

Ondergrondse putafwerking

Het einde van de boorfase is bereikt, wanneer de put op diepte in het reservoir is geboord, de produktie-casing is geplaatst en gecenteerd en eventueel een liner is geplaatst.

Nu begint de volgende fase; de putafwerking.

Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de ondergrondse putafwerking en de bovengrondse putafwerking.

In deze module wordt de ondergrondse putafwerking besproken.

Samenvatting Algemene afwerking van een put

Het doel van de **completie** is de put geschikt te maken om op een efficiënte, bedrijfszekere en veilige manier over een lange periode te produceren. Hiervoor moeten ondergrondse en bovengrondse voorzieningen worden aangebracht, die een gecontroleerde produktie mogelijk maken en de-gecementeerde casing beschermen. Tevens moeten onderhoudswerkzaamheden en metingen, die van tijd tot tijd worden verricht, op een zo efficiënt mogelijke manier kunnen worden uitgevoerd.

Bij de beslissing over de wijze, waarop de put wordt afgewerkt, spelen een groot aantal factoren een rol. Enkele van de belangrijkste zijn:

- De aard en samenstelling van het geproduceerde mengsel (bijvoorbeeld olie en/of aardgas).
- De corrosieve en erosieve (schurende) eigenschappen van dit mengsel (bijvoorbeeld CO₂ en vaste deeltjes).
- De te produceren hoeveelheid per dag en - vooral bij olieputten - de opvoermethode.
- De kenmerken en diepte van het reservoir (bijvoorbeeld dikte, omvang en formatiedruk).
- De kenmerken van het reservoirgesteente (bijvoorbeeld los zand, permeabiliteit en porositeit).

De gasputten hebben in het algemeen een diepte van 1500 tot 4500 m. Het gasmengsel stroomt door de hoge **formatiedruk** naar de oppervlakte. Het geproduceerde mengsel bevat meestal weinig vloeibare koolwaterstoffen, maar het gehalte CO₂, N₂ en H₂S kan sterk variëren; sommige putten produceren gas, dat 1 á 3 % CO₂ bevat, terwijl het geproduceerde gas in andere putten tot 25 % CO₂ bevat. CO₂, dat is opgelost in vrij water, heeft corrosieve eigenschappen. Hiertegen moeten bij de putopbouw voorzieningen worden getroffen.

Hoewel er dus in de afwerking van de gasputten kleine verschillen bestaan, kunnen wij door een voorbeeld te bespreken een goed inzicht krijgen in het hoe en waarom een gasput op een bepaalde manier is afgewerkt. De ondergrondse en bovengrondse afwerking bestaat in principe uit voorzieningen voor:

- **de produktie**
- **de veiligheid**
- **speciale operaties**, zoals **wireline-werkzaamheden**, **logging** en **circuleren** van grote hoeveelheden vloeistof.

Belangrijkste voorzieningen voor produktie

Een typische completie voor de produktie van aardgas is uit de navolgende belangrijkste delen opgebouwd:

- De tubing string of opvoerserie waardoor het aardgas, dat uit de formatie en via de liner naar boven stroomt, naar de oppervlakte wordt geleid.
- De tubing head, waaraan de opvoerserie is afgehangen en die de verbinding vormt met de Christmas tree.
- De Christmas-tree; een samenstel van afsluiters, waarop de produktie-installaties en andere bovengrondse installaties zijn aangesloten.

Tubing string

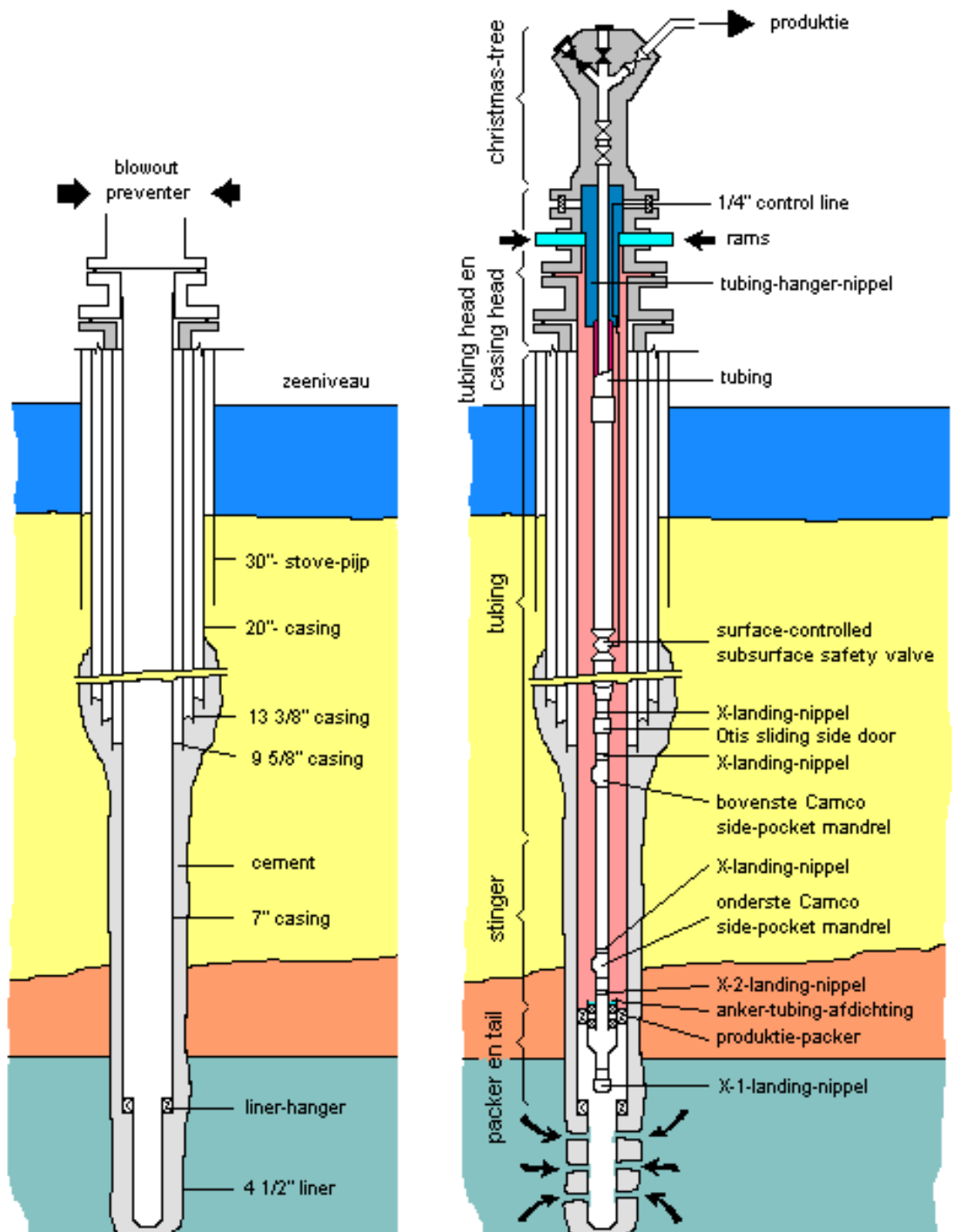
De tubing string, die ook wel opvoerserie wordt genoemd, bestaat uit een serie aan elkaar geschroefde pijpen en onderdelen.

De tubing is verwisselbaar. De belangrijkste functies zijn:

- Het opvoeren van het aardgas naar de oppervlakte.
- Bescherming van de casing tegen corrosie en erosie en ter voorkoming van permanente blootstelling aan hoge drukken.
- Het creëren van een doodpompcircuit (veiligheid).
- Het scheppen van mogelijkheden om vloeistoffen door afsluitbare openingen te circuleren.

In de figuur zien wij, dat de opvoerserie uit de navolgende drie delen is samengesteld:

- **Packer met tail**
- **Stinger**
- **Tubing**.



a. De put aan het einde van de boorfase

b. De afgewerkte put produceert

Tubing head

De tubing head maakt deel uit van de verbinding tussen Christmas-tree en tubing.

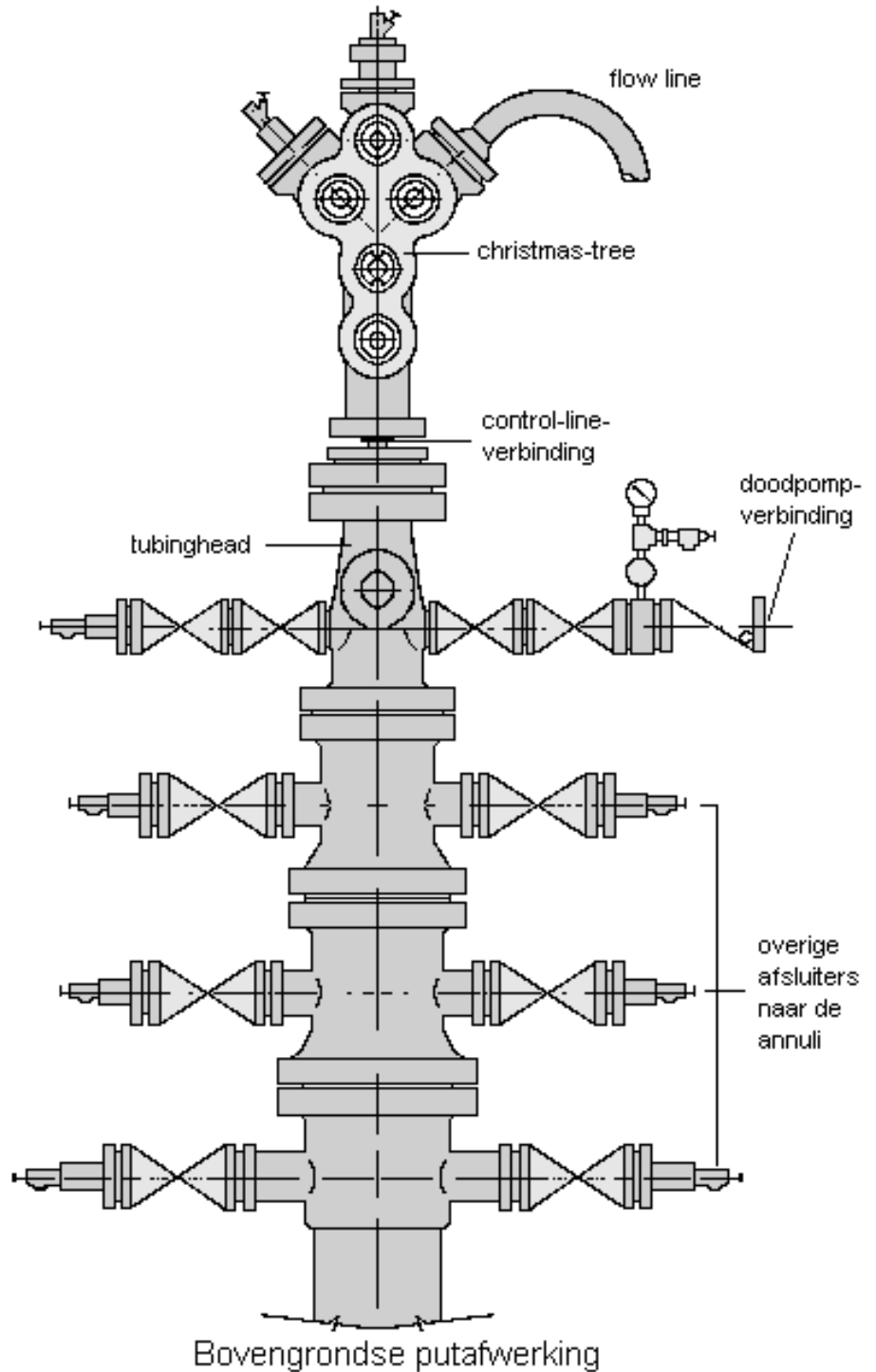
De belangrijkste functies zijn:

- Afhanging van de tubing.
- De annulus van de tubing en de Christmas-tree gasdicht afsluiten.
- Een verbinding van de annulus met de doodpomp- en corrosie-inhibitorleidingen tot stand te kunnen brengen.

