoperasjonen, beregner vi tidsrammen for hver fase i antall slag. Dette innebærer å beregne antallet slag som kreves for de forskjellige seksjonene. Dette hjelper med å gi en mer presis tidsplan for drepeoperasjonen og sikrer at overgangen mellom faser blir håndtert effektivt.

$$C_i = \frac{V_i}{K_{pumpe}}$$

$$C_{oh} = \frac{V_{oh}}{K_{pumpe}}$$

$$C_{a+cl} = \frac{V_{a+cl}}{K_{pumpe}}$$

Sirkulasjonssystemet under kick og hvordan trykket på bunnen holdes konstant



Figur 8 – Sirkulasjonssystemet [Error! Reference source not found.]

Under normal boring sirkuleres væsken ned borestrengen, opp gjennom ringrommet forbi BOP og deretter opp riseren. Det er viktig å merke seg at riseren vanligvis har en større indre diameter enn det som vises i figuren her. Typisk har den en indre diameter på 19 tommer.

Når det oppstår et kick, må kicket sirkuleres oppover gjennom chokeline/strukelinjen og gjennom en choke/strupeventil. Det er viktig å forstå at det er et trykkfall over denne strupeventilen, og vi kan regulere dette ved å justere åpningen på strupeventilen. Dette gjør det mulig å opprettholde et konstant bunnhullstrykk under utsirkulering av et kick. Som vist i Figur 6, bør trykket være konstant under utsirkulering, og det må være høyere enn poretrykket som er estimert av SIDPP + sikkerhetsmargin så du har litt å gå på før du får mer kick inn brønnen

Trykket i bunnen av brønnen under utsirkulering vil være lik summen av den hydrostatiske søylen av boreslam og væske, pluss friksjonen i ringrommet og strupelinjen, i tillegg til trykket over strupelinjen.

Oppførselen til choketrykket under kickutsirkulering:

Trykket i bunnen av brønnen under utsirkulering vil være lik summen av den hydrostatiske søylen av boreslam og væske, pluss friksjonen i ringrommet og strupelinjen, i tillegg til trykket over strupelinjen.

Figur 9 - Choketrykk under utsirkulering av kick [Error! Reference source not found.]

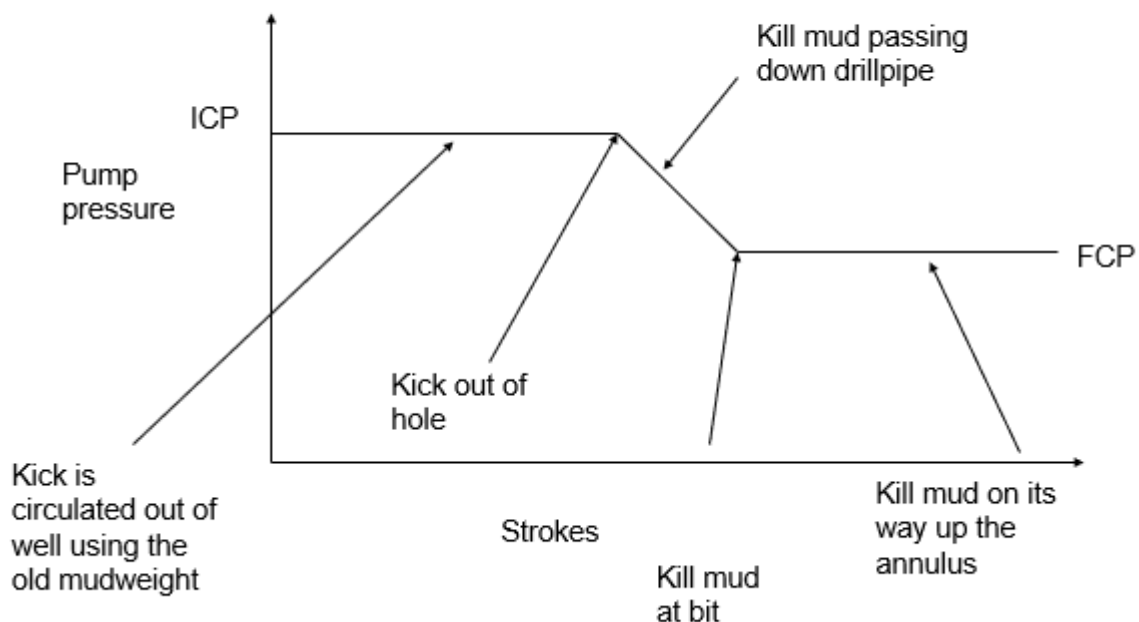
For å sikre at bunnhullstrykket er lik poretrykket pluss sikkerhetsmarginen når vi starter kick utsirkulering, må choketrykket begynne med verdien av SICP pluss sikkerhetsmarginen.

Når kicket sirkuleres oppover, vil kicket ekspandere på grunn av det fallende trykket, og det vil føre til at den totale hydrostatiske søylen i brønnen reduseres. Dette må kompenseres ved å øke choketrykket ved å begrense strømmen gjennom ventilen for å opprettholde et konstant bunnsprettstrykk. Maksimalt choketrykk oppnås når kicket når utenden av brønnen. Deretter vil choketrykket gradvis avta til all gassen er ute. På dette tidspunktet må choketrykket være på SIDPP pluss sikkerhetsmarginen. Ved å opprettholde dette trykket vet vi at vi har et bunnsprettstrykk som fremdeles er lik det estimerte poretrykket pluss sikkerhetsmarginen. SIDPP er et uttrykk for trykket som mangler for å oppnå statisk balanse i brønnen. Choketrykket kan først reduseres når drepeslam begynner å strømme inn i annulus og beveger seg oppover i ringrommet.

Hvordan vet vi at bunnhullstrykket er konstant?

