

Opvoermethoden

De spuitende put

- ▶ Gasput
- ▶ Knijpstuk

Gaslift

- ▶ Werking
- ▶ Voor- en nadelen gaslift
- ▶ Opbouw van de gasliftput
- ▶ Gasliftput met gasliftkleppen
 - ▶ Opstartfasen van een gasliftput
 - ▶ Inbouw gasliftkleppen
 - ▶ Typen gasliftkleppen

Putpompen

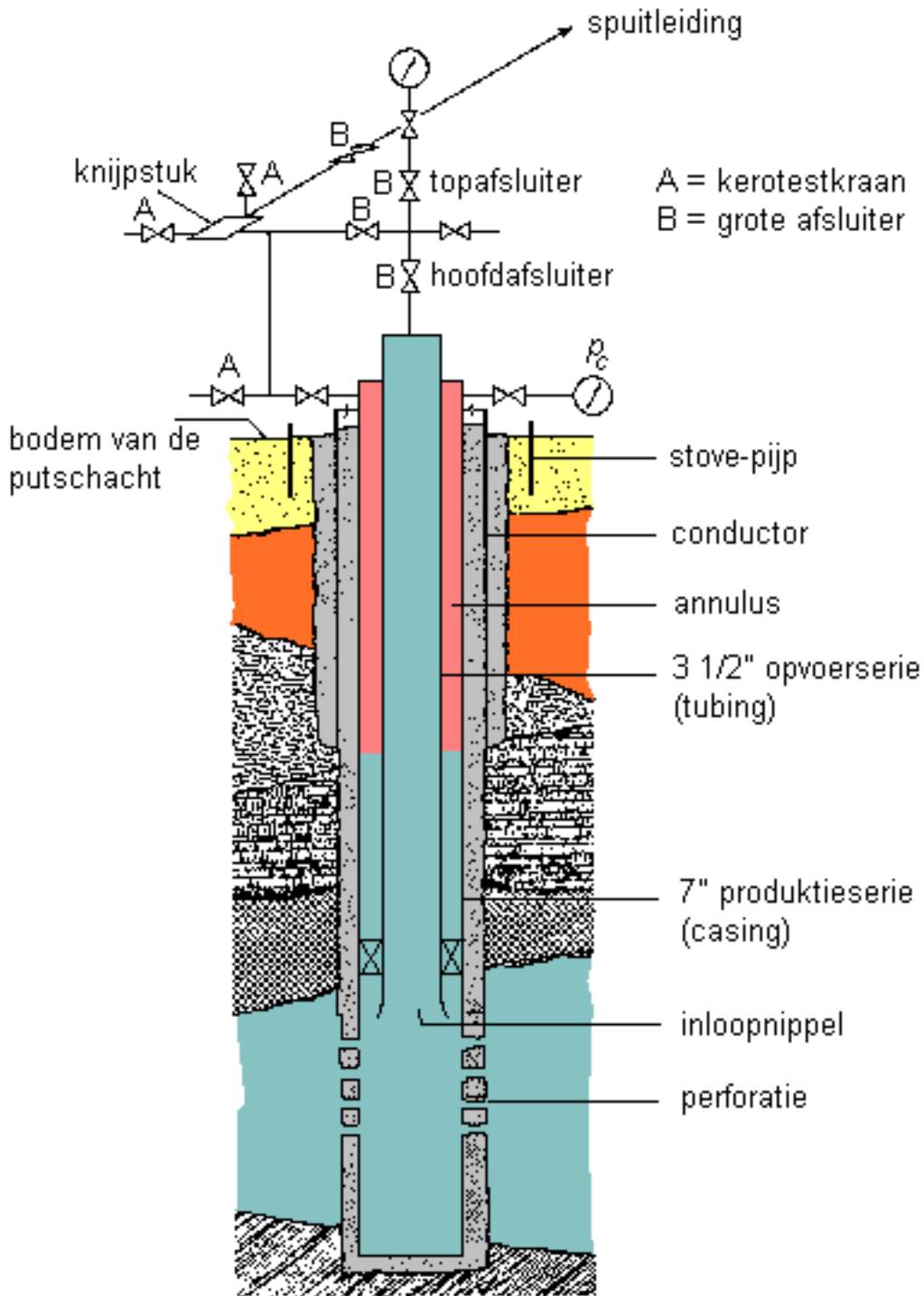
- ▶ Plunjerputpompen
 - ▶ Plunjerput-pompinstallatie
 - ▶ Werking van de pomp
 - ▶ Bovengrondse putafwerking
 - ▶ Uitvoeringen plunjerpompen
 - ▶ Aandrijfmechanisme
 - ▶ Voor- en nadelen
- ▶ Gasanker
- ▶ Electrical submersible pump'
- ▶ Elektromotor met protector
- ▶ Gasafscheider
- ▶ Centrifugaalpomp
- ▶ Bovengrondse putafwerking ESP

Samenvatting Opvoermethoden

In het reservoir heerst een zekere druk, de formatiedruk. Is de formatiedruk hoger dan de hydrostatische druk van de kolom vloeistof en gas in de put, dan zullen vloeistof en gas op eigen kracht uit de put kunnen stromen. Men spreekt dan van een sputende put.

Als de hydrostatische druk van de vloeistof- en gaskolom in de put en de tegendruk aan de putmond samen groter zijn dan de formatiedruk, zal de put niet produceren. In dat geval moet men voor olieputten overgaan op een kunstmatige opvoermethode. De bij NAM in gebruik zijnde kunstmatige opvoermethoden zijn gaslift en pompen.

De Spuitende olieput



Spuitende put

In de figuur is een eenvoudige doorsnede van een spuitende put weergegeven. De voornaamste ondergrondse onderdelen worden gevormd door de diverse verbuizingen, waarvan de opvoerserie (de tubing) een van de belangrijkste is. De doorsnede van deze tubing kan variëren naar gelang van de hoeveelheid vloeistof en gas, die de put produceert. In ons voorbeeld is een 3½" tubing gekozen.

Onderaan de tubing van deze olieput bevindt zich een inlooppippl (bell nipple of 'wire-line entry guide'). Deze pippl dient om het vastlopen van **wireline-gereedschap** tegen de onderzijde van de tubing te verhinderen. In de **X-mas-tree** is een knijpstuk of choke aangebracht, waarmee de produktie-snelheid van de put kan worden geregeld.