Christmas tree

De Christmas-tree heeft de navolgende twee belangrijke functies:

- Aansluiting van de tubing met de productieleidingen.
- De mogelijkheid geven de put van de productie-installaties af te sluiten, bijvoorbeeld door middel van de master valves.



Er bestaan in principe twee uitvoeringen van de Christmas-tree:

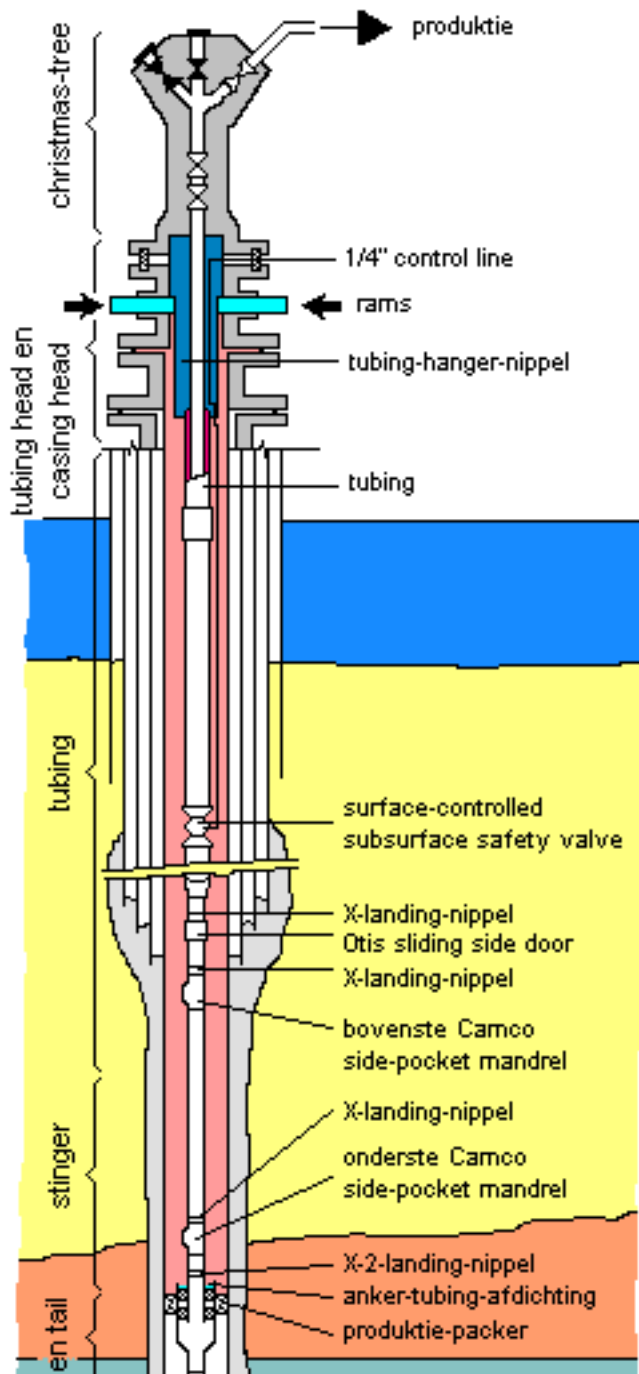
- **Solid-block Christmas-tree.**
Bij deze uitvoering is het huis uit één stuk gesmeed en zijn de verschillende afsluiters hierin gemonteerd.
- **Composite Christmas-tree.**
Hierbij zijn de afsluiters om een Y-stuk samengebouwd.

Het solid-block-type is kleiner en geeft minder kans op lekkage, omdat er minder flensverbindingen bestaan.

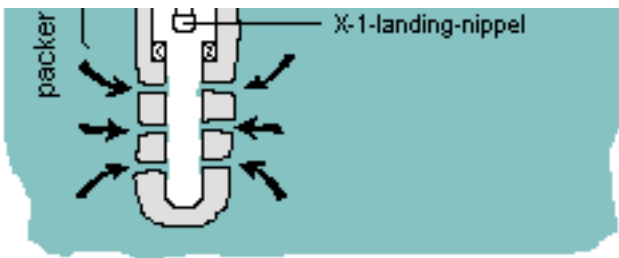
Belangrijkste veiligheidsvoorzieningen

Het aardgas in de formatie staat onder hoge druk. Door de lage dichtheid van het gas komen ook in de tubing en Xmas-tree hoge drukken voor. Deze hoge drukken vereisen, dat hoge eisen aan een gasdichte afwerking van de put worden gesteld. Bovendien moet de mogelijkheid bestaan de put, bijvoorbeeld bij lekkages of bij wireline-werkzaamheden, zo dicht mogelijk boven de formatie te kunnen afsluiten.

Een andere factor die een belangrijke rol speelt, is de corrosieve eigenschap van bijvoorbeeld het in het aardgas aanwezige CO₂ wanneer dat zich in het meegevoerde water oplost. Vooral het hoogstgelegen gedeelte van de tubing is onderhevig aan corrosie ten gevolge van temperatuurdaling en condensatie. De belangrijkste voorzieningen die zijn aangebracht om veilig en bedrijfszeker te kunnen produceren en hun functies zijn:



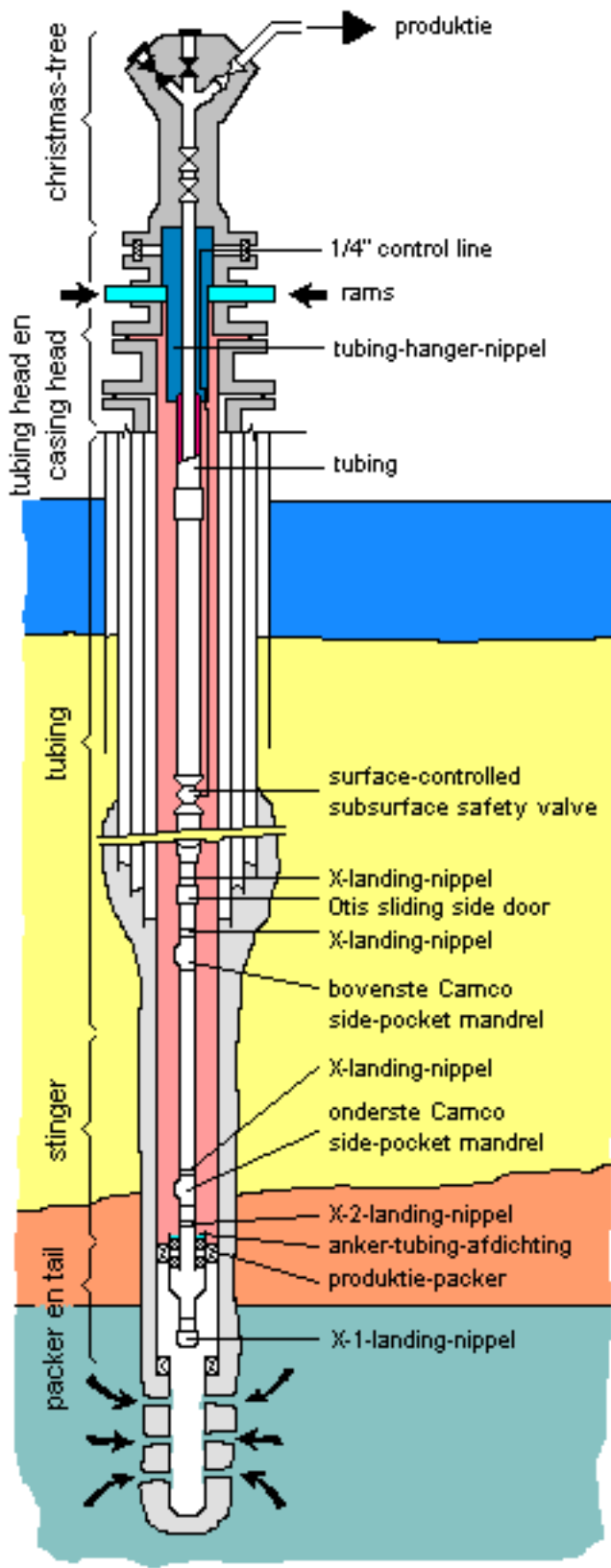
	Veiligheidsvoorziening	Belangrijkste functie van de veiligheid
1.	<u>NAM tubing safety valve</u> * (NTS-klep)	Bij een te hoge productiesnelheid de put zo dicht mogelijk boven de formatie automatisch afsluiten.
2.	<u>Productie-packer</u>	Gasdichte isolatie tussen tubing en casing.
3.	<u>Surface-controlled subsurface safety valve</u> (SC SSV)	De mogelijkheid de put op elk gewenst moment ondergronds af te sluiten. Wanneer de hydraulische druk wegvalt, sluit deze klep de put af.
4.	Bovenste Camco <u>side -pocket mandrel</u> (SPM) met breekplaat	Een verbinding tussen annulus en tubing bij het doodpompen van de put met doodpompvloeistof.
5.	Onderste Camco SPM met injectieklep	Een verbinding tussen annulus en tubing voor injectie van corrosie-inhibitor om corrosie van de tubing tegen te gaan.



De afgewerkte put produceert

6.	<p>Bovenste hoofdafsluiter met Otis operator</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Bij een te lage putdruk de put automatisch afsluiten (bijvoorbeeld bij het afbreken van de flow line). ● De put vanuit de control room afsluiten (bijvoorbeeld bij lekkage van de bovengrondse afwerking).
7.	<p>Tijdens de produktiefase moet het doodpompcircuit altijd intact zijn. * NTS-klep en SC SSV worden niet meer in combinatie toegepast.</p>	

Overige voorzieningen



De afgewerkte put produceert

Behalve de onderdelen, die zijn genoemd bij 'Belangrijkste voorzieningen voor productie' en 'Belangrijkste veiligheidsvoorzieningen' zijn in de ondergrondse putafwerking voorzieningen aangebracht, die dienen om:

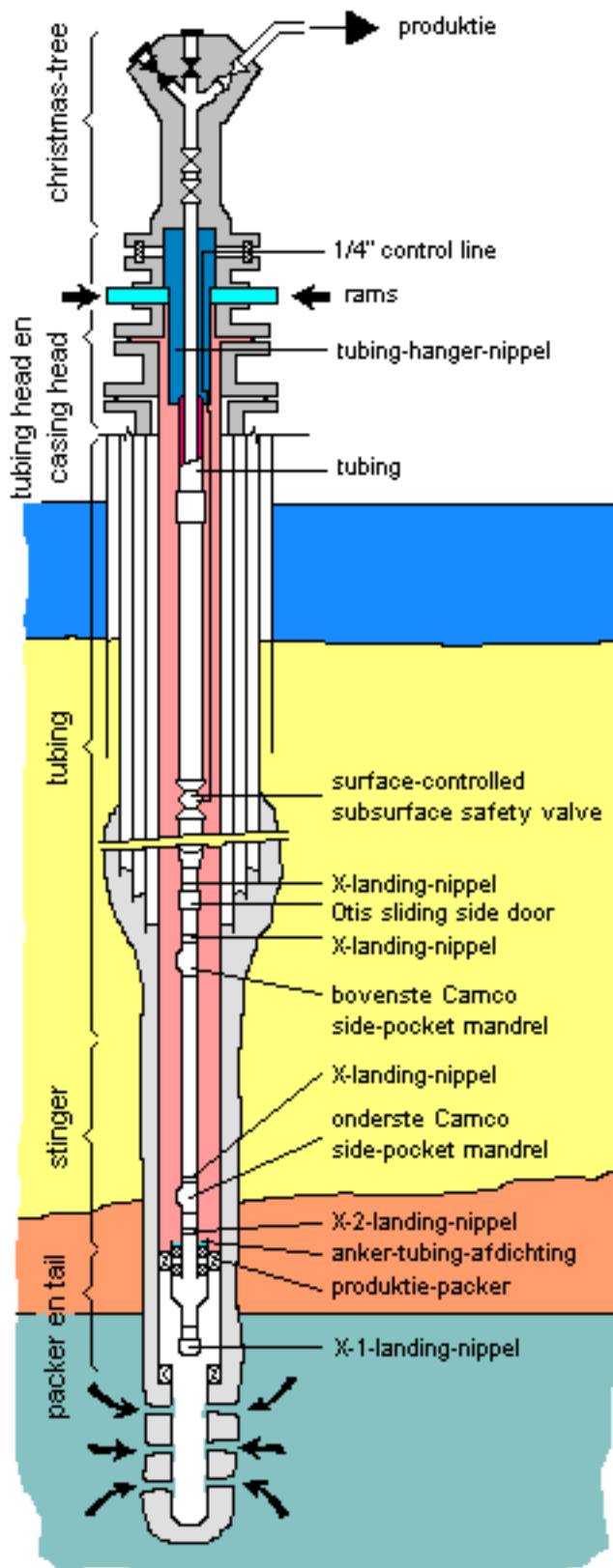
- wireline-werkzaamheden mogelijk te maken;
- metingen, zoals druk/temperatuur-surveys, te verrichten;
- grote hoeveelheden vloeistof te circuleren.