Man har ikke en direkte måling av bunnhullstrykket under kick sirkulering. Det må estimeres ved å følge med på pumpetrykket eller ringromstrykket. Vi bruker de som referansetrykk som vi følger i de ulike fasene. F.eks. ICP i første fase på borerør siden

Kill sheet – Drillers method

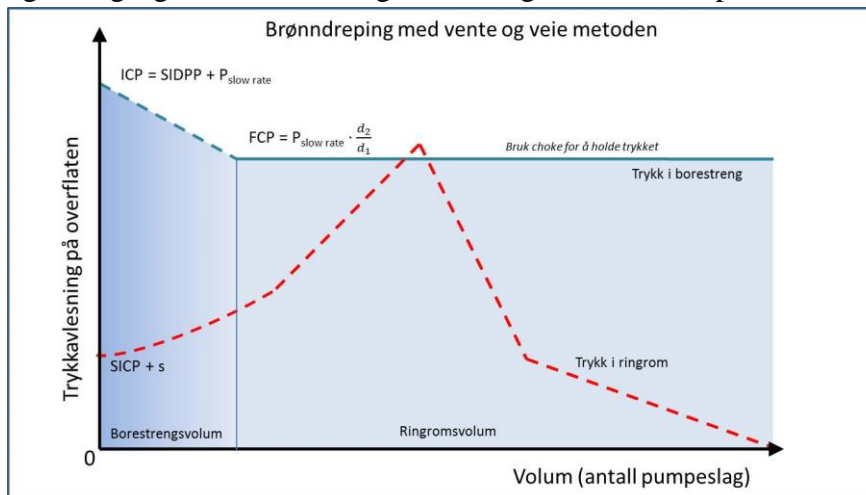


Figur 10 – Pumpetrykk som må opprettholdes (Kill sheet) [Error! Reference source not found.]

Så chokeoperatøren må operere choketrykket slik at pumpetrykket oppfører seg som vist i figuren. Da vet han at bunnhullstrykket er konstant.

Drillers metode

Dette er en drepemetode som består av tre faser. Den går ut på å opprettholde konstant bunnhullstrykk i alle fasene ved å bruke et referansetrykk som er konstant i alle fasene. For å kunne utføre metoden må borestrengen være ved bunnen av brønnen slik at du sirkulerer i hele brønnen. Dersom du får et kick under tripping, må du bruke 'stripping' for å komme til bunnen av brønnen. Fordelen med denne metoden er at du starter drepeprosessen med én gang og ikke gir gassen tid til å stige i en stengt brønn. Ulempen er at denne metoden tar lengre tid.



Figur 11 Skjemaet viser hvordan trykket utvikler seg mens vi sirkulerer ut gassen og fyller brønnen med drepevæske [12]

Prosedyre

1. Steng inne brønnen

Det første som gjøres er å stenge inne brønnen for å ikke få inn mer kick.

2. Lese av stengetrykk

Etter at brønnen er stengt, må du vente til den stabiliserer seg, og deretter lese av SIDPP og SICP. På grunn av at det er en enveisventil i bunnen av borestrengen, må du sirkulere litt for å kunne lese av riktig trykk på borerør-siden.

3. Beregninger

Etter at du har lest av stengetrykkene, er du klar til å gjøre de nødvendige beregningene for å utføre en sikker og vellykket drepeoperasjon.

4. Starter drillers metode Fase 1

Etter at alle beregningene er utført, kan du starte selve drepeoperasjonen. Dette gjøres ved at du forsiktig starter opp pumpene og pumper til trykket på borestreng-siden når ICP, deretter begynner du forsiktig å åpne choken og øker pumperaten til pumpen når SCR. I denne fasen skal du pumpe C_{a+cl} antall slag. Dette er for å sirkulere gassen ut av brønnen. Grunnen til at du holder ICP på borestreng-siden er at det ikke skjer noen endringer på borestreng-siden. Så hvis trykket der er konstant, vil bunnhullstrykket være konstant.

5. Fase 2 sirkulere drepevæske i borestrengen

Etter at gassen er sirkulert ut, er fortsatt brønnen ikke stabil siden trykket i borevæskesøylen vår er mindre enn poretrykket. Derfor må vi bytte til væske med høyere densitet. Først er det

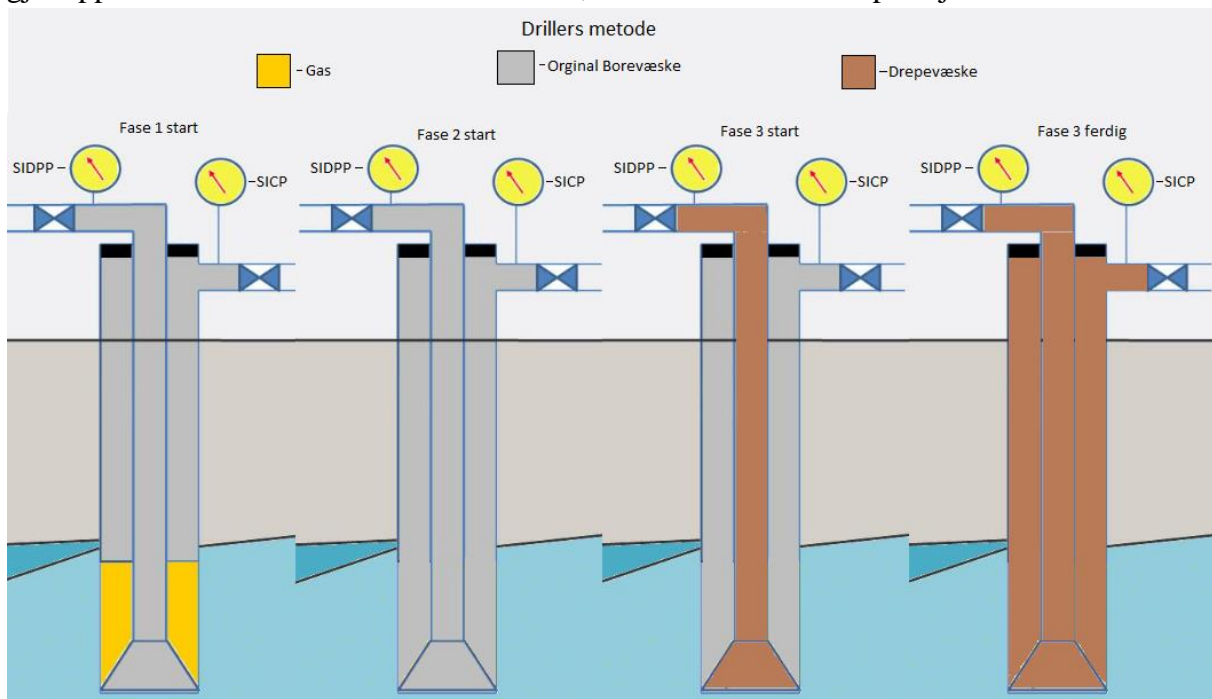
borestrengen. Når vi sirkulerer drepevæske i den, er det trykket på ringromsiden vi skal holde konstant. Dette trykket vil være $SIDPP + S - P_{cl}$. Siden det ikke er noen endringer på ringromsiden, vil dette trykket holdes konstant, noe som vil sørge for at bunnhullstrykket er konstant. I denne fasen skal du pumpe C_i antall slag.