Voordelen van een spuitende olieput zijn:

- de produktiehoeveelheid is eenvoudig regelbaar;
- deviatie is geen bezwaar, dus er zijn verscheidene putten per locatie mogelijk;
- er is geen energie van buitenaf nodig, dus het is een goedkope winningsmethode.

Gasput

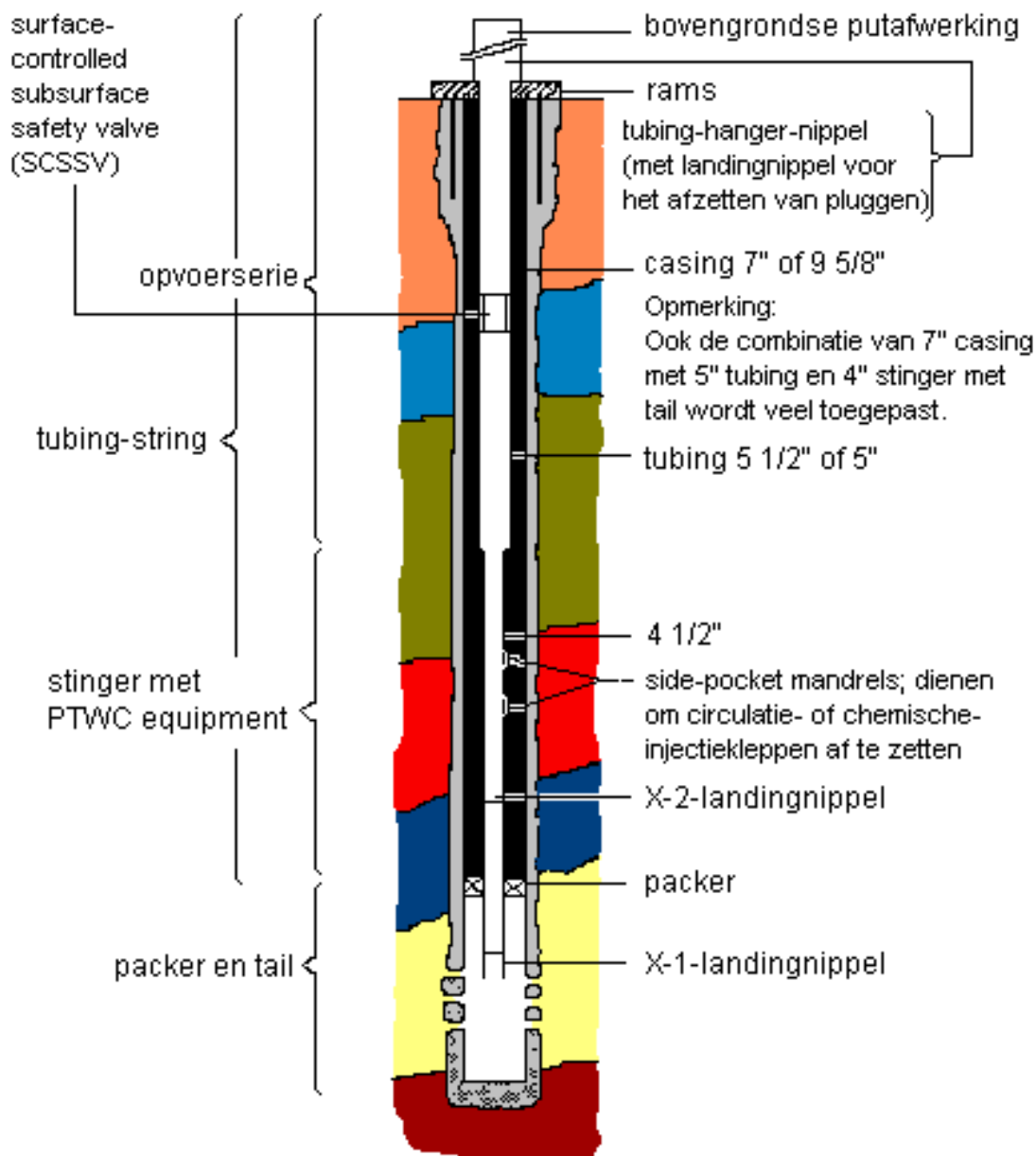
Ondergrondse opbouw

In de figuur is schematisch een eenvoudige doorsnede van een gasput weergegeven. Evenals bij de spuitende put vormen de verbuizingen, met als voornaamste de opvoerserie, een essentieel onderdeel van de gasput.

De opvoerserie, zoals deze is getekend in de figuur, is samengesteld uit 3 secties, waarvan het grootste gedeelte uit 5½" tubing bestaat.

Eerst wordt de **packer** afgezet in de put met daaronder vastverbonden de tail. In het onderste deel van deze tail is een **landingsnippel X-1** aangebracht, waarin equipment kan worden afgezet, zoals een plug of drukmeetinstrumenten.

Nu wordt de opvoerserie, zoals in ons geval bestaande uit 5½" tubing met daaronder de 4½" stinger en anchor latch, ingebouwd en afgezet in de packer. De anchor latch bestaat uit een nippel die is voorzien van pakking voor de afdichting in de gepolijste doorboring van de packer, en een koppelmechanisme.



Voorbeeld van een opvoerserie van een gasput

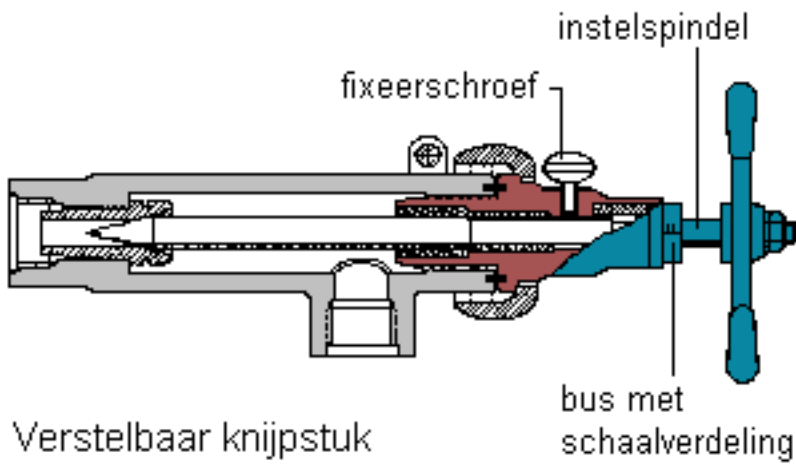
Dit koppelmechanisme zorgt ervoor, dat de anchor latch wordt verbonden met de packer, waardoor de opvoerserie onder spanning kan worden afgehangen. Vanzelfsprekend is de inwendige diameter van de gepolijste nippel van de anchor latch zo groot, dat al het wireline equipment dat in de tail wordt gebruikt hierdoor kan worden ingelaten en getrokken.