In de tail pipe onder de packer en in de stinger boven de packer vinden wij drie zogenaamde Otis landing-nippels. Deze dienen om bijvoorbeeld met behulp van wireline-werkzaamheden tijdelijke voorzieningen, zoals pluggen en meetinstrumenten, aan te brengen.

In de stinger boven de packer is een zogenaamde sliding side door (SSD) aangebracht. Deze kan met wireline worden geopend, waardoor grote hoeveelheden vloeistof door de annulus en tubing kunnen worden rondgepompt, bijvoorbeeld bij schooncirculeren en doodpompen.

Het gebruik van de SSD staat ter discussie; de functie hiervan kan worden overgenomen door een circulatiekiep in een side-pocket mandrel.

De opvoerserie



De afgewerkte put produceert

Het systeem van de putafwerking voorziet erin, dat zoveel mogelijk problemen die ondergronds zouden kunnen ontstaan, door middel van wireline-operaties kunnen worden opgelost. Het doel hiervan is tijdrovende workover-werkzaamheden te voorkomen. Deze completie wordt daarom **permanent-type well completion (PTWC)** genoemd en bestaat uit:

- **Packer** met tail en onderste landing-nippel X-1, waarin de NTS-klep is afgezet;
- **Stinger** met sliding-side-door, twee Camco SPM's en twee landing-nippels, X-3 en X-2;
- **Tubing** met hanger-nippel en subsurface safety valve landing-nippel.

De **produktie-packer** met tail is meestal boven de liner in de casing afgezet. Onderaan deze tail is de onderste landing-nippel X-1 geplaatst, waarin onder normale produktieomstandigheden de NTS-klep is afgezet.

De stinger bevat van boven naar beneden:

- De bovenste X-3-landing-nippel, geïntegreerd in de SSD.
- De Otis SSD voor circulatie (doodpompen).
- De bovenste Camco SPM met breekplaat voor circulatie van doodpompvloeistof in noodsituaties.
- De onderste Camco SPM met injectieklep voor het inpompen van corrosie-inhibitorvloeistof.
- De middelste X-2-landing-nippel.
- De anchor latch, die de verbinding met de packer maakt.

De tubing vormt het grootste gedeelte van de opvoerserie en is door middel van de tubing-hanger-nippel boven de rams van de tubing head afgehangen. In de tubing is, zoals wij reeds zagen, een SC SSV-landing-nippel aangebracht. In sommige zeer corrosieve omstandigheden bestaat de gehele opvoerserie uit roestvast staal, gemaakt van chroom-13-staal.

Voordat het doel en de constructie van deze componenten worden besproken, wordt eerst ingaan op de belangrijkste typen van draadverbindingen.

Tubing-verbindingen en draadsoorten

De pijpen en componenten van de opvoerserie zijn door middel van draadverbindingen aan elkaar geschroefd. De eisen, die aan deze verbindingen worden gesteld, zijn afhankelijk van een aantal factoren, zoals de samenstelling van het geproduceerde mengsel (aardolie of -gas), de formatiedruk en druk- en temperatuurverschillen. Voor ons is het van belang te weten wat de belangrijkste eisen zijn, die aan een draadverbinding bij een gasput moeten worden gesteld en op welke wijze hieraan wordt voldaan. Deze eisen hebben o.a. betrekking op:

- De absolute gasdichtheid. Gas uit de opvoerserie mag niet in de annulus dringen.
- De sterkte om bijvoorbeeld spanningen door trekkrachten en temperatuurverschillen op te vangen.
- Het voorkomen van erosie (schuren) van de verbinding door zand en gas, dat met hoge snelheid naar de oppervlakte stroomt.
- Het voorkomen van corrosie door zuur in het geproduceerde mengsel.

De belangrijkste typen van verbindingen, die voor olie- en gasputten worden toegepast, zijn:

- De API-non-upset-(NU-)verbinding. (Non upset = niet-opgestuikt.)
- De API-external-upset-(EU-)verbinding. (External upset = naar buiten opgestuikt.)
- De integrale verbinding of pin-box-verbinding.

De NU- en EU-verbinding wordt gevormd door een sok, die op de twee te verbinden pijpuiteinden is geschroefd (zie de figuren a en b).

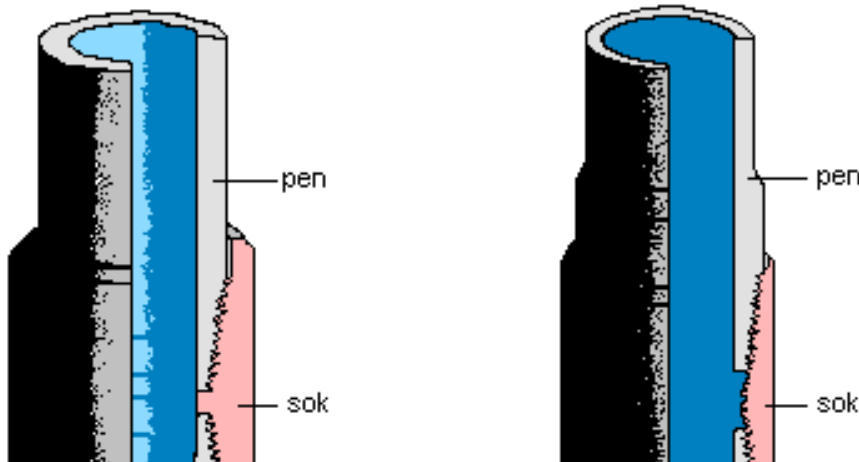
De belangrijkste draadsoorten zijn:

- API-draad
- VAM-draad
- BDS-draad.

API-draad heeft een afgerond, driehoekig profiel en wordt voornamelijk gebruikt bij de afwerking van olieputten. De afdichting is echter minder goed dan met VAM- en BDS-draad, die een trapeziumvormig profiel hebben en een afdichting van metaal op metaal (zie 'Draadverbindingen').

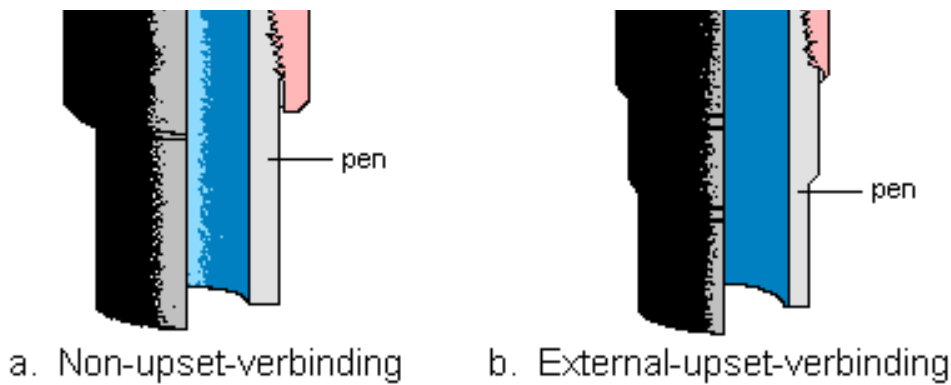
Voor roestvaststalen tubing wordt zowel VAM- als BDS-chroom-13-tubing gebruikt.

Draadverbindingen



Non-upset- pijpverbinding (zie figuur a)

Hierbij zijn de pipeinden of pennen glad (non-upset) en aan de buitenzijde voorzien van draad. De verbinding tussen de pijpen wordt gevormd door een sok (joint), die over de beide uiteinden is geschroefd en in het midden, tussen de pijpen, naar binnen steekt. De binnenzijde van de pijpverbinding is praktisch glad en



daarom geschikt voor gasputten. De gladde binnenwand helpt corrosie te voorkomen. Indien door oneffenheden wervelingen in de gasstroom zouden ontstaan, bestaat namelijk de kans, dat de beschermende laag van servocondensaat zou worden weggeschuurd. Non-upset wordt weinig toegepast.

External-upset-pijpverbinding (zie figuur b)

Bij deze verbinding zijn de pipeinden naar buiten opgestuikt, waardoor de pijpwand plaatselijk is verdikt (external upset). De binnenwand is bij deze verbinding niet glad, waardoor erosie kan ontstaan; daarom is deze pijpverbinding ongeschikt voor gasputten.

De EU-verbinding wordt meestal met API-draad uitgevoerd en voor olieputten gebruikt.

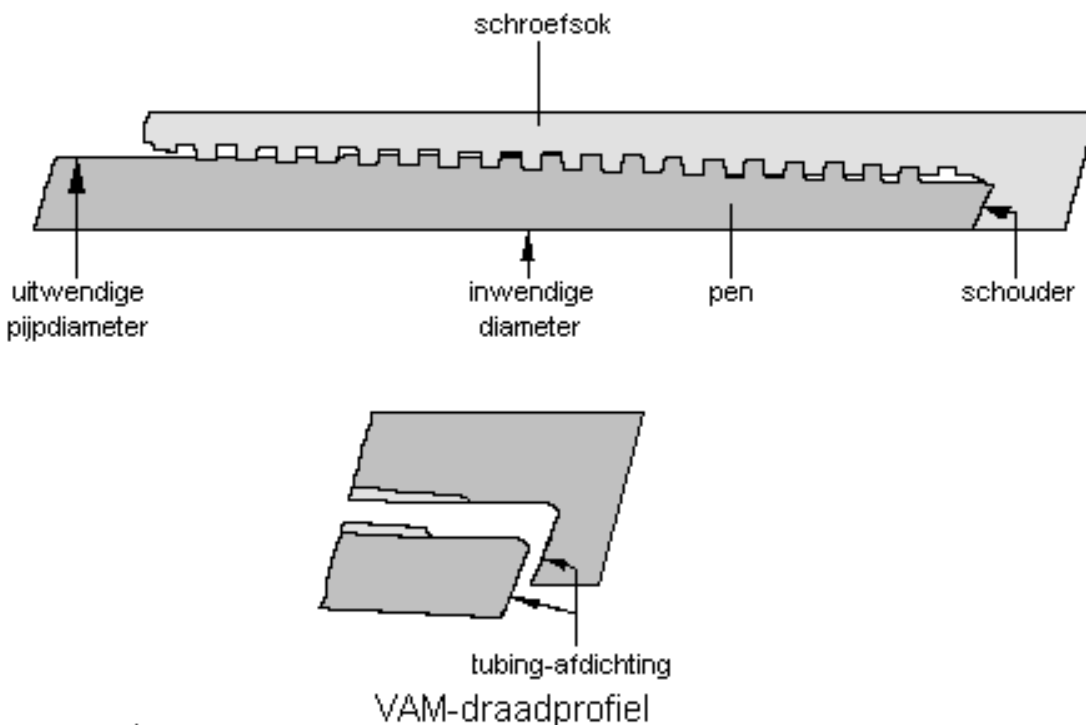
API-draad

API-draad wordt op uitgebreide schaal bij de afwerking van **olieputten** gebruikt. Wij zullen daarom ook de belangrijkste kenmerken bespreken.