6. Fase 3 sirkulere drepevæske i ringrommet og chokeline

Den siste fasen er å sirkulere drepevæske i ringrommet og i chokelinen. Dette gjøres ved at du holder FCP på borestreng-siden for å holde bunnhullstrykket konstant. I denne fasen skal du pumpe C_{a+cl} antall slag.

7. Kontroller at brønnen er stabil

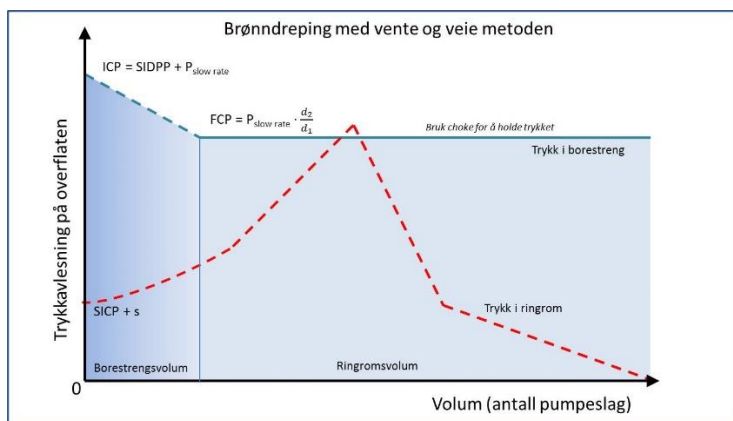
Du stopper alle pumper og utfører en strømningssjekk for å se om primærbarrieren din er gjenopprettet. Hvis det ikke strømmer noe ut, fortsett med normal operasjon.



Figur 12 En stengt brønn med kick i bunnen [12] redigert for å vise hvordan brønnen ser ut under forskjellige fasene i drillers metode

Vente-og-veie metoden

Denne metoden, også kjent som den balanserte metoden, er en drepemetode som består av to faser. Den fokuserer også på å opprettholde konstant bunnhullstrykk, og det er nødvendig at borestrengen er i bunnen av brønnen. Men istedenfor å starte å sirkulere ut kicket går du rett på å sirkulere drepevæske i borestrengen samtidig som du sirkulerer ut kicket. Fordelen med denne metoden er at den tar mindre tid da det bare er 2 faser. Ulempen er at kicket har mer tid til å stige i stengt brønn da du ikke starter operasjonen før drepevæsken er veid opp.



Figur 13 Eksempel Vente-og-veie-metoden [12]

Prosedyre

1. Steng inne brønnen

Det første som gjøres er å stenge inne brønnen for å ikke få inn mer kick.

2. Lese av stengetrykk

Etter at brønnen er stengt, må du vente til den stabiliserer seg og deretter avlese SIDPP og SICP. På grunn av enveisventilen i bunnen av borestrengen, må du sirkulere litt for å kunne lese av korrekt trykk på borerørssiden.

3. Beregninger

Etter at du har avlest stengetrykkene, er du klar til å utføre de nødvendige beregningene for å gjennomføre en sikker og vellykket drepeoperasjon.

4. Veid opp drepevæsken

Når beregningene er gjennomført, må drepevæsken veies opp før fase 1 starter.

5. Starter vente-og-veie Fase 1

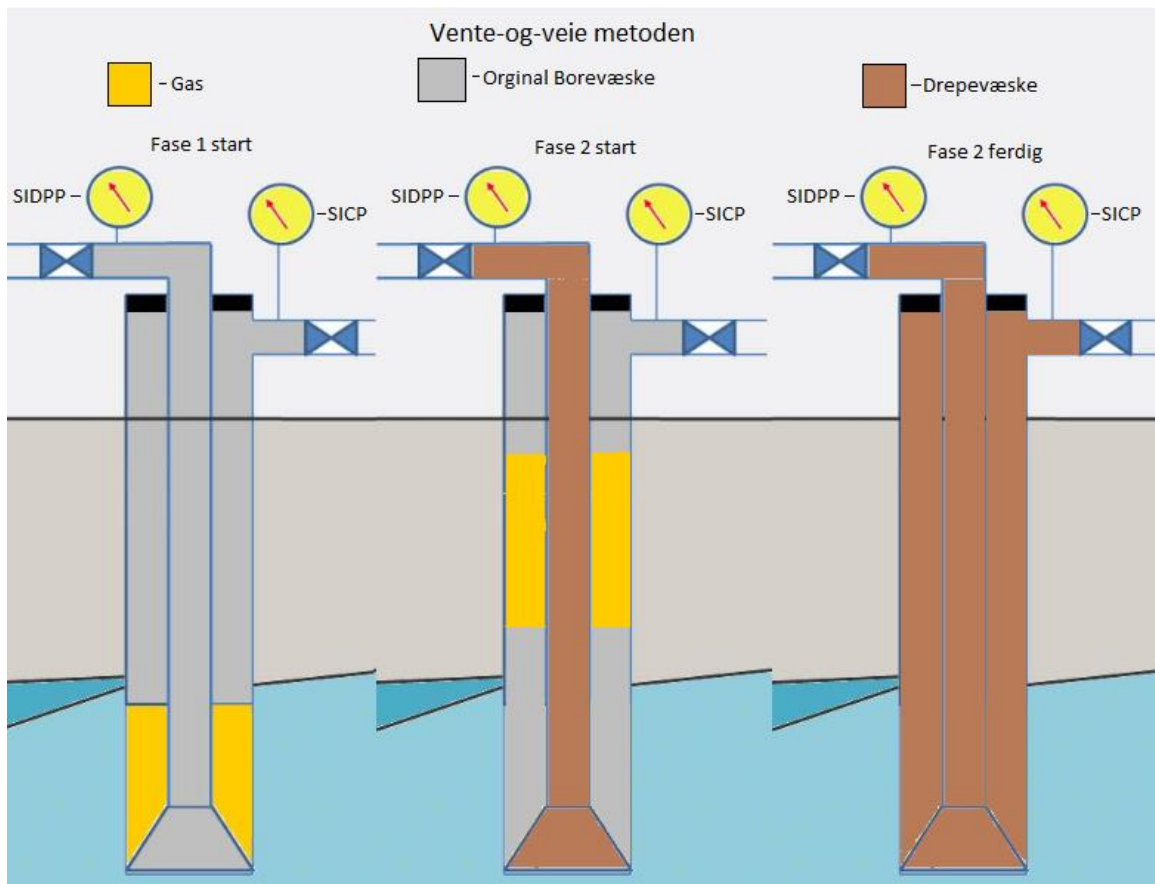
Etter at drepevæsken er veid opp, kan du starte selve drepeoperasjonen. Dette gjøres ved å forsiktig starte opp pumpene og pumpe til trykket på borerørssiden når ICP. Deretter begynner du forsiktig å åpne choken og øker pumperaten til pumpen når SCR. I denne fasen skal du pumpe C_i antall slag. Dette er for å sirkulere drepevæsken inn i borestrengen. I denne fasen vil trykket på borerørssiden ikke være konstant, men vil gradvis gå fra ICP til FCP. Dette skyldes at borevæsken i borerøret blir byttet ut med drepevæsken som har høyere densitet. Trykket ved ulike antall slag bør være beregnet på forhånd, slik at du vet omtrent hva det skal være gjennom hele fasen.