In het stinger-gedeelte worden de benodigde landingnippels en side-pocket mandrels aangebracht ten behoeve van het te gebruiken wireline (**PTWC**) equipment. Dit kunnen bijvoorbeeld pluggen zijn voor **doodpompen** of pluggen met klepjes voor chemicaliëninjectie.

Het Knijpstuk

Een knijpstuk is een vernauwing in de spuitarm van de X-mas-tree of in de spuitleiding en dient voor regeling van de produktiesnelheid.

Het knijpstuk kan verstelbaar zijn of vast (maar dan wel verwisselbaar).



Het verstelbare knijpstuk heeft het voordeel, dat men de vloeistof- of gasstroom traploos kan regelen, zonder dat men de productie of gasinjectie behoeft te onderbreken.

De ingestelde waarde van de doorlaat kan men aflezen op een schaalverdeling, die is aangebracht op een bronzen bus om de instelspindel. De ingestelde waarde kan bijvoorbeeld $8/64''$, $16/64''$, $32/64''$ of $2''$ zijn. De ingestelde doorstroomopening kan men vasthouden (fixeren) door de instelspindel vast te zetten met een schroef (fixeerschroef).

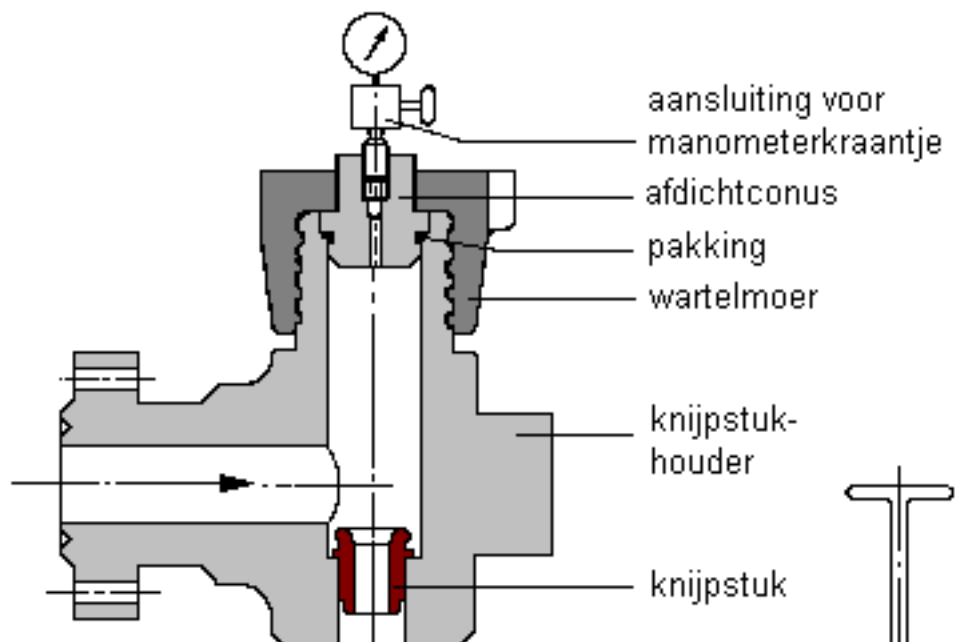
De nadelen van dit knijpstuk zijn:

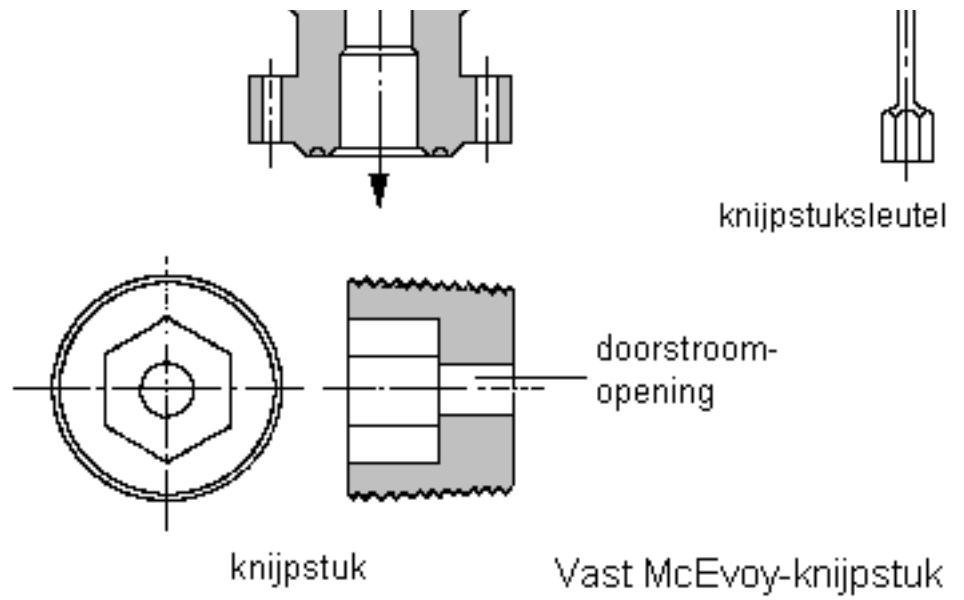
- men kan de instelling vaak moeilijk aflezen, zodat na een tijdelijke verandering de originele waarde moeilijk kan worden ingesteld;
- men kan de afstelling vrij gemakkelijk ongewild wijzigen door stoten tegen de handgreep.

Het vaste McEvoy-knijpstuk

Het vaste McEvoy-knijpstuk met knijpstukhouder (zie de figuur) wordt het meest bij de olieputten en lagedrukgasputten toegepast.

Het voordeel is, dat men het verwisselbare knijpstuk gemakkelijk met een speciaal kaliber kan controleren op afwijkingen van de doorstroomopening.





Losse knijpstukken

Het verwisselen van losse knijpstukken geschiedt met een knijstuksleutel, die met zijn zeskante kop past in de zeskante uitsparing van het hardmetalen knijpstuk.