API-draad is, zoals de naam reeds zegt, gespecificeerd door het American Petroleum Institute. Er worden twee typen onderscheiden, namelijk

- korte draad
- lange draad, waarbij de draad over een grotere lengte is aangebracht.

API-draad heeft een afgerond, driehoekig profiel. De afronding voorkomt beschadigingen bij het instabben van de pijp. De afdichting is echter minder goed dan bij andere draadtypen, zoals VAM-draad, waardoor de kans op lekkages tussen pen en sok groot is. API-draad wordt om deze reden niet toegepast bij de afwerking van gasputten, maar wel bij olieputten.

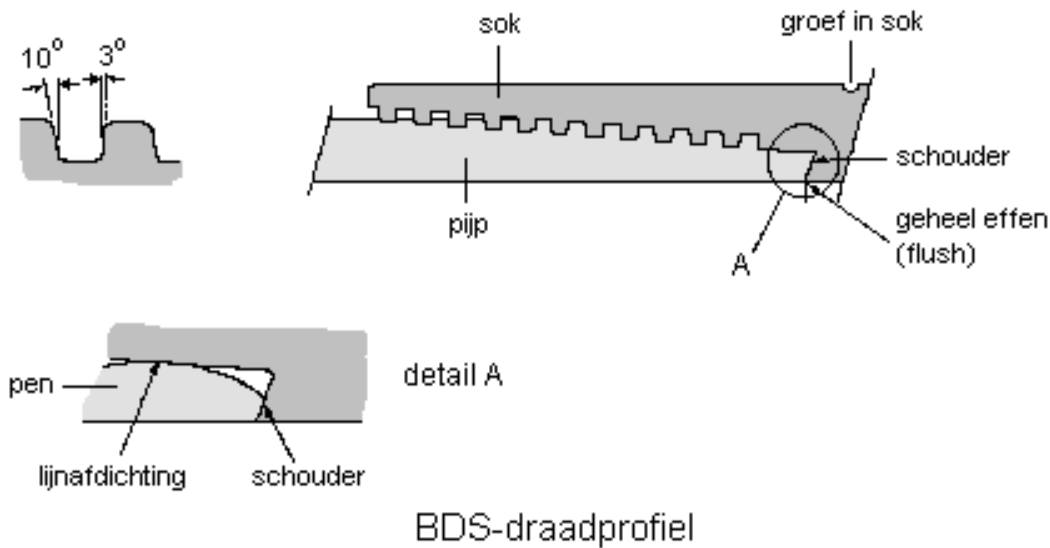


VAM-draad

Bij gasputten zijn de casing en tubing meestal uitgevoerd met VAM-draad. Deze draad is trapeziumvormig met een tapsheid van 1 : 16 . De afdichting is metaal op metaal en de afdichtingsvlakken tussen het einde van de pen en de schouder van de schroef sok zijn door de fabrikant nauwkeurig en glad afgewerkt.

Hierdoor wordt op de plaatsen die in de figuur met dikke lijnen zijn aangegeven, een zeer goede afdichting verkregen.

Bij montage van de tubing met een metaal-op-metaal-afdichting, zoals VAM, is het aanschroefmoment zeer belangrijk. Is de torque te klein (beneden de minimale torque), dan is de afdichting onvolledig en zal de verbinding gaan lekken. Is de torque te groot, dan wordt het materiaal ter plaatse van het peneinde en de schouder van de sok naar binnen gedrukt, waardoor de binnendiameter van de tubing ter plaatse kleiner wordt. Dit geeft problemen bij wireline-werkzaamheden. Bovendien ontstaat ter plaatse een oneffenheid, waardoor ten gevolge van erosie het anti-corrosiemiddel wegslijt en corrosie optreedt.



BDS-draad

Buttress-double-seal-draad (BDS-draad) is, evenals VAM-draad, trapeziumvormig, waardoor een goede gasdichte afdichting kan worden verkregen. VAM- en BDS-draad worden toegepast, wanneer de put met een tubing van roestvast staal is afgewerkt. Het einde van de pen vormt met de schouder van de schroef sok een lijnafdichting (zie figuur - detail A).

Het navolgende overzicht toont de belangrijkste voor- en nadelen en toepassingen van de bij NAM gebruikte draadverbindingen.

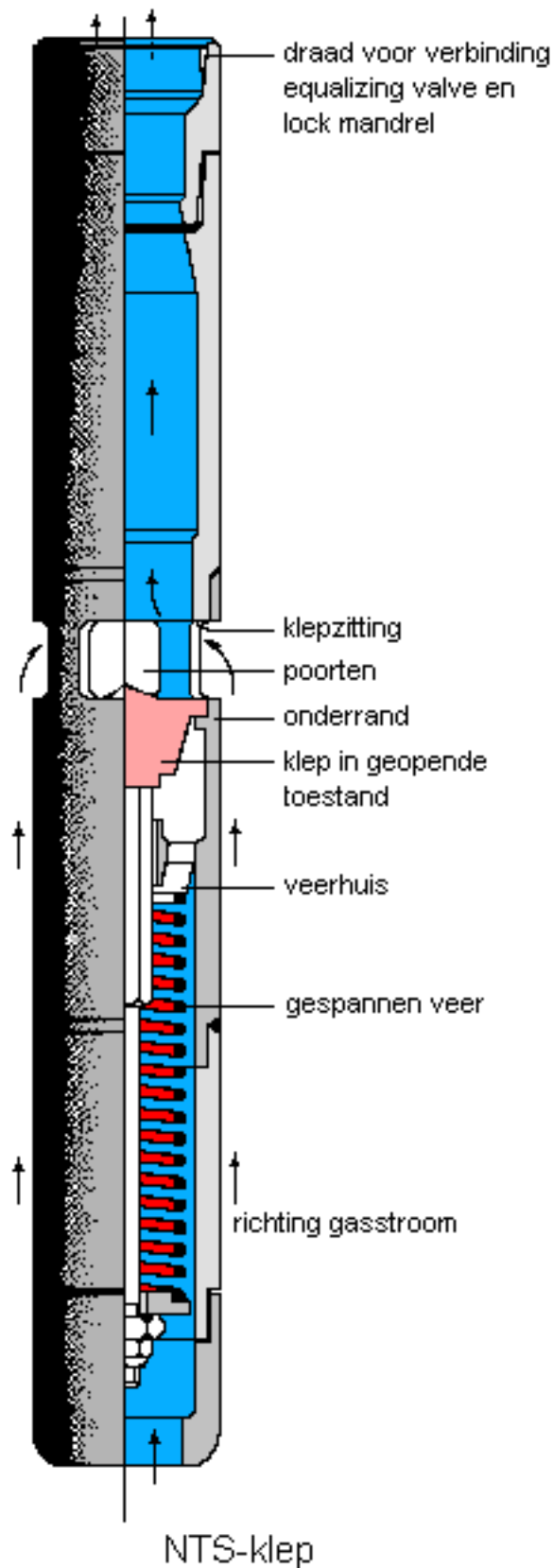
Verbinding	Draadsoort	Belangrijkste voor- en nadelen	Toepassing
NU	VAM	<p>Voordelen:</p> <p>Relatief goedkoop</p> <p>Gasdicht</p> <p>Gladde binnenwand, waardoor minder kans op erosie en corrosie</p> <p>Relatief snel inlaten en uittrekken van de tubing</p>	<p>Productiegasputten met koolstofstalen en roestvaststalen tubing</p>
	BDS	<p>Voordelen:</p> <p>Dezelfde als VAM (Roestvast staal is ten minste 3 maal zo duur als gewoon staal.)</p>	<p>Productiegasputten met roestvaststalen tubing</p>

	Hydril CS	Voordelen: Dezelfde als VAM (Wordt zelden toegepast bij NAM.)	Exploratiegasputten
EU	API	Voordelen: Sterker dan NU Nadelen: Niet gasdicht Meer risico van corrosie	Olieputten
Pin-box	API	Voordelen: De helft van het aantal verbindingen, vergeleken met NU en EU (geen sok), waardoor minder kans op lekkage. Nadelen: Bij beschadiging van de draad veel uitval. Meer tijd voor inlaten en uittrekken van de tubing dan bij NU.	- Olieputten (API-draad) - Gasputten (Hydril CS-draad)

Tabel 1: Belangrijkste draadverbindingen, hun voor- en nadelen en toepassingen

NTS-klep

De NTS-klep wordt afgezet in de onderste landing-nippel van een put. Het doel van de klep is de put automatisch af te sluiten wanneer om een of andere ongecontroleerde reden, bijvoorbeeld door een belangrijke beschadiging van de Christmas-tree, de produktiestroom te hoog wordt.



Bij normale produktiesnelheden is het drukverschil over de klep kleiner dan de kracht van de voorgespannen veer. Door deze kracht blijft de klep openstaan. Bij een te hoge produktie ontstaat er door de hogere gassnelheid boven de klep een lagere druk. Op de onderzijde van de klep blijft de volle putdruk staan. Door het grotere drukverschil tussen de onder- en bovenzijde van de klep wordt deze tegen de kracht van de veer in omhoogbewogen en gesloten. Is de klep gesloten, dan blijft deze door de putdruk in dezelfde stand en is de tubing van de formatie afgesloten.

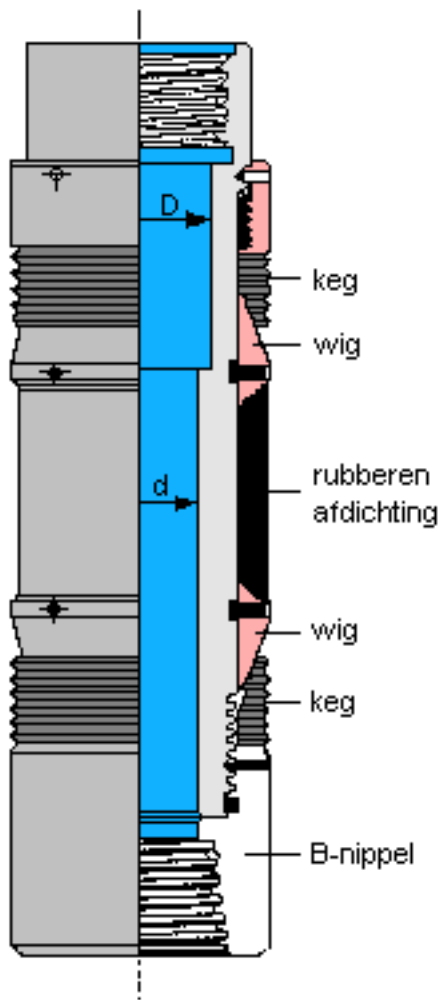
De sluitsnelheid van de klep kan worden ingesteld door de voorspanning van de veer te regelen. De klep mag bij normale produktiesnelheden niet sluiten, maar de klep moet wel sluiten, voordat de maximale produktiesnelheid wordt bereikt. Bij het testen van de werking van de klep na installatie wordt het gas via de testseparator naar de produktie-installaties geleid en wordt de produktiesnelheid langzaam opgevoerd. Door de flow rate en de daarbij behorende well-head-druk in een grafiek uit te zetten kan men bepalen of de klep goed is afgesteld.

Een gesloten NTS-klep kan als volgt worden geopend: De tubing van de put met de gesloten NTS wordt uit een niet-producerende put opgevuld. Bij dit opvullen moet zodanig te werk worden gegaan, dat de geïnstalleerde chokes worden gebruikt en er niet met 'geknepen' afsluiters wordt gewerkt. Wanneer de drukken genivelleerd zijn, moeten de putten zeker een halfuur tegen elkaar open blijven staan en moet hierbij op de recorder worden gelet. Wanneer de druk boven en onder de NTS gelijk is geworden, wordt de klep door de veerkracht geopend.

Van 1964 tot 1985 waren alle putten voorzien van een NTS-klep. Tegenwoordig zijn alle putten voorzien van een SC SSV.

Productie-packer

De packer dient om de annulus gasdicht van de formatie af te sluiten.