6. Fase 2: Sirkulere drepevæske i ringrommet og chokeline

Etter at væsken i borerøret er byttet ut med drepevæske. Begynner vi å bytte ut borevæsken i ringrommet. I denne fasen vil gassen bli sirkulert ut og borevæsken byttet ut med drepevæske. Denne fasen skal du pumpe C_{a+cl} antall slag.

7. Kontroller at brønnen er stabil

Stopp alle pumper og utfør en strømningssekk for å se om primærbarrieren din er gjenopprettet. Hvis det ikke strømmer noe ut, fortsett med normal operasjon.



Figur 14 Figur 8 En stengt brønn med kick i bunnen [12] redigert for å vise hvordan brønnen ser ut under forskjellige fasene i vente-og-veie metoden

Kick-toleranser

Kick toleranse er hvor mye tilstrømning av væsker (som gass eller olje) brønnen tåler uten å oppleve noen negative virkninger. Med andre ord er det den maksimale mengden væske som kan introduseres i en brønn uten å frakturere formasjonen rundt foringsrørskoene. Det er flere faktorer som påvirker hvor stor kick toleranse du har. Noen av faktorene er bunnhullstrykk, boreslamdensitet, hulldiameter og styrken til formasjonen ved foringsrørskoene. Under er en enkel formel som vi kan forklare hvordan de ulike faktorene påvirker kick toleransen. Hvis venstresiden er mindre enn høyre vil formasjonen ved skoene ikke fraktureres

$$P_{\text{Bunn}} - d_{\text{gass}} \cdot h_{\text{gass}} \cdot 0,0981 - d_{\text{Boreslam}} \cdot (h_{\text{bunn_til_sko}} - h_{\text{gass}}) \cdot 0,0981 < \text{Styrken til formasjonen}$$

Fra formelen ovenfor ser vi at lavere bunnhullstrykk vil øke kicktoleransen. Hvis vi bruker høy slamvekt, vil dette også øke kicktoleransen. Hulldiameter påvirker hvor høy gasskolonnen er, så større diameter vil gi en mindre gasskolonne, noe som vil øke kicktoleransen. Styrken til formasjonen vil direkte påvirke kicktoleransen, da kicktoleransen beregnes for å sikre at trykket i brønnen ikke overstiger formasjonens grense. Vi ser også fra formelen at større kickvolum vil føre til en høyere gass søyle, som igjen vil resultere i høyere trykk ved skoene. Derfor er kickstørrelsen en svært viktig faktor. Følgende tabell er hentet fra en masteroppgave [11].

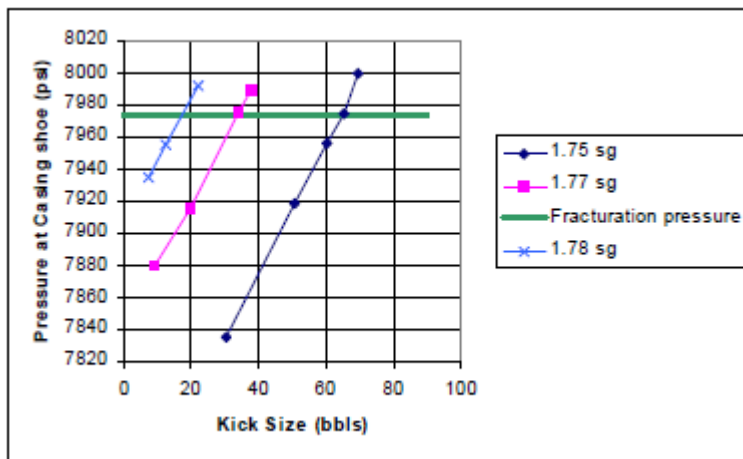
Table 1 - Typical values of kick tolerances from various operators [5]

Hole size (inch)	Kick Volume (bbls)
6 inch and smaller	10-25
8.5	25-50
12.25	50-100
17.5	100-150
26	250

Den gir en oversikt over kravene til hvor store kick man må kunne håndtere i de forskjellige hullstørrelsene. For 12 ¼-tommers seksjonen er det typisk 8 m³, mens for 8 ½-tommers seksjonen er det typisk 4 m³. Disse verdiene representerer minimumskravene. Hvis for eksempel et 2 m³ kick fører til frakturering, er dette under kravet til for eksempel 12 ¼-tommers seksjonen, og kicktoleransen er da ikke oppfylt. I et slikt tilfelle må man forsøke å redusere den planlagte lengden på 12 ¼-tommers seksjonen. Som nevnt tidligere avhenger trykket ved skoen av bunnhullstrykket, P_{bunn}. P_{bunn} er det konstante trykket vi har under kicksirkulering, som igjen tilsvarer poretrykk pluss sikkerhetsmargin. Vi kan redusere P_{bunn} ved å redusere poretrykket, og det kan vi oppnå ved å redusere den planlagte lengden på 12 ¼-tommers seksjonen.

Ellers hvis vi har oljebasert slam så kan kicket være oppløst i borevæsken og det vil være positivt med tanke på å redusere trykket på foringsrørskoene.

Følgende figur er hentet fra [9].



Figur 15 - Figur av kicktoleranser

Figuren viser hvordan trykket ved sko vil avhenge av ulike antatte poretrykk og hvordan trykk stiger når kickvolumet blir større.

Maksimumstrykk ved bunnen av brønnen kan oppstå i to vanlige situasjoner, som vist i figuren nedenfor [4]. Dette kan skje enten når kicket er ved BHA, hvor tverrsnitts arealet er lite, eller når kicket har blitt sirkulert opp til bunnen av brønnen og har økt noe på grunn av ekspansjon.