Gaslift

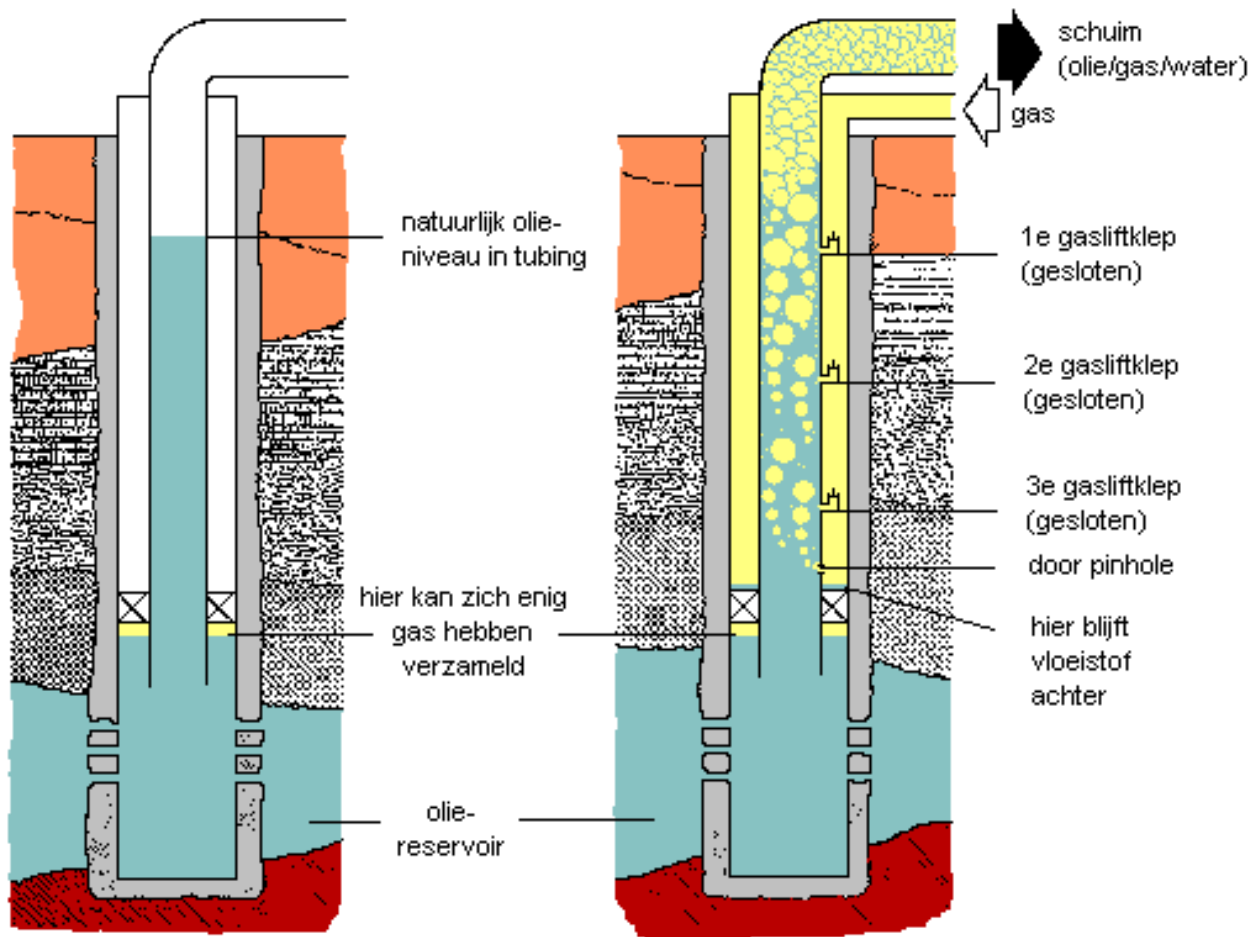
Als de formatiedruk onvoldoende is voor spuitende produktie, moet voor een kunstmatige opvoermethode worden gekozen. Heeft men de beschikking over gas met voldoende hoge druk en in voldoende hoeveelheden, dan kan de keuze vallen op gaslift.

Werking van de gasliftmethode

Door het injecteren van gas in de opvoerserie krijgt de verticale vloeistof kolom die zich daarin bevindt, een geringere dichtheid.

Door vermenging met gas wordt de vloeistof lichter en is het mengsel vergelijkbaar met schuim.

De naar boven stijgende gasbellen sleuren de vloeistof mee en door de geringere dichtheid wordt tevens de druk onderin de put lager, waardoor een betere toestroming uit het reservoir wordt verkregen.



Zonder gaslift is de kolom dode vloeistof in de tubing te zwaar voor het opvoeren in de tubing en voor toestroming uit het reservoir.

Met gaslift is de kolom vloeistof / schuim licht genoeg voor het opvoeren in de tubing en voor toestroming uit het reservoir.

Het principe van gaslift

Als gasliftkleppen en pinhole, kortweg de gaslift-string, zijn geïnstalleerd, geeft dit een vrijwel probleemloze wijze van produceren. Bij toereikende putcapaciteit zijn grote produktiesnelheden mogelijk. Een groot voordeel van de gasliftmethode is, dat de put vrij ongevoelig is voor meegeproduceerd zand. Bovendien is deze methode zeer geschikt voor gedeveierde putten.

Als er geen hogedrukgasput aanwezig is, maar men wel de beschikking heeft over voldoende hoeveelheden lagedrukgas, kan men dit gas met behulp van een gascompressor-installatie comprimeren tot de vereiste druk. Op deze wijze kan dan ook gaslift worden toegepast.

Het spreekt vanzelf, dat, als men overgaat tot gasliften, dit een veel duurdere wijze van produceren is dan de spuitende methode. Alleen al de aanleg van een uitgebreid leidingnet voor hogedrukliftgas door het gehele veld is een kostbare aangelegenheid.

Als men bij afwezigheid van een hogedrukgasput het aanwezige lagedrukgas moet comprimeren, dient men een gascompressor-installatie te installeren. Ook het installeren hiervan, het onderhoud en het brandstofverbruik geven veel extra kosten.

Alvorens over te gaan tot gasliften dient men zich ervan te overtuigen dat de diameters van de produktieleidingen naar het meetstation voldoende groot zijn, omdat als gevolg van gaslift een gas/olie/watermengsel kan ontstaan, dat behoorlijk viskeus kan zijn. Tevens moet de capaciteit van het meetstation voldoende groot zijn om het extra toegevoerde gas, alsmede de eventueel grotere vloeistofproductie te verwerken.