Permanente packer Baker DAB/
FAB-1-type met getrapte boring

Packers worden onderscheiden in:

- **Permanente packers**

De permanente packer wordt elektrisch aan wireline of hydraulisch aan pijpen afgezet en kan slechts door gedeeltelijk wegfrezen van het packer-materiaal worden verwijderd.

- **Retrievable packers.**

De retrievable packer kan in zijn geheel worden verwijderd en verscheidene malen worden gebruikt. Deze packers worden bijvoorbeeld bij work-over-operaties gebruikt om de tubing en casing-series af te persen of om een casing-lek tijdelijk de isoleren.

Van de permanente packer bestaan verschillende uitvoeringen: deze kunnen bijvoorbeeld een getrapte boring hebben of ze kunnen over de gehele lengte dezelfde binnendiameter hebben. De verschillen in de uitvoering zijn echter klein. Zij worden o.a. bij de PTWC van gasputten gebruikt.

Het meest voorkomende type bij gasputten is de **Baker DAB permanente packer**. Dit type heeft een boring met twee verschillende diameters. Het bovengedeelte heeft een grotere diameter. Hierin past de anker-tubing-afdichting of 'tubing-seal assembly', die voor de afdichting tussen de stinger en de packer dient (zie '[Tubing-seal assembly](#)').

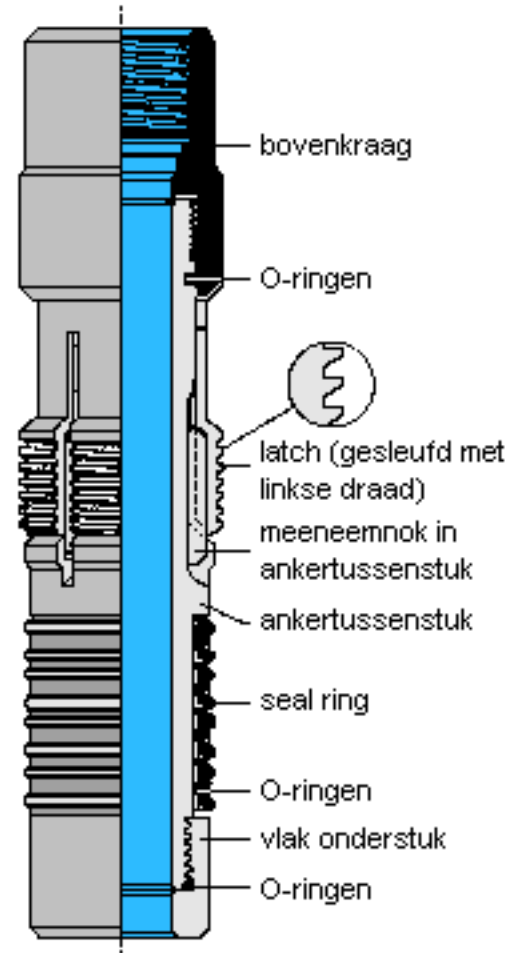
De tail pipe is met een draadverbinding onderin de packer vastgeschroefd.

Tubing-seal assembly (TSA)

Er bestaan verschillende typen TSA's.

Bij de gasputten wordt het ankertype gebruikt. Hierdoor wordt naast afdichting ook een bevestiging van de tubing string verkregen, waardoor deze laatste met een voorspanning kan worden afgehangen.

Bij een work-over kan de tubing uit de packer worden ontschroefd door deze rechtsom te draaien; op deze wijze wordt het anker met de linkse draad uit de packer geschroefd. De tubing kan dan worden getrokken.



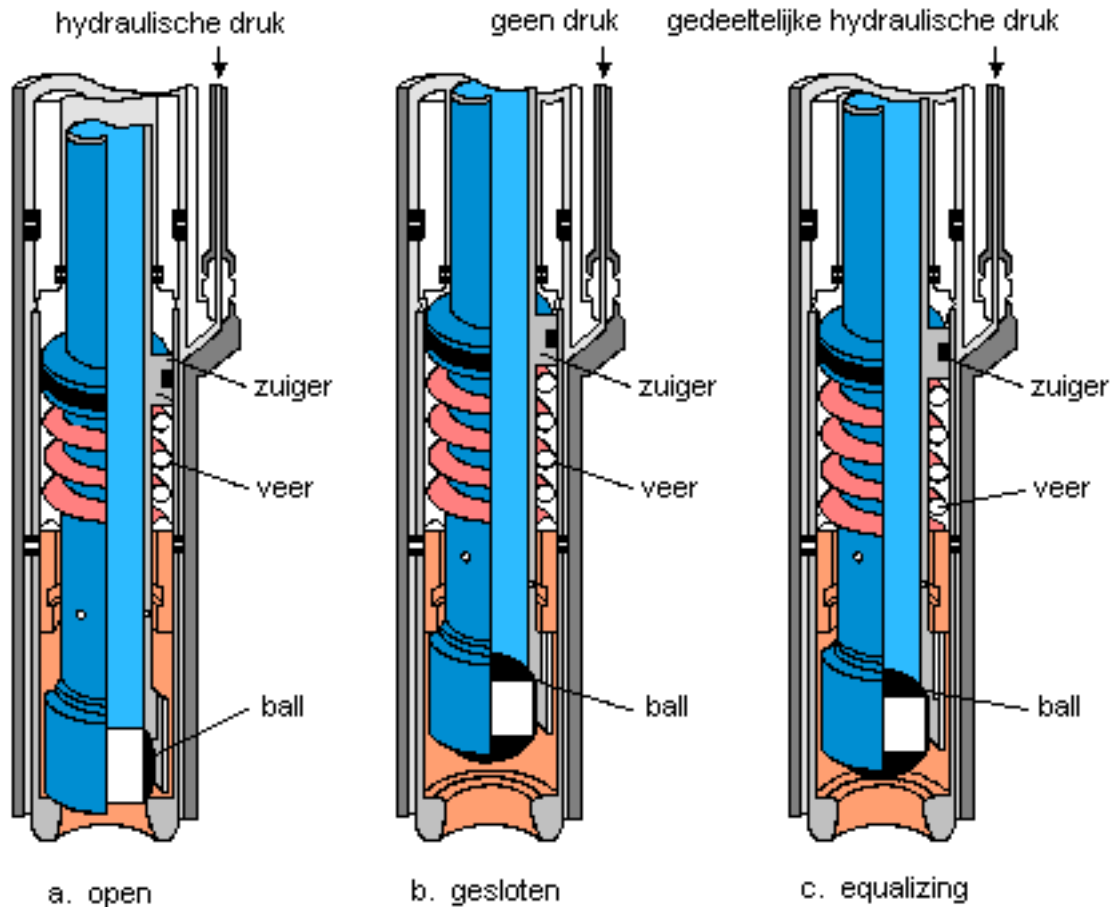
Anker-tubing-afdichting

Surface-controlled subsurface safety valve (SC SSV)

Deze veiligheidsklep wordt tegenwoordig bij gasputten aangebracht. De setting-diepte varieert van 150 tot 700 m. onder het maaiveld.

De NTS-klep en SC SSV geven beide een grote veiligheid, waarbij de:

- SC SSV op elk gewenst moment de put afsluit.
- NTS-klep bij een te hoge flow rate automatisch wordt gesloten.



Surface-controlled subsurface safety valve

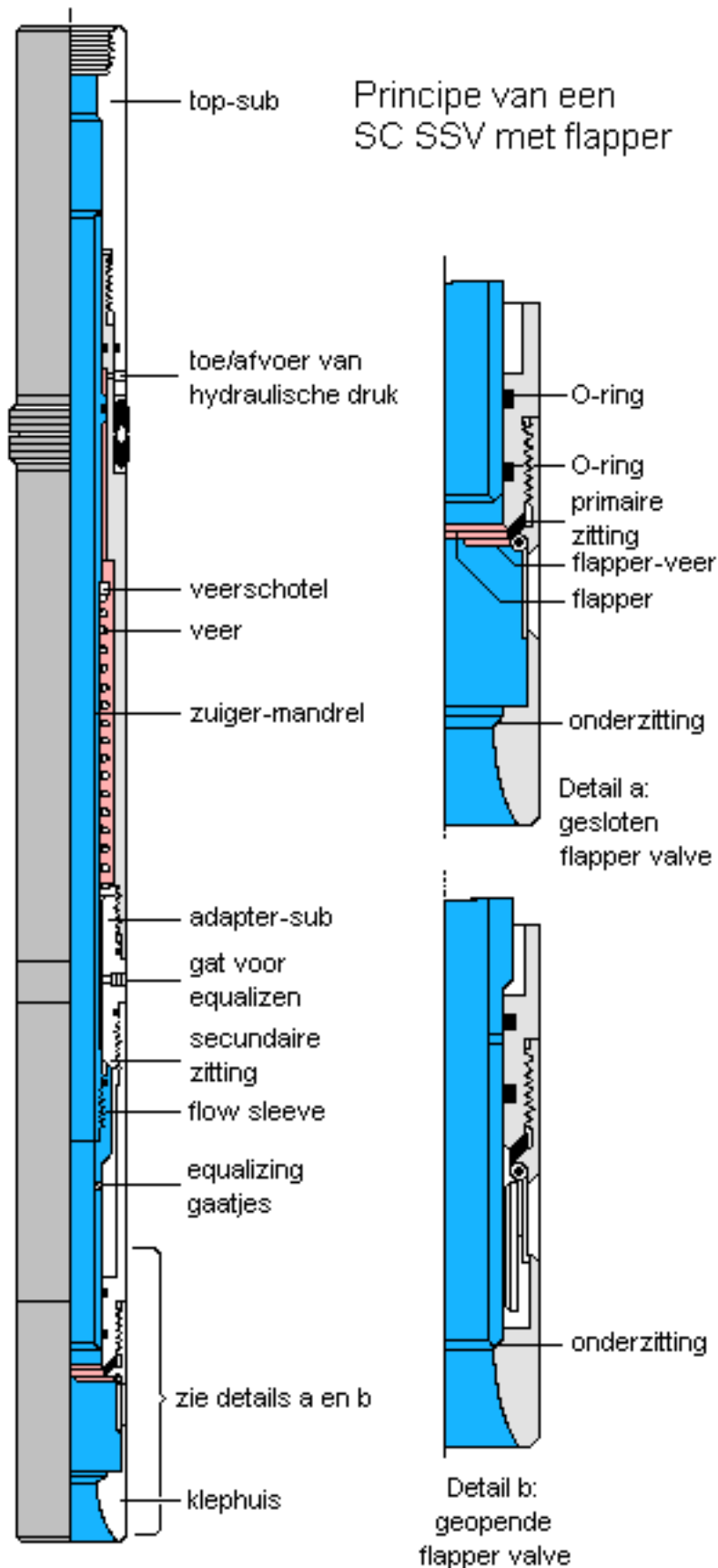
De SC SSV kan zowel automatisch als vanuit de controlekamer worden gesloten. De klep sluit automatisch, wanneer de hydraulische druk wegvalt, bijvoorbeeld wanneer de Christmas-tree door een of andere oorzaak zwaar wordt beschadigd. De klep wordt opgehouden door hydraulische druk via een 1/4" control line, die is aangesloten aan de buitenwand van de tubing.

De klep bestaat uit een verticale holle cilinder, waarin een bal met een gat tussen twee beweegbare zittingen is geplaatst.

De klep werkt volgens het principe, dat bij normale produktie een hydraulisch bediende zuiger de ball valve, tegen de druk van een voorgespannen veer in, in geopende toestand houdt. Wanneer de hydraulische druk wegvalt, drukt de veer de ball valve naar boven, waarbij de bal 90° draait. De klep is gesloten. Het sluiten geschiedt met grote snelheid om slijtage van de ball valve te voorkomen.

Bij het openen van de klep moet deze eerst in de 'equalizing'-stand worden gezet. Het gas passeert de bal, totdat de druk boven en onder dezelfde is. Hierna kan de klep pas worden geopend. Indien de klep

ineens zou worden geopend, zou deze door de hoge putdruk onherstelbaar kunnen worden beschadigd.