Svein Halle utarbeidet et kompendium for fagskolen i 2002 [10]. Her er en simulering tatt derfra som viser at det er et maksimumstrykk i begynnelsen men og et når kicket er blitt sirkulert opp til sko.

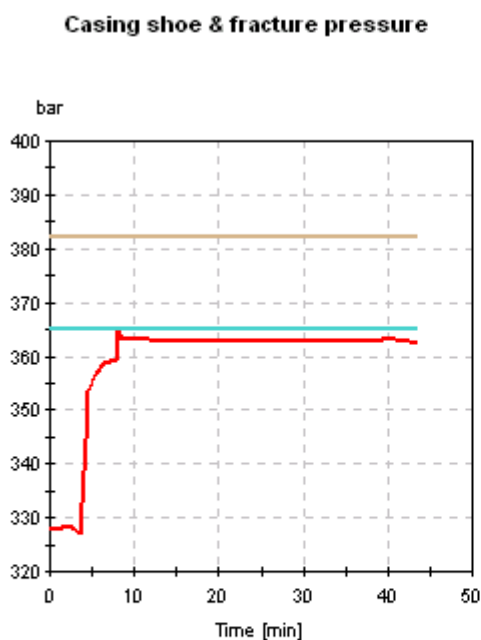


Fig. 3

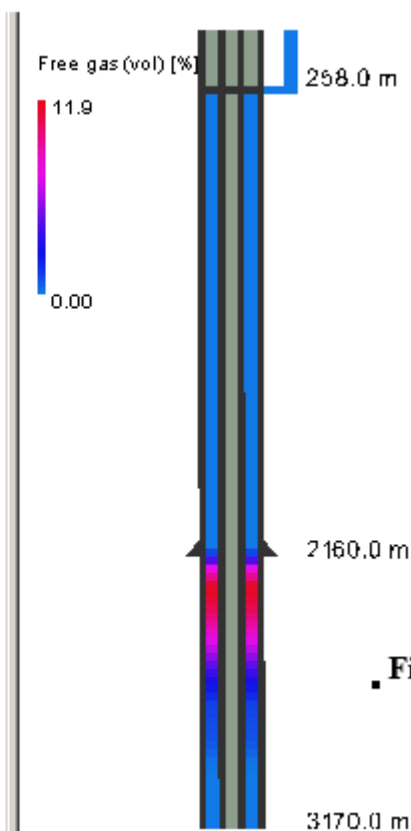
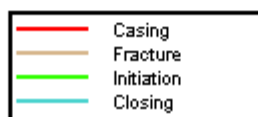


Fig. 4

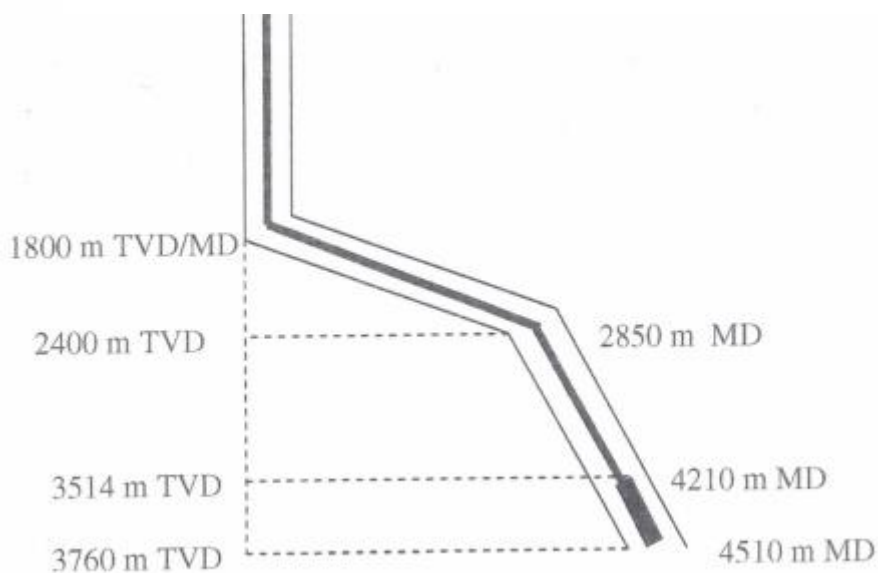
Regneeksempel

Her vil vi se på beregning av killsheet for drillers metode og vente/veie metoden. Brønnen er en målt dybde på 4510 meter og en TVD på 3760. Det er en brønn på 700 meters vanddyp så en må ta med effekt av chokeline friksjon. Det vil bli vist 3 eksempler. 1 drillers 8 ½ hull for å vise killsheat og hvordan den gjøres. Vente-og-veie er det 2 eksempler. Et 8 ½ hull for å vise killsheat og se om den har noen fordeler når det gjelder sko trykk eller tid. Det blir også et 12 ¼ hull med vente veie for å endre noen variabler for å se om dette kan påvirke skotrykket. Eventuelt finne ut hva påvirker det, I alle eksemplene blir det brukt vannbasert slam så vi får fri gass

Parametere	Verdi
------------	-------

Havdyp	700m TVD/MD
KOP 1	1800m TVD/MD
KOP 2	2400m TVD/2850m MD
Foringrørsko 9 5/8	2932m TVD/3500m MD
BHA topp	3514m TVD/4210m MD
BHA bunn	3760m TVD/4510m MD
Lengde Vektrør	300m
Slamdensitet	1.72 SG
SIDPP	40bar
SICP	54bar
SCRtrykkriser	32bar
SCRtrykkchokeline	39bar
Pumpekapasitet	16l/slag
Pumpehastighet	30SPM
5DP E75 kapasitet 19.5 lb/ft	9.15l/m
'6,5' DC kapasitet 2 13/16 ID	4,01l/m
8 1/2OH/DC Kapasitet	15.2l/m
8 1/2OH/DP Kapasitet	23.3l/m
9 5/8 csg 47lb/ft /DP Kapasitet	24.9l /m
Chokeline kapasitet	4.56 l/m
Sikkerhetsmargin	5 bar

Figur 16 Illustrasjon av brønnen i oppgaven tatt i fra oppgaven fra fagskolen. Merk det er ikke havdyp på illustrasjon.