Bij het toepassen van de gasliftmethode is het een groot voordeel, dat na het inbouwen van de gaslift-string geen workover-werkzaamheden meer nodig zijn. Het verwisselen van de gasliftkleppen, bijvoorbeeld als andere afsteldrukken van deze kleppen nodig zijn, geschiedt met behulp van wireline-gereedschap. Dit geeft niet alleen een enorme besparing in workover-tijd, maar ook een besparing op de tijdsduur, dat de put buiten bedrijf is.

Milieutechnisch is gasliften een zeer aantrekkelijke wijze van produceren, aangezien men kan volstaan met een lage putafwerking en door de afwezigheid van bewegende delen bovengronds.

Het toepassen van de wireline-werkwijze geeft voor de omwonenden veel minder overlast en ergernis. Wireline geeft minder lawaai en duurt in het algemeen korter dan workover-werkzaamheden.

Voor- en nadelen van de gasliftmethode

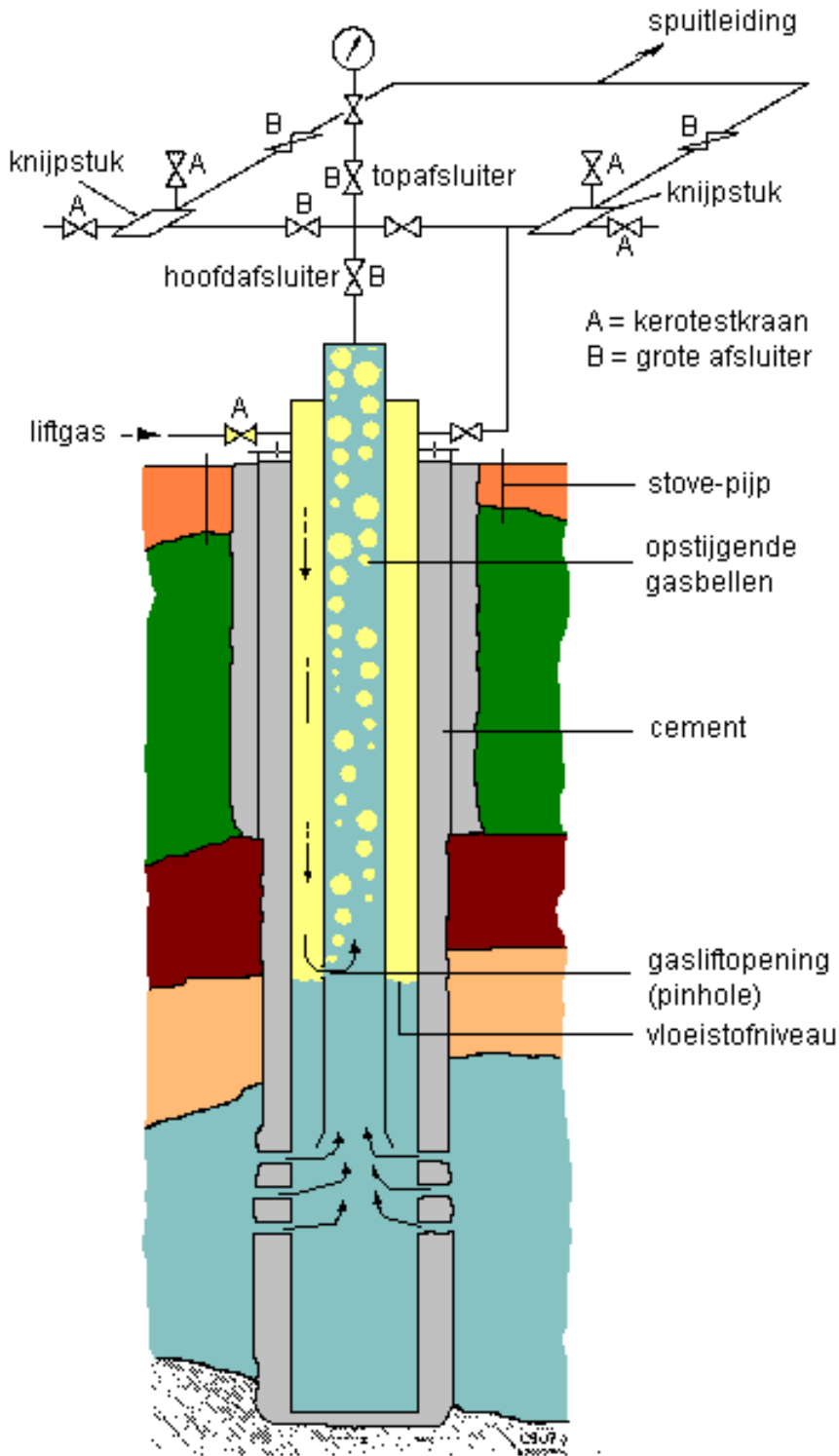
Voordelen

- er is een hoge putproduktie mogelijk;
- de produktiesnelheid is regelbaar;
- de methode is goed toepasbaar in gedeveerde putten;
- weinig gevoelig voor meegeproduceerd zand;
- er is geen workover-mast nodig bij het verwisselen van gasliftkleppen;
- de bovengrondse putafwerking is laag;
- milieuvriendelijk door afwezigheid van lawaai en bewegende delen bovengronds.

Nadelen

- de noodzakelijkheid van liftgasleidingen;
- grotere produktieleidingen in verband met extra toegevoerd gas en mogelijk hogere viscositeit van het olie/water/gasmengsel;
- grotere separatoren op het meetstation om extra gas af te scheiden;
- de aanschaf van een gascompressie-installatie, als geen hogedrukgas beschikbaar is;
- exploitatiekosten van de gascompressie-installatie, dagelijkse brandstofkosten en periodiek onderhoud;
- de noodzaak het extra verkregen lagedrukgas te comprimeren ten einde dit naar de Gasunie te kunnen afvoeren, hoewel dit gas kan worden verkocht;
- het vermengen van gas met olie en water kan problemen geven met waterafscheiding ten gevolge van emulsievorming.