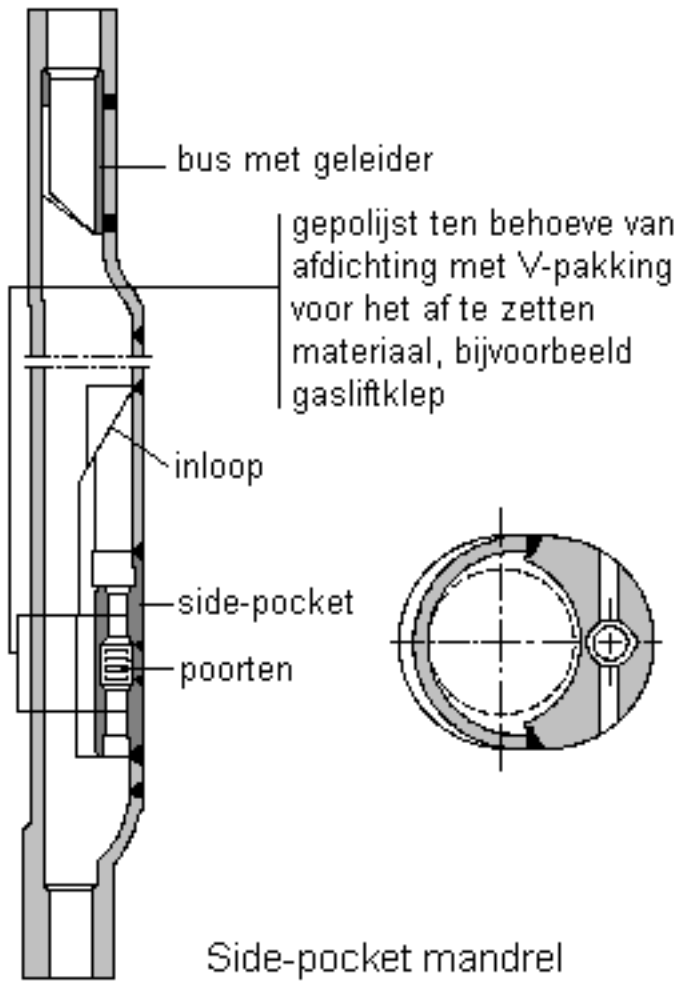
Ball valves, zoals eerder besproken, worden tegenwoordig weinig meer toegepast. Men past nu algemeen **flapper valves** toe met verschillende equalizing-mogelijkheden. De functie en bediening van flapper valves zijn gelijk aan die van de ball valves.

De voornaamste verschillen zijn:

- De ball-and-seat assembly is vervangen door een flapper.
- De primaire en secundaire zittingen kunnen in kunststof zijn uitgevoerd.
- De zuiger-mandrel en de flow sleeve zijn aan elkaar geschroefd.
(Het via-de-tubing-openpompen van een flapper gaat gemakkelijker dan bij een ball.)
- Na het op-druk-brengen van de control line geschiedt het equalizen via de zijboring in de adapter-sub, de geopende secundaire zitting en de equalizing-gaatjes in de flow sleeve, dus in tegenovergestelde richting dan bij een ball valve.

Side-pocket mandrel (SPM)

In de stinger is op twee plaatsen een side-pocket mandrel afgezet.

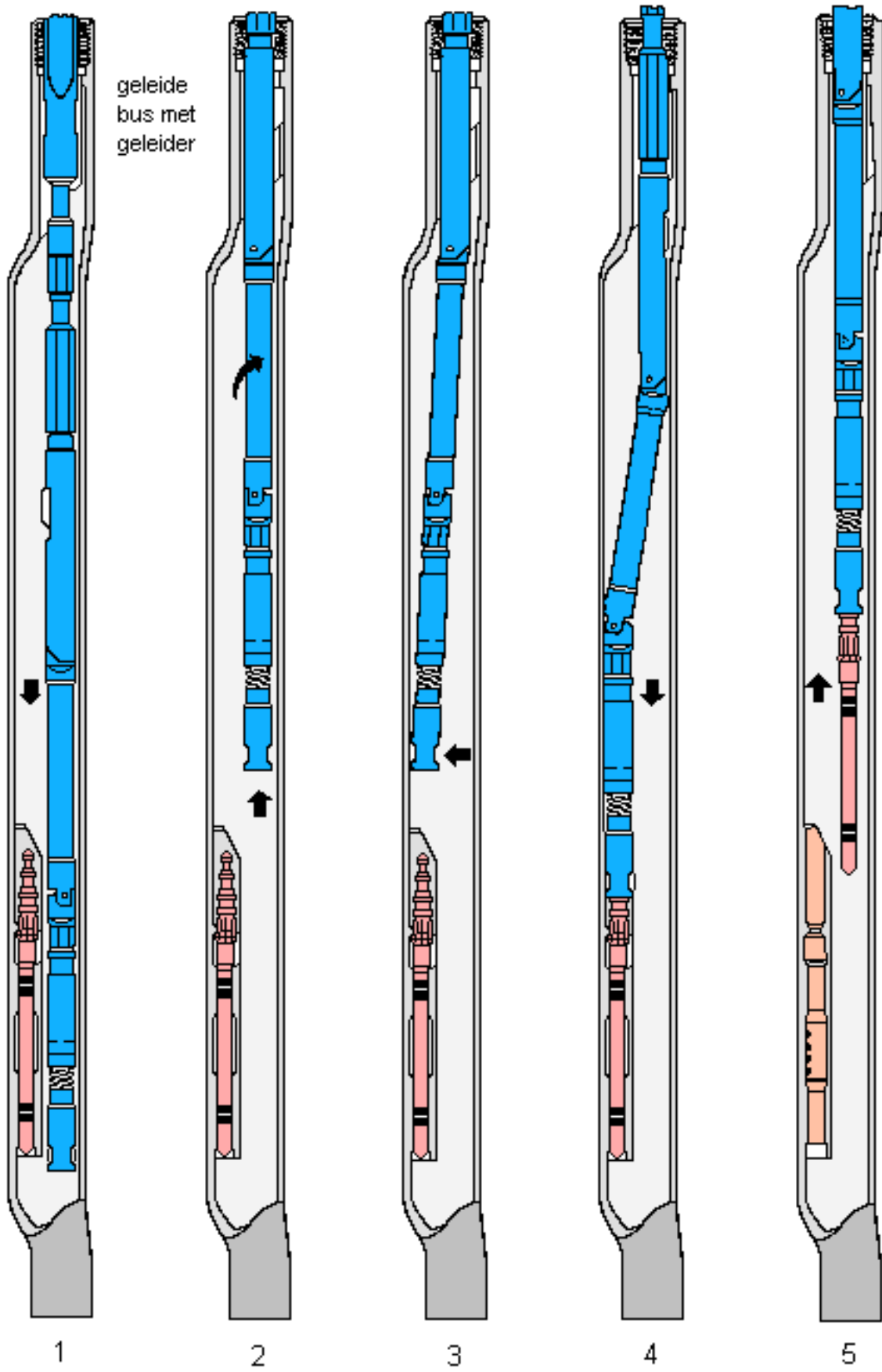


De **bovenste SPM** is voorzien van een shear disk met een doodpompplug. De functie van deze SPM is in geval van nood zonder wireline-werk de put via de annulus dood te pompen.

In de **onderste SPM** is een injectiekiep geplaatst voor het injecteren van corrosie-inhibitor-vloeistof vanuit de annulus in de tubing. De inhibitor wordt met de gasstroom omhooggevoerd.

De mandrel is zodanig geconstrueerd, dat de kamer (side pocket) buiten de hoofdstroom van de tubing-doorlaat is geplaatst. Het grote voordeel van de SPM is dan ook, dat het oppervlak van deze doorlaat behouden blijft en het gasmengsel praktisch ongehinderd door de mandrel kan stromen.

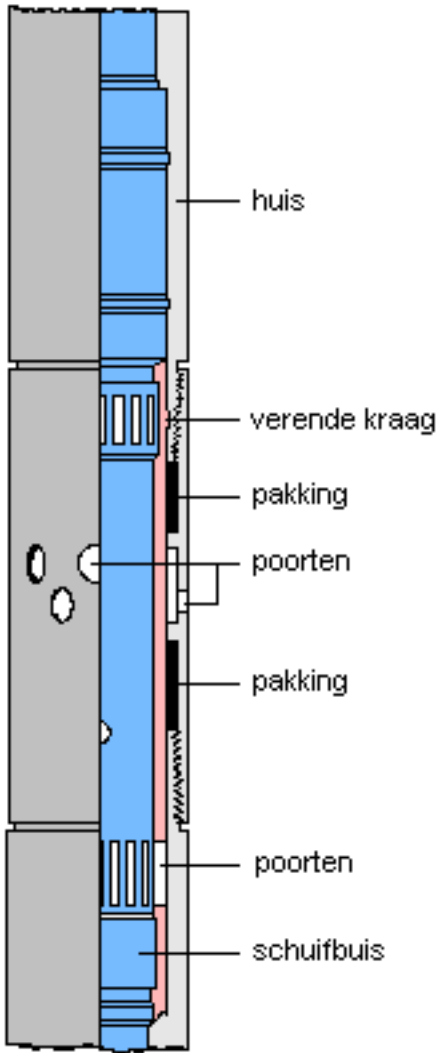
De onderdelen in de mandrel worden met behulp van een pulling tool aangebracht en wanneer nodig verwisseld.



Pulling-tool-operatie in de SPM

Sliding side door (SSD)

De sliding side door dient om grote hoeveelheden vloeistof rond te pompen, bijvoorbeeld wanneer de put wordt schoongecirculeerd.



Sliding side-door

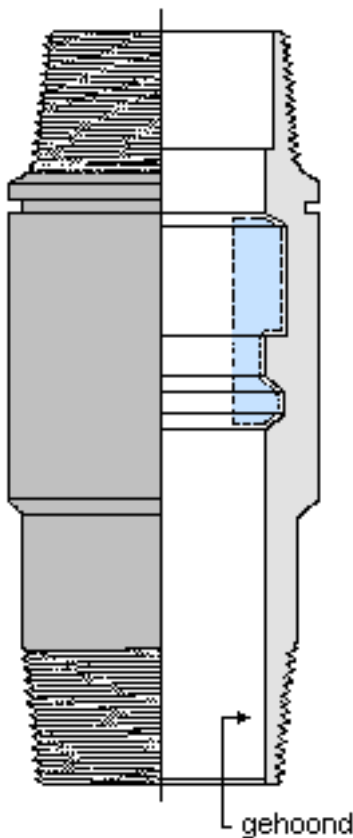
De SSD bestaat uit een huis waarin een schuifbuis met een zogenaamde 'shifting tool' aan een wireline op en neer kan worden geschoven. Zowel het huis als de schuifbuis is rondom van openingen voorzien. Wanneer de schuifbuis in de hoogste stand is getrokken, staan deze tegenover elkaar; de annulus en tubing staan met elkaar in verbinding. In de laagste stand van de schuifbuis is deze doorlaat gesloten.

Een voordeel van de SSD in vergelijking met de SPM is de grotere doorlaatopening; deze is zodoende beter geschikt voor circuleren, vooral circuleren met grotere volumes en snelheden. De SSD wordt eveneens gebruikt bij putten met een dual completion om uit verschillende zones te kunnen produceren.