Drillers metode 8 1/2" Hull og Vente-og-veie metode 8 1/2" Hull

For den første beregningsdelen av 8 1/2" hullet, uavhengig av hvilken drepe-metode som blir brukt, kreves det at man beregner de samme hoved parameterne. Derfor velger jeg å samle og gjennomføre disse beregningene først, og deretter vil jeg vurdere resultater individuelt for hver metode. Deretter vil jeg drøfte de respektive fordelene ved hver metode.

Densiteten til drepevæsken beregnes ved hjelp av formel (). For å minimere risikoen for at densiteten blir for lav, rundes den alltid opp til nærmeste hundredel (0.01). Dette er et nødvendig steg for å sikre at poretrykket ikke overgår trykket fra den hydrostatiske væskesøylen. Selv om en sikkerhetsmargin hjelper til med å opprettholde dette forholdet, så vil du ikke ha ønsket sikkerhets margin i overtrykk.

$$d_k = 1,72 + \left(\frac{40+5}{0,0981*3760} \right) = 1.85 SG$$

ICP er trykket vi skal opprettholde i den første fasen av drepeoperasjonen. Dette trykket kan beregnes ved bruk av formel ().

$$ICP = 32 + 40 + 5 = 77 \text{ bar}$$

FCP er trykket vi skal opprettholde i den tredje- fasen av drepeoperasjonen. Dette trykket kan beregnes ved bruk av formel ().

$$FCP = 32 * \left(\frac{1.85}{1.72} \right) = 34.4 \text{ bar}$$

For driller metode trenger vi også et referansetrykk på ringromsiden i fase 2 for å holde konstant bunnhullstrykk. Dette trykket vil være SIDPP + S – Chokelinefriksjonen. Kan også observeres når fase 1 pumping starter på ringromsiden også kalt SICP

$$40 + 5 - 7 = 52 \text{ bar}$$

Chokelinefriksjon er forskjellen i pumpetrykket når du pumper med en bestemt SCR opp gjennom riser og chokeline. Etter å ha pumpet gjennom hele brønnen, kan man forvente en liten økning i chokelinefriksjonen på grunn av en økning i væskens densitet.

$$\text{Chokelinefriksjon} = 39 - 32 = 7 \text{ bar}$$

$$\text{Ny Chokelinefriksjon} = 7 * \frac{1.85}{1.72} = 7.5 \text{ bar}$$

For å kunne regne ut hvor lang tid de ulike fasene tar trenger vi først de ulike volumene av brønnen

$$\text{Borestreng (10):} \quad V_i = 4210 * 9.15 + 300 * 4.01 = 39724.5$$

$$\text{Åpent hull/borerør (11):} \quad V_{oh/dp} = (4510 - 3500) - 300) * 23.3 = 16543l$$

$$\text{Åpent hull/vekrør (12):} \quad V_{oh/dc} = 300 * 15.2 = 4560l$$

$$\text{Åpent hull total (13):} \quad V_{oh} = 4560 + 16543 = 21103l$$

$$\text{Foringsrør/borerør (14):} \quad V_{csg/dp} = (3500 - 700) * 24.9 = 69720l$$

$$\text{Chokeline (15):} \quad V_{cl} = 700 * 4.56 = 3192l$$

$$\text{Ringrom + chokeline volum (16):} \quad V_{a+cl} = 21103 + 4560 + 69720 + 3192 = 94015.5l$$

Når vi har funnet volumene kan vi finne antall slag til de ulike seksjonene. Vi runder alltid opp så vi ikke pumper for lite for de ulike seksjonene. Slag for åpent hull trenger man vanligvis ikke å regne ut til en vanlig drepeoperasjon, men vi skal bruke den når vi skal se på om vente-og-veie kan gi mindre trykk på foringsrørskoene.

$$\text{Slag borestreng ():} \quad C_i = \frac{39724.5}{16} = 2483 \text{ slag}$$

$$\text{Slag ringrom + chokeline ():} \quad C_{a+cl} = \frac{94015.5}{16} = 5876 \text{ slag}$$

$$\text{Slag åpent hull ():} \quad C_{oh} = \frac{21103}{16} = 1319 \text{ slag}$$

For å finne tiden det tar å pumpe en seksjon bruker deler vi antall slag på SPM som brukes i dette tilfellet 30spm. Det er bare intersant å vite hvor lang en borestreng og ringrom + chokeline tar.

Tid borestreng: $2483/30 = 82.8 \text{ min}$
 Tid ringrom + chokeline: $5876/30 = 195.9 \text{ min}$

Drillers utførelse

Fase 1

Referansetrykk: 77 bar (ICP) på borerørside
 Antall pumpeslag: 5876 slag
 Tid for pumping: 195.9 minutt

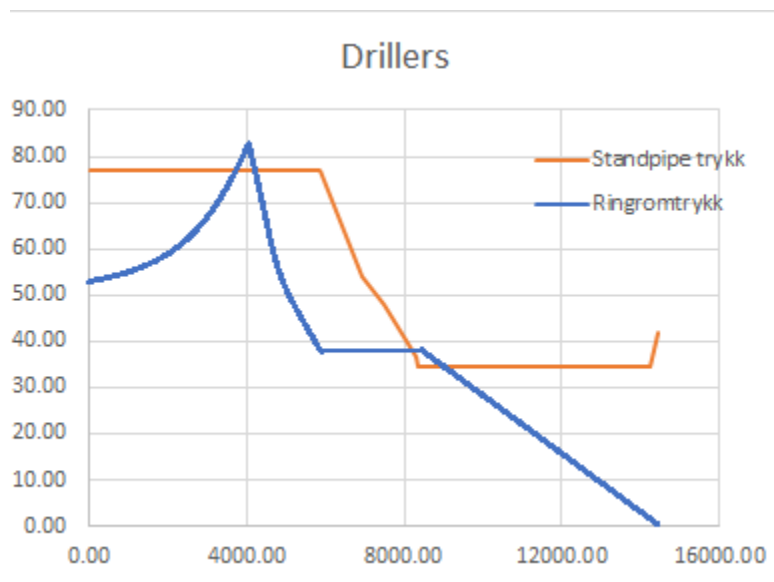
Fase 2

Referansetrykk: 38 bar (SICP) på ringromside
 Antall pumpeslag: 2483 slag
 Tid for pumping: 82.8 minutt

Fase 3

Referansetrykk: 38.4 bar (FCP) på ringromside
 Antall pumpeslag: 5876 slag
 Tid for pumping: 195.9 minutt

Total pumpeslag: 14235 slag
 Total Tid: 474.6minutt (7 timer og 55 minutt)