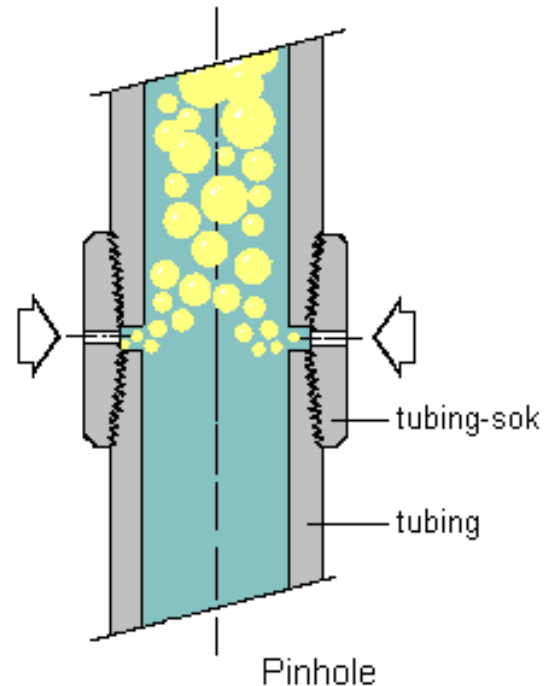
De opbouw van een gasliftput



Het principe van een gasliftput zonder gasliftkleppen en packer

Bij een gasliftput dient de zij-uitlaat van de **tubing-head** als injectiepunt van het liftgas in de annulus tussen tubing en casing.

In de figuur links is schematisch een gasliftput getekend zonder packer en zonder gasliftkleppen, met alleen een opening in de tubing voor het injecteren van gas. Deze opening noemt men de pinhole.



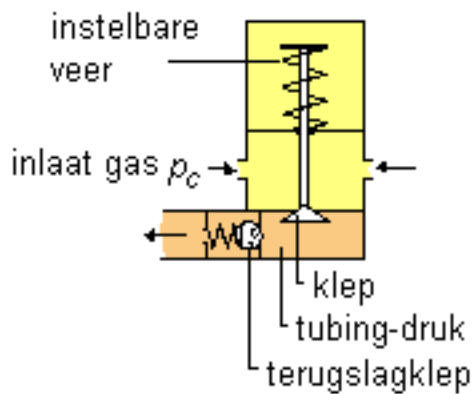
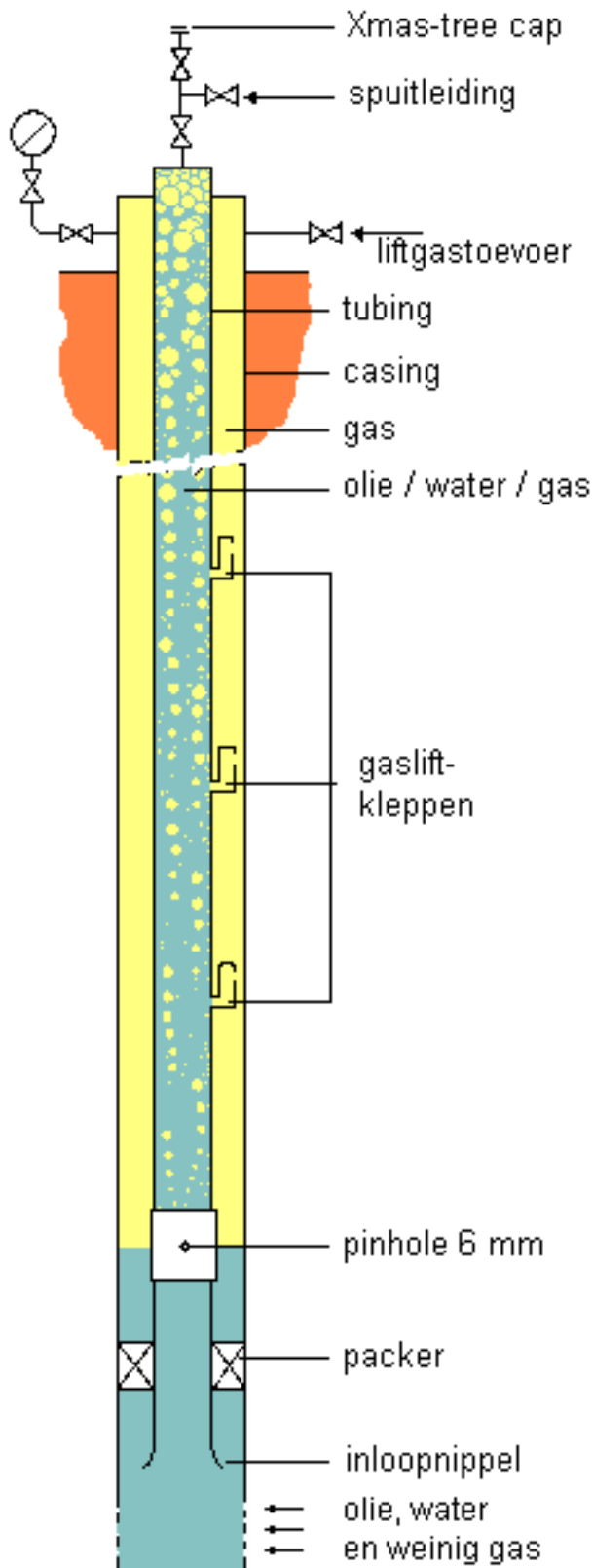
De opening wordt aangebracht in een tubing-verbinding, de tubing-sok.

In de praktijk wordt deze tubing-sok voorzien van twee openingen tegenover elkaar. Hierdoor wordt voorkomen, dat de continue gasstraal uit één opening de sok aan de tegenoverliggende zijde zou beschadigen of voor een groot gedeelte zou doorsnijden. Bij doorsnijding zou het onderste gedeelte van de tubing in de put kunnen vallen. Het

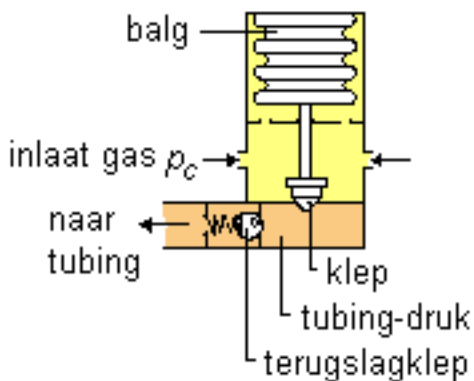
liftgas treedt de opvoerserie binnen door de pinhole of via de onderzijde van de tubing, de bell-nipple. De diepte van de pinhole of bell-nipple is in dit geval afhankelijk van de beschikbare gasliftdruk en de hoogte van de vloeistofkolom.

De methode zonder gasliftkleppen wordt zelden toegepast, aangezien men er altijd naar zal streven zo diep mogelijk te liften. Hoe lager de dichtheid van de gas/vloeistofkolom in de tubing immers is, des te lager is de tegendruk op de formatie.