Landing-nippel

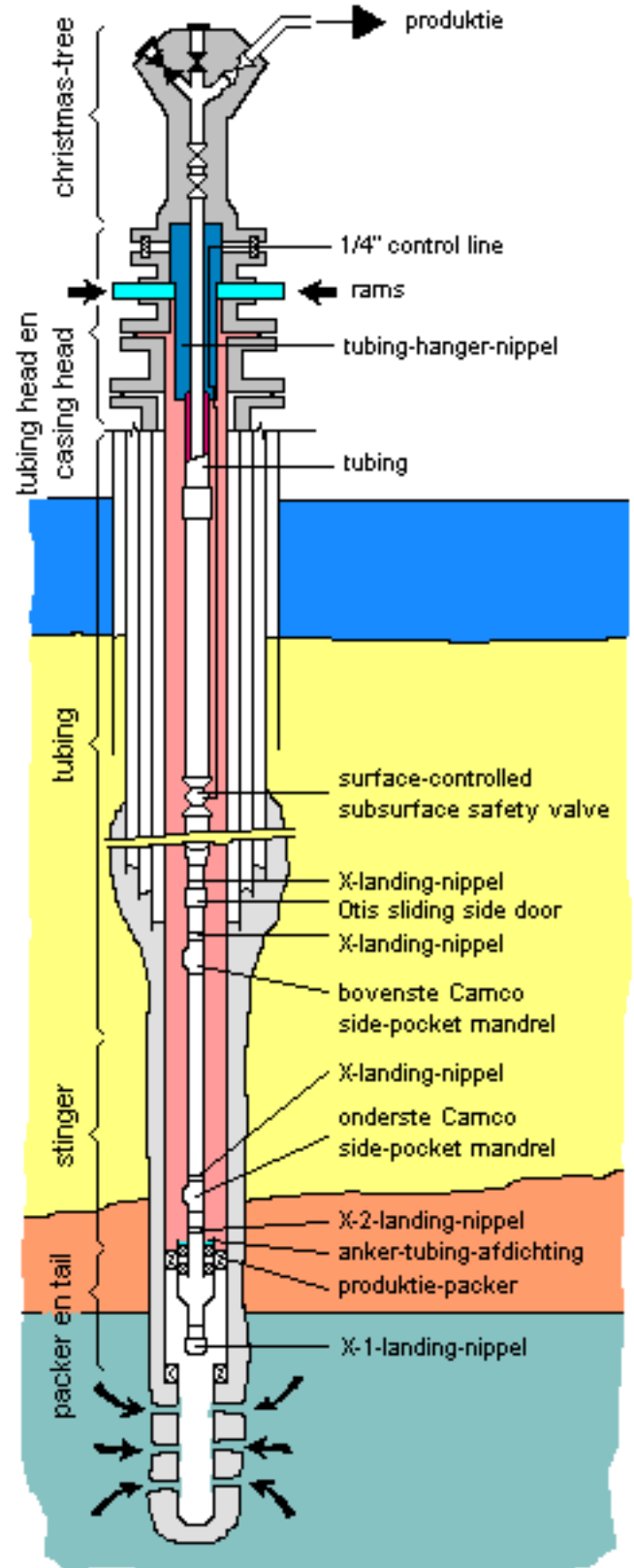
De landing-nippels zijn vaste onderdelen van de stinger en tail. De binnenwand is voorzien van een profiel, zodat op dit punt een zogenaamde locking mandrel aan wireline kan worden afgezet of getrokken. De landing-nippels dienen om ter plaatse permanente of tijdelijke onderdelen in af te zetten.

In de tubing string zijn 3 Otis-X-landing-nippels op verschillende hoogte aangebracht. Van beneden naar boven worden deze respectievelijk met X-1, X-2 en X-3 aangeduid.

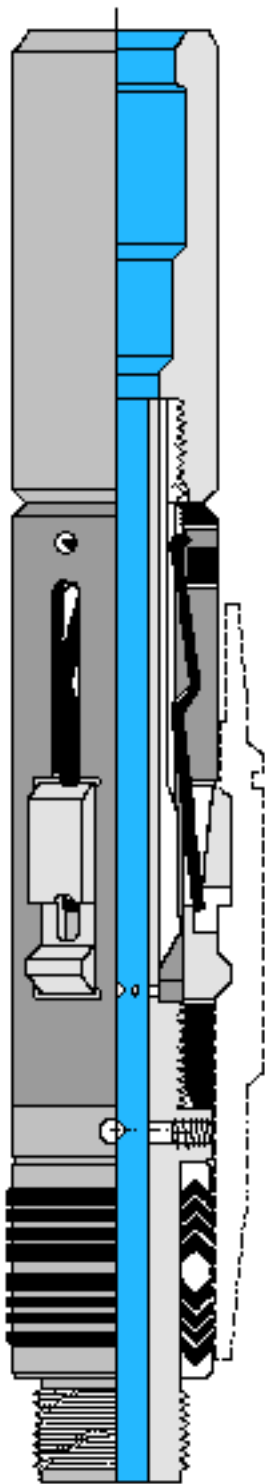


X-type landing-nippel

De **X-1-nippel** bevindt zich onderaan de tail. Hierin is tijdens normale productieomstandigheden de NTS-klep afgezet. Tijdens bijvoorbeeld work-over-werkzaamheden kan ter beveiliging van de put een plug worden afgezet. Voor het verrichten van metingen bij put-surveys dient de landing-nippel om er meetapparatuur (Amerada's) in te plaatsen.



De afgewerkte put produceert



X-type locking mandrel

De **X-2-nippel** in de stinger, net boven de packer, dient voor het afzetten van een plug voor het afpersen van de stinger en tubing tijdens work-over-werkzaamheden. Gedurende de produktiefase kan deze ook worden gebruikt voor lekkageonderzoek of beveiliging.

De drie landing-nippels en de locking mandrels zijn onderling identiek en hierdoor selectief. Wanneer een mandrel aan wireline wordt afgezet, kunnen wij dus alleen door de juiste diepte te meten er zeker van zijn, dat deze in de juiste nippel wordt afgezet.

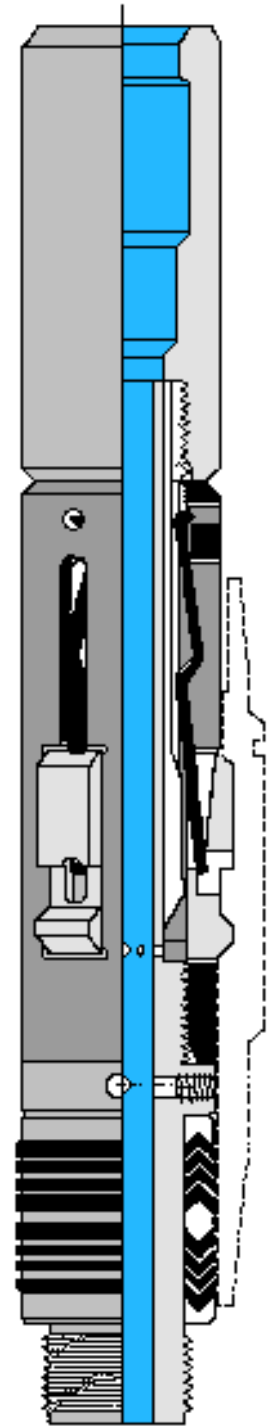
Pluggen

Pluggen worden gebruikt om de tubing ondergronds af te sluiten voor extra veiligheid tegen de formatiedruk, lekkageonderzoek, afpersen of als een bescherming van de formatie tegen work-over-vloeistoffen.

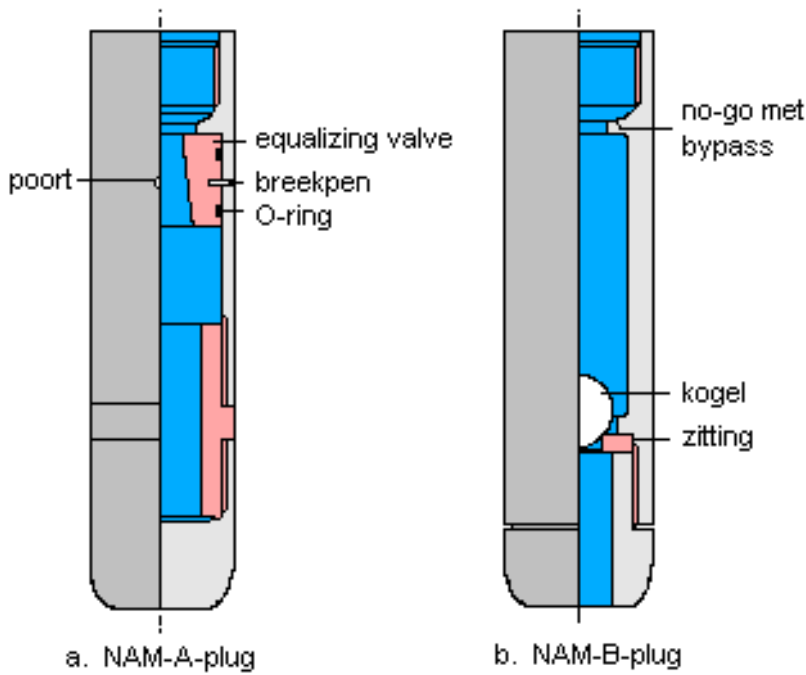
Sommige typen kunnen in beide richtingen afdichten, terwijl andere typen dit slechts in één richting kunnen, waarbij de werking dan met een terugslagklep kan worden vergeleken.

Deze pluggen worden onderaan een locking mandrel met een equalizing valve vastgezet.

De diverse NAM-pluggen zijn eigen ontwerp en worden lokaal aangemaakt. Deze kunnen in zowel olie- als gasputten worden gebruikt. De verschillende typen worden met een hoofdletter (A t/m G) aangegeven.



X-type locking mandrel



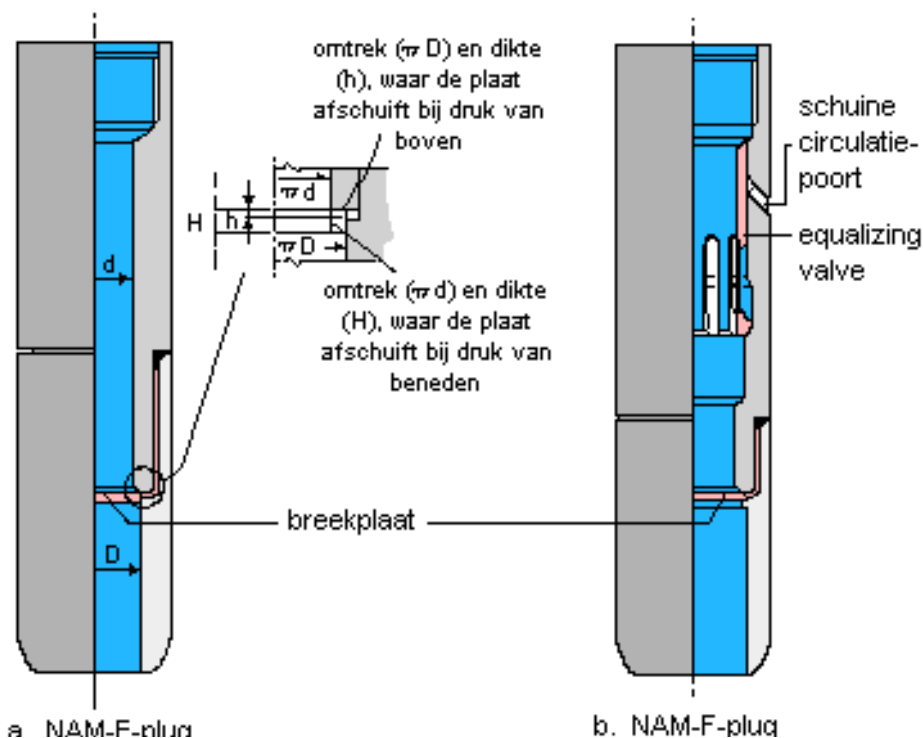
NAM-A-plug

De A-plug is een blinde plug, die zowel van boven als van onder druk houdt. De toepassing bij doodpompen met spoeling is minder gewenst. Eventueel uitgezakte spoeling kan bij het trekken veel moeilijkheden opleveren. Elke wireline-plug van A t/m G is altijd voorzien van een 'equalizing valve'. Deze kan met behulp van wireline worden geopend om de druk boven en onder gelijk te maken alvorens te trekken. Wanneer een plug in vloeistof wordt afgezet, wordt deze voor het inlaten geopend om het passeren van landing-nippels mogelijk te maken. De NAM-A-plug wordt hoofdzakelijk toegepast voor abandonment (het verlaten) van zones en formaties.