Figur 17 Killsheat Drillers Ringromstrykk estimert unntatt i fase 2

Merk etter at vi nesten er ferdig så stiger trykket på borerør siden dette kommer av chokelinefriksjonen når vi er ferdig med drepeoperasjonen og åpner choken helt

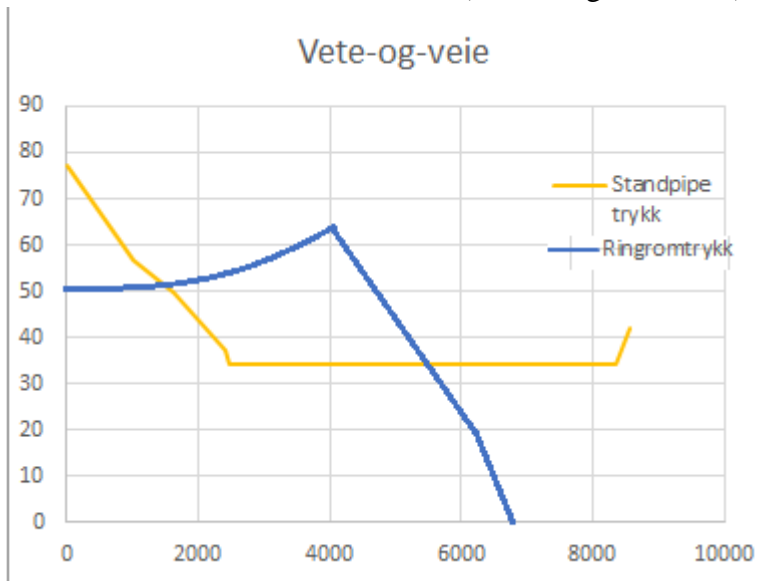
Vente-og-veie utførelse

Fase 1

Referansetrykk: 77 bar (ICP) på borerørside som går 'nesten' linjert mot 34.4 bar (FCP)

Antall pumpeslag: 2483 slag
 Tid for pumping: 82.8 minutt
 Fase 2
 Referansetrykk: 34.4 bar (FCP) på borerørside
 Antall pumpeslag: 5876 slag
 Tid for pumping: 195.9 minutt

Total pumpeslag: 8359 slag
 Total Tid: 278.6 minutt (4 timer og 39 minutt)



Figur 18 Killaheat Vente-og-veie Ringromstrykk estimert

Grunnen til at Referanse trykket ikke går linjert til fra ICP til FCP er at det er forskjellig inklinasjon på brønnen som gjør at det tar lengre tid å pumpe vertikale høydemeter. Hvis du hadde hatt en vertikal brønn ville den gått linjert.

For å se om det er noe fordel på sko trykk med vente-og-veiemetoden. Så er den store faktoren om det kommer drepevæske ut av borekronen før toppen av gassen passerer skoen. For å gjøre dette må jeg anta hastigheten på gassen fra formel (1) så er en god antagelse for S for boble migrasjon er en hastighet på 0.2m/s og slug 0.5m/s. For $K_{v_{mix}}$ antar jeg at hastigheten er pumpehastigheten. Dette er ikke reelt på grunn av gassen vil også ha noe hastighet oppover når den ekspanderer. Men god nok får å se om det kan være mulig å få mindre trykk på skoen.

For å ha noen effekt, må gassen ha beveget seg mindre enn 1010m når det er pumpet 2483 slag. Det tar 82,8 minutter å pumpe et borestrengvolum. Så for å ha noen effekt i denne brønnen, må gassen ha en hastighet under $1010 / (82,8 * 60) = 0,2033\text{m/s}$. Vi kan derfor anta at det ikke vil ha noen innvirkning på sko trykket, ettersom $K_{v_{mix}}$ gir en høyere hastighet enn $0,0033\text{m/s}$. Senere i oppgaven skal jeg prøve med en annen hullstørrelse og en grunnere brønn for å se om denne metoden kan gi mindre sko trykk i andre situasjoner

Drøfting av resultater

Hvis vi raskt ser på tiden det tar for begge drepemetodene, er det en forskjell på over tre timer. Dette er imidlertid ikke helt realistisk, da du ikke vil kunne starte begge operasjonene samtidig. Det må måles opp drepevæske før den kan pumpes på vent-og-veie metoden. Dette vil variere mye fra plattform til plattform på grunn av ulike prosedyrer, blandesystemer, og hva de i utgangspunktet har i tankene for oppmålingen. Det som ikke er like lett å se, men som kan ha en effekt, er at drillers starter nesten umiddelbart. Dette gjør at gassen ikke får mulighet til å stige i en lukket brønn, noe som kan føre til at denne metoden har minst sko trykk siden gassen allerede var passert skoen før drepevæske hadde kommet ut av borekronen.

Havdyp	700m TVD/MD
KOP 1	1800m TVD/MD
KOP 2	2400m TVD/2850m MD
Foringrørsko 13 3/8	1918m TVD/2000m MD
BHA topp	2441m TVD/2900m MD
BHA bunn	2686m TVD/3200m MD
Lengde Vektrør	300m
Slamdensitet	1.6 SG
Drepevæske	1.73 SG
SIDPP	40bar
SICP	54bar
Pumpekapasitet	16l/slag
Pumpehastighet	30SPM
5DP E75 kapasitet 19.5 lb/ft	9.15l/m
'6,5' DC kapasitet 2 13/16 ID	4,01l/m
12 1/4OH/DC Kapasitet	54.6l/m
12 1/4OH/DP Kapasitet	62.7l/m
Sikkerhetsmargin	5 bar

I den nye brønnen skal jeg bare se på om det er mulighet for mindre trykk på skoen. Vi skal se på boring av forrige seksjon 12 1/4. 13 3/8 foringsrør er satt på 2000m MD og Densitet på borevæsken er satt ned til 1.6 SG. Jeg har beholdt samme stenge trykk, og ny drepevæske ble 1.73 SG.