Gasliftput met gasliftkleppen



Principe Camco BKS-klep:
Veerkracht en verlaagde tubing-
druk verzorgen het sluiten van
de klep tegen de druk van het
inlaatgas in.



Principe Camco BK-klep:
De stikstofdruk in de balg en
de verlaagde tubingdruk ver-
zorgen het sluiten van de klep.

Opvoerserie voor gasliftput met kleppen en packer

Bij toepassing van gasliftkleppen maakt men gebruik van een **casing-packer** om de tegendruk op de formatie ten gevolge van de druk van het liftgas in de annulus te verminderen.

De gasliftkleppen dienen om het vloeistofniveau in de annulus tot aan de pinhole te verlagen en de kolom dode vloeistof in de tubing stapsgewijs uit de tubing te verwijderen (produceren). Onder een dode vloeistof verstaan wij een vloeistof, waarin geen vrij gas aanwezig is, en onder een levende vloeistof wordt een vloeistof verstaan, waarin zich gasbellen bevinden.

De gasliftkleppen hebben in principe alleen een functie bij het opstarten van een gasliftput.

Produktiesnelheid

Bij iedere put moet ervoor worden gezorgd, dat de produktiesnelheid onder controle blijft. Bij de gasliftput regelt men dit o.a. met de hoeveelheid liftgas die men in de put injecteert. Deze hoeveelheid wordt geregeld door een knijpstuk in de liftgasleiding naar de put of, in sommige gevallen, door middel van een 'flow controller'.

Ook bovengronds kan men de produktiesnelheid beïnvloeden door knijpstukken toe te passen. In het algemeen geldt; hoe regelmatiger de produktie is, des te beter is het.

Tubing-druk

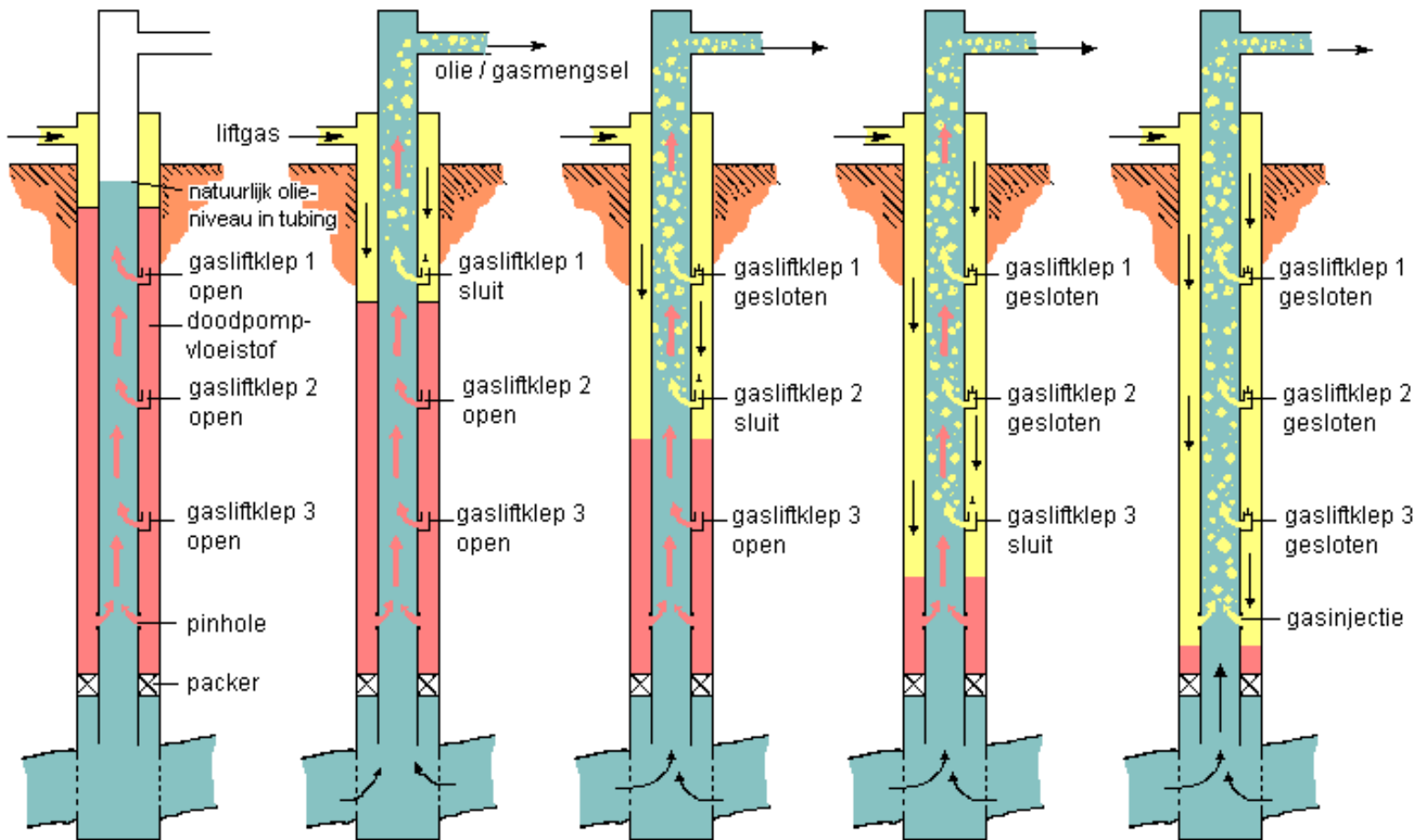
Men moet ernaar streven de tubing-druk zo laag mogelijk te houden. Dit betekent namelijk een extra verlaging van de druk, die op de formatie wordt uitgeoefend (betere toestroming uit de formatie).

De tubing-druk is van invloed op de grootte van de gasbellen. Hoe lager de druk is, des te groter zijn de gasbellen, waardoor het meesleureffect veel groter zal zijn.

De opstartfasen van een gasliftput

Het principe is als volgt:

Bij de aanvang van het opstarten van de put staan alle gasliftkleppen open. Iedere gasliftklep is op een bepaalde druk afgesteld waarop deze sluit, de zogenaamde sluitdruk. Als hogedrukliftgas in de casing-annulus wordt toegelaten, zal dit de dode vloeistof door de geopende gasliftkleppen en de pinhole uit deze annulus wegdrücken in de tubing. Als het weggedrukte vloeistofniveau de gasliftklep passeert, zal het gas door deze geopende klep in de tubing worden geïnjecteerd. De kolom dode vloeistof in de tubing zal hierdoor lichter worden en door het meesleureffect van de opstijgende, expanderende gasbellen uit de put worden geproduceerd.