NAM-B-plug

Deze plug kan alleen druk aan de bovenzijde houden en kan in zowel gas als vloeistof worden afgezet, omdat er een bypass mogelijk is. De plug wordt o.a. tijdens workover toegepast en dient dan om het contact tussen de doodpompvloeistof en de formatie te vermijden. Ook bij het afpersen van de ingebouwde tubing-serie in de completiefase wordt de B-plug gebruikt.

Wanneer de plug als gevolg van uitgezakte vaste stoffen in de putvloeistof na behandeling niet kan worden getrokken, is schoonproduceren of -circuleren van beneden naar boven door deze plug vaak mogelijk. Als er zich vuil of andere ongerechtigeden in de putvloeistof bevinden, bestaat de kans dat deze zich tussen de kogel en zitting gaan ophopen, waardoor de plug geen druk houdt en afpersen dus onmogelijk wordt.



NAM-E-plug

Deze plug houdt, evenals de A-plug, de druk van zowel boven als beneden. De druk van boven is echter afhankelijk van de shear-waarden van de disk. Deze gaat bij een bepaald drukverschil van boven naar beneden door. Er zijn twee mogelijke shear-waarden: 100 bar en 200 bar.

Voorbeeld 1:

Een E-plug met een shear-waarde van 100 bar wordt gebruikt voor tijdelijke beveiliging van putten ten behoeve van plant shutdown, wanneer aan drooginstallaties, manifolds of flowlines moet worden gewerkt. Wanneer een gasput is voorzien van een NTS, wordt een E-plug met een shear-waarde van 100 bar afgezet in de X-2-landing-nippel. Na het afzetten van deze plug wordt de tubing-druk circa 20 bar afgelaten om te testen. Eventueel wordt een tweede E-plug met een shear-waarde van 100 bar aan een ball-valve dummy afgezet in de ball-valve-landing-nippel en nogmaals getest door circa 20 bar af te laten.

Voorbeeld 2:

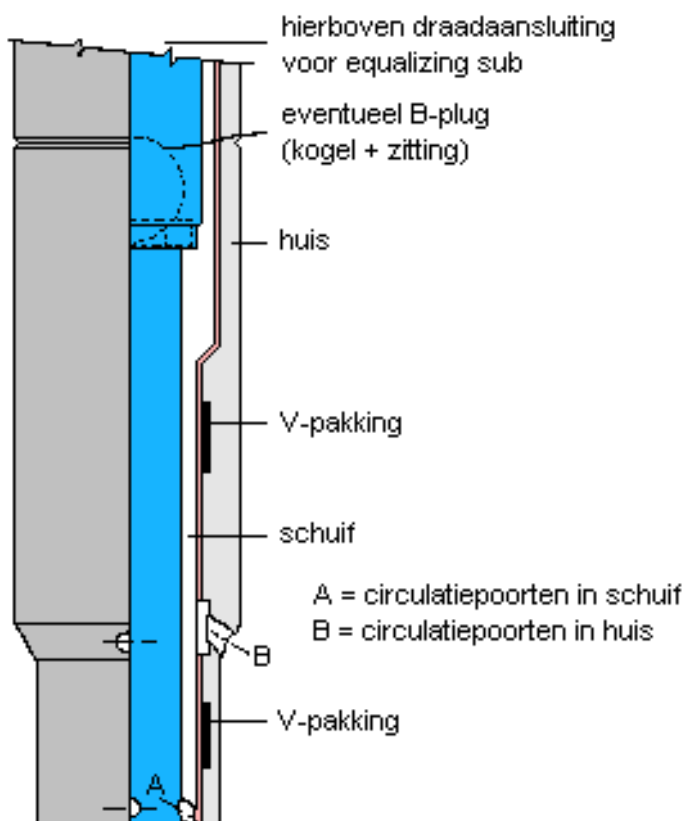
Wanneer bij een gasput de packer verboord dient te worden, gebruikt men tijdens het doodpompen vaak een E-plug met een shear-waarde van 200 bar. De NTS wordt uit de X-1 getrokken en een E-plug, 200 bar, teruggeplaatst.

Nadat in de stinger een tubing-annulus-verbinding is gemaakt, wordt de put doodgepompt. Op deze wijze kan men de tubing veel gemakkelijker gasvrij circuleren. Wanneer nu de put is doodgepompt op de E-plug, wordt een viskeuse pill 'straight' ingecirculeerd, tot de diepte van de circulatieopening.

De annulus-afsluiters, waaruit de returns komen, worden gesloten en de E-plug wordt met een overdruk van circa 200 bar doorgepompt. Door de pocket nu geheel op te vullen wordt het gas teruggeperst in de formatie. Op deze wijze wordt de put geheel gasvrij gecirculeerd en is deze na de observatietijd geschikt voor aanvang van work-over-werkzaamheden.

NAM-F-plug

De F-plug is een gewijzigde vorm van de E-plug. De plug wordt uitsluitend in de tubing-hanger-nippel geplaatst en dient als tijdelijke beveiliging, wanneer topconnecties, bijvoorbeeld de Christmas-tree, moeten worden verwisseld. Deze bovengrondse afwerkingen worden ook tegen de F-plug afgeperst.



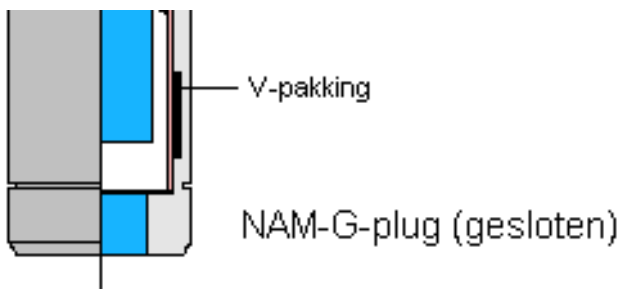
NAM-G-plug

De G-plug wordt gebruikt voor het afpersen van de tubing tijdens completions. Hiertoe wordt de plug meestal in de X-2 met de tubing ingelaten. De G-plug is een verbeterde versie van de NAM-B-plug.

Het principe van de plug:

De plug bestaat uit een housing, waarin een sleeve kan worden op- en neerbewogen. Beide zijn van circulatiepoorten voorzien. De figuur links toont de plug in gesloten stand. Door de druk op de tubing te zetten wordt de sleeve in de onderste stand geperst en zijn de circulatiepoorten afgestoten. De plug kan worden schoongecirculeerd door reverse te pompen, waardoor de sleeve omhoogbeweegt en de circulatiepoorten worden vrijgemaakt. Deze plug kan alleen worden gebruikt in de stinger, wanneer deze nog niet in de packer is aangelatched. Zet deze plug dus nooit af in de

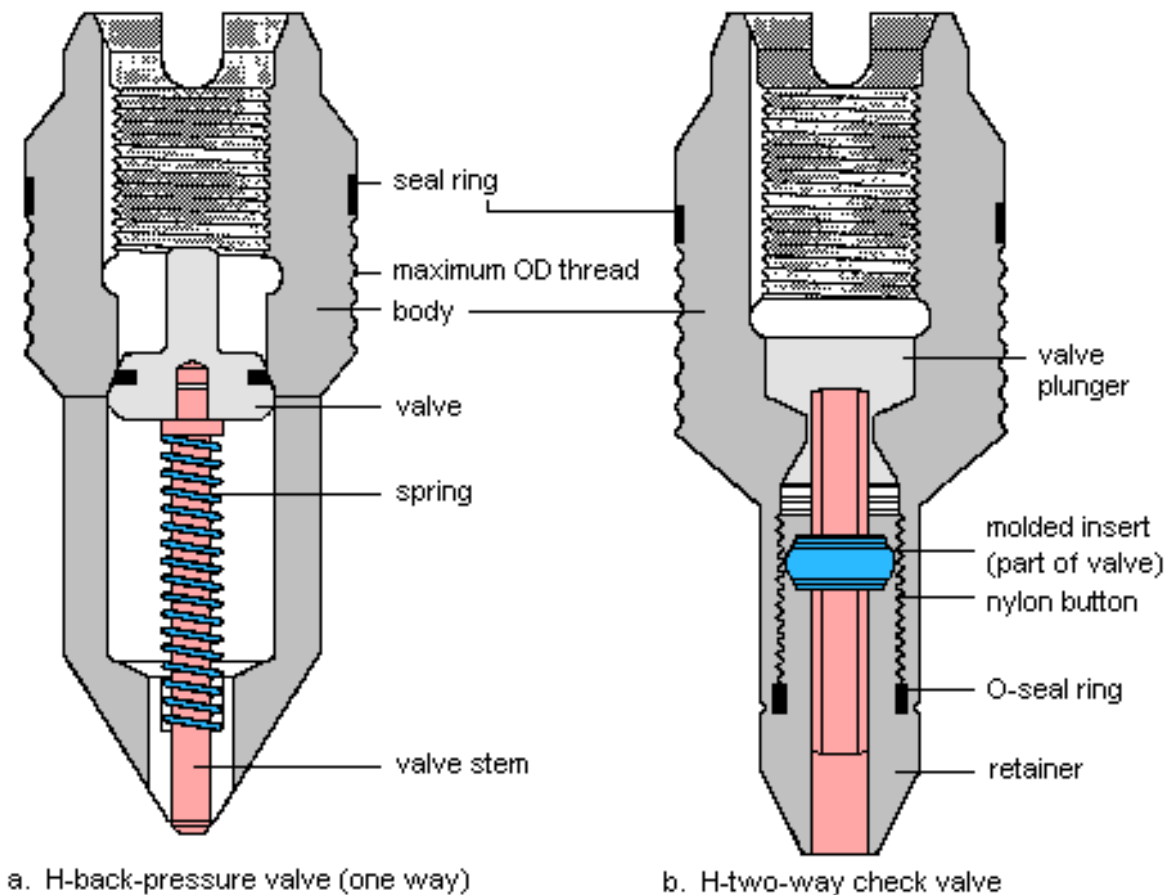
X-1-landing-nippel onder de packer!



Bij de NAM worden om de volgende reden twee typen circulatiepluggen gebruikt;

Tijdens het completeren van een put wordt de tubing diverse keren afgeperst, voordat deze wordt aangelatched en afgehangen. Door het inwendig-afpersen treedt het 'ballooning-effect' op (een geringe uitzetting van de pijp). Ten gevolge van dit effect breken de aanwezige scale, roest en restanten chemicaliën van de wand af en zakken uit op de wireline-plug. Deze wordt hierdoor (wireline-technisch gezien) onbereikbaar. Door reverse te circuleren, een mogelijkheid, die altijd aanwezig is, wordt dit bezinksel verwijderd.

De G-plug heeft ten opzichte van de B-plug als voordeel, dat zich hier geen vuil kan ophopen tussen de kogel en zitting, hetgeen nogal eens lekkage over de B-plug heeft veroorzaakt.



Cameron-H-plug

Cameron-H-plug

One-way-H-plug

Deze wordt toegepast als tweede barrière, als bijvoorbeeld de X-mas tree voor inspectie gelicht moet worden en er dus niets meer op de put staat om 'dicht' te draaien in geval van nood. Na het doodpompen wordt dus de one-way-plug gezet.

Werking

De plug dicht van beneden naar boven af; er kan dus geen gas/olie uit de put stromen. Tevens kan men er van boven af vloeistof doorheen pompen; de vloeistof kan echter niet terugstromen. Men moet dit dus zien

als een kill-mogelijkheid te allen tijde, zolang de plug zich erin bevindt. Een voorwaarde is wel, dat er in de tubing hanger (boll weevil) schroefdraad aanwezig is om deze plug te installeren. Dit is dus geen plug, die door middel van wireline kan worden gezet.

Demontage

Met behulp van een stuk leistung en een (jaknikker)-rattigan-pakkingbus met daaraan speciaal gereedschap kan men de plug equalizen, trekken, plaatsen enz.

Two-way-H-plug

Deze wordt gebruikt om de (terug)geplaatste tree te kunnen afpersen, omdat deze plug van boven naar beneden afdicht en in mindere mate van beneden naar boven. (De molded insert kan deels vrij bewegen.) Als men de afgeperste X-mas-tree van druk aflaat, kan de two-way-H-plug weer getrokken worden.