Først er det å se igjen hva den laveste gas migrasjons hastigheten vi kan ha for at vi får drepevæske ut av borekronen før toppen av gassen er med skoen. Så først regne volum av borestrengen og åpent hull

Borestreng ():	$V_i = 2900 * 9.15 + 300 * 4.01 = 27738l$
Åpent hull/borerør ():	$V_{oh/dp} = 900 * 62.7 = 56430l$
Åpent hull/vekrør ():	$V_{oh/dc} = 300 * 54.6 = 16380l$
Åpent hull total ():	$V_{oh} = 4560 + 16543 = 72810l$

For å finne tid er det bare volum av seksjonene og dele på hva pumpa kan lever per sekund som er 8l/s

Tid borestreng:	$\frac{27738}{8} = 3467.25s$
Maksimums gass migrasjons hastighet:	$\frac{1200}{3467.25} = 0.346m/s$

Denne gangen er det mer sannsynlig at det kan bli mindre trykk på skoen siden maksimums gass migrasjons hastighet er en del høyere enn boble migrasjons hastigheten. Når er det å finne ut om med sirkulasjons hastigheten om toppen av gassen fortsatt er under skoen

Tid hull/borerør ():	$V_{oh/dp} = \frac{56430}{8} = 7053.75s$
Tid hull/vekrør ():	$V_{oh/dc} = \frac{16380}{8} = 2047.5s$
Hastighet $K_{v_{mix}} DC/OH$	$300/2047.5 = 0.14652 m/s$
Hastighet $K_{v_{mix}} DP/OH$	$\frac{900}{7053.75} = 0.12759m/s$
$V_g DC/OH (1)$	$0.2 + 0.14652 = 0.34652m/s$
Tid for gas til topp av DC/OH	$300/0.34652 = 865.75s$
$V_g DP/OH (1)$	$0.2 + 0.12759 = 0.32759m/s$
Tid for gas til topp av DC/OH	$300/0.32759 = 2747.3s$
Tid drepevæske ut borekrone	$2747.3 + 865.75 - 3467.25=145.8s$
Mengde drepevæske ut av borekrone	$145.8*8=1166.58l$

Nå kan vi se at vi får ut drepevæske ut av borekronen før gasstoppen er ved skoen så er det å gjøre mengde i liter til MD og så til TVD. Så finne ut hvor mye mindre trykk vi kan få på skoen med å gange TVD lengden med differanse densiteten mellom borevæsken og drepevæsken og gange med 0.0981 ($TVD*(d_k-d_1) *0.0981$)

Høyde drepevæske i DC/OH	$1166.58/54.6=21.37m MD$
Faktor for å gjøre MD til TVD i KOP2	$\frac{2686-2441}{3200-2900} = 0.82$
Gjøre MD til TVD	$21.37*0.82=17.49m TVD$
Trykkreduksjon på sko	$17.49*(1.73-1.6) *0.0981=0.223bar$

Så selv om vi fikk ut noe drepevæske ut i åpent hull ble trykkreduksjonen minimal og i et realistisk senario vill sikker ekspansjonen av gass vært nok til at det ikke ble noen reduksjon.

Vi kan ikke fastslå med absolutt sikkerhet at vente-og-veie metoden vil resultere i mindre trykk på skoen. Med de antagelsene vi har gjort, tyder det på at trykkreduksjonen er for

ubetydelig til å kunne fastslå med sikkerhet at det vil resultere i lavere trykk på skoen i denne spesifikke brønnen. For å kunne gi en mer sikker konklusjon, ville det kreve mer data og sammenligninger fra flere brønner med ulike dimensjoner og lengder. Dette for å kunne anbefale bruk av vente-og-veie metoden basert på at den kan gi redusert trykk på skoen.

Konklusjon

I regne eksemplet kan du se at det er store likheter av hva du trenger å regne for å kunne utføre begge drepeoperasjonene og de går ut på samme prinsipp med konstant bunnhullstrykk. Hvis vi bare ser på tallene i regne oppgaven ville nok mange ha valgt vente-og-veie metoden på grunn av den gikk fortere. Men hvis vi hadde alle dataene som blir gjort når selve operasjonen blir gjort ute på en rig. Også hvor mye gassen stiger når man blander drepevæske og trykk oppbyggingen den har å si for brønnen.

Ut i fra mine antagelser og regneeksempler kan vi ikke med sikkerhet si om vente-og-veie metoden gir mindre skotrykk i den virkelige verden, men det vi så var hva som påvirket det positivt. Vi observerte at brønnen var kortere, noe som resulterte i en mindre borestreng og dermed mindre tid før drepevæsken kom ut av bittet. Vi la også merke til at lengre seksjoner, for eksempel den 12 ¼, hadde en 1200m seksjon lang som førte til en marginal trykkreduksjon i tråd med våre antagelser. Videre så vi at en større diameter på hullet fører til en mindre Kv_{mix} , noe som også gjør det mer sannsynlig. Vi observerte imidlertid i regneeksempelet med gassmigrasjon at diameteren ikke påvirket boblemigrasjonen på noen måte. Som også støtter påstanden med at vente-og-veie metoden kan gi mindre skotrykk.

Referanser

1. *Drilling Data Handbook, Eight Edition. Editons Technip. 2006.*
2. Litlehamar, Harald Frette. "Well Control Procedures and Simulations, Masteroppgave." 2011.
3. Gomes, D., Tat, T.H.N., Fjelde, K.K. 2021. USE OF A TRANSIENT MODEL FOR STUDYING KICK MIGRATION VELOCITIES AND BUILD-UP PRESSURES IN A CLOSED WELL. OMAE2021-61143.
4. Kristoffersen, M., Gomes, D., Fjelde, K.K. 2021. PROBABILISTIC MODELS FOR KICK TOLERANCE OMAE2021-63779.-
5. Svein Halle. 2. utgave 1982, Trykk-kontroll 1, Universitetsforlaget. ISBN 8200288161
6. Gomes, D., Bjørkevoll, K., Frøyen, J., Fjelde, K.K., Sui, D., Udegbum, J.E., Moenikia, F. 2017. Probabilistic Flow Modelling Approach for Kick Tolerance Calculations. OMAE2017-61391.
7. Well Control presentation (2010) -UiS – provided by supervisor
8. NORSOK D010, 2021 Rev 5. Standard Norge
9. Rolv Rommetveit et al. 2003. HPHT Well Control; An Integrated Approach. OTC 15322.
10. Svein Halle, 2002. Trykkutviklingen I brønnen under utsirkulering av en gass kick. Lærematerial utarbeidet ved Stavanger offshore tekniske skole
11. Yerbol Zhantolin. 2010. Analysis of kick tolerance calculations for well design purposes. Masteroppgave UiS.
12. NDLA <https://ndla.no/nb/subject:1:6eb22154-3d19-4551-93f5-f137bb5abba8/topic:44027e59-6369-49ee-9805-626204a032db/topic:1:eb174f63-b071-4fce-ab70-1ee400085554/resource:1:174165> Lasted ned <13.05.2023>