Opstartfasen van een gasliftput

Voor deze hoeveelheid weggeproduceerde dode vloeistof zal een even grote hoeveelheid levende vloeistof uit de formatie in de put vloeien. Ten gevolge van de gasinjectie door de gasliftklep zal de druk in de casing-annulus dalen; als nu een druk wordt bereikt, die overeenkomt met de sluitdruk van deze gasliftklep, zal de klep sluiten.

Door de druk van het liftgas is het vloeistofniveau in de casing-annulus verder omlaagedrukt. Na het passeren van de volgende, dieper ingebouwde gasliftklep zal door deze geopende klep gas in de tubing worden geïnjecteerd. Door dit geïnjecteerde gas zal de kolom dode vloeistof in de tubing lichter worden. De vloeistof wordt door de opstijgende, expanderende gasbellen mee omhooggesleurd en uit de put geproduceerd.

Ook deze weggeproduceerde hoeveelheid dode vloeistof zal worden vervangen door uit de formatie toestromende levende vloeistof. Op deze wijze stroomt steeds meer levende vloeistof de put binnen. Evenals bij de eerste gasliftklep het geval was, zal ten gevolge van de gasinjectie door de tweede klep de druk in de casing-annulus dalen. Als nu de druk wordt bereikt, die overeenkomt met de sluitdruk van deze klep, zal ook deze klep sluiten.

Deze procedure gaat door, totdat de pinhole is bereikt en hierdoor continu gas in de tubing wordt geïnjecteerd.

De druk in de annulus is inmiddels aanzienlijk gedaald door het injecteren van het gas in de tubing door de gasliftkleppen en het expanderen in de annulus. Er wordt immers een bepaalde hoeveelheid liftgas toegelaten in de annulus door het gekozen gasliftknijpstuk. De gasliftkleppen zijn zodanig ingebouwd, dat de klep met de laagste sluitdruk zich het diepst in de put bevindt. Dit is nodig, omdat anders de hoger ingebouwde kleppen (met een hogere sluitdruk) niet zouden sluiten en continu gas door deze kleppen in de tubing zou worden geïnjecteerd in plaats van door de pinhole.

Het is tijdens het opstarten mogelijk dat er toch nog een geringe drukverhoging in de annulus optreedt door de kolom dode vloeistof in de tubing boven de diepere klep. In dit geval zal de zich daarboven bevindende klep weer worden geopend. Het door deze klep geïnjecteerde gas zal deze vloeistofkolom in de tubing lichter maken. Hierdoor zal de tegendruk tegen de diepere klep verminderen en hierdoor ook de druk in de annulus.

Zodra door deze drukdaling de sluitdruk van de gasliftklep is bereikt, zal deze weer sluiten. Het proces van niveauverlaging in de annulus gaat nu weer verder, totdat de pinhole is bereikt.

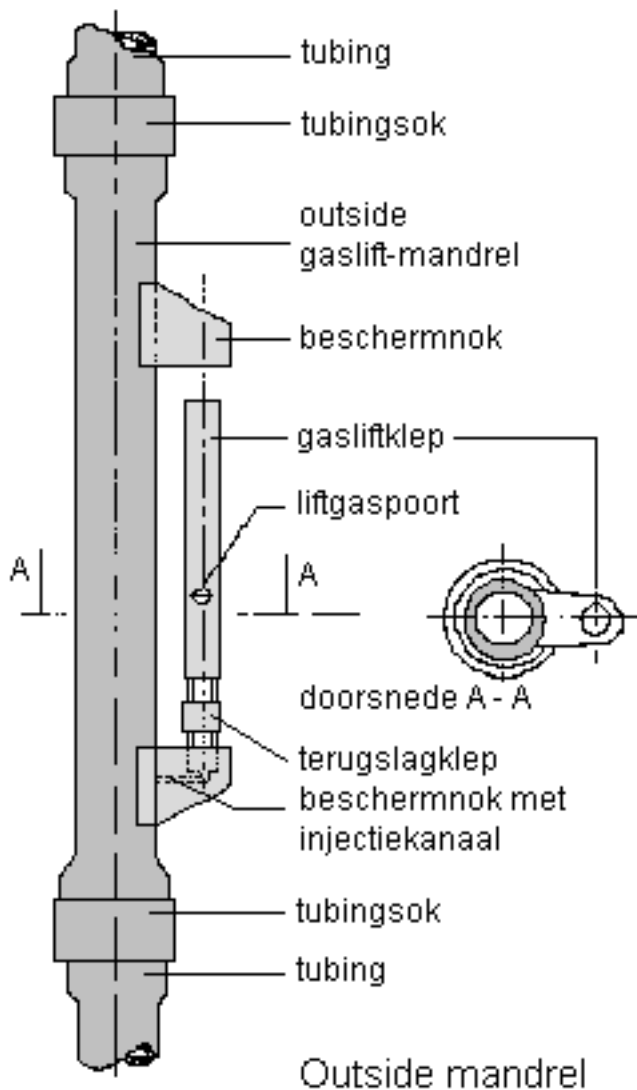
De aanwezige dode vloeistof in de put wordt zo als het ware trapsgewijs uit de put geproduceerd en vervangen door levende (lichtere) vloeistof uit de formatie. Op het moment, dat het gas continu via de pinhole in de tubing wordt geïnjecteerd, zal de put gasliftend in bedrijf zijn.

Rondblazen betekent, dat het liftgas door de gasliftklep of door de pinhole in de tubing expandeert en omhoogstijgt zonder vloeistof mee omhoog te nemen. Dit kan ook gebeuren, als de put geen vloeistoftoevoeiing heeft, bijvoorbeeld door opzanden

Inbouw van gasliftkleppen

De gasliftkleppen kunnen op twee manieren worden ingebouwd, namelijk;

- met behulp van speciale nippels aan de buitenzijde van de tubing, de outside mandrels;
- met behulp van speciale nippels aan de binnenzijde van de tubing, de side-pocket mandrels.



Bij gebruik van kleppen aan de buitenzijde van de tubing moet bij het verwisselen van deze kleppen (bijvoorbeeld een andere afstelling) altijd gebruik worden gemaakt van de workover-installatie.

Nadelen hiervan zijn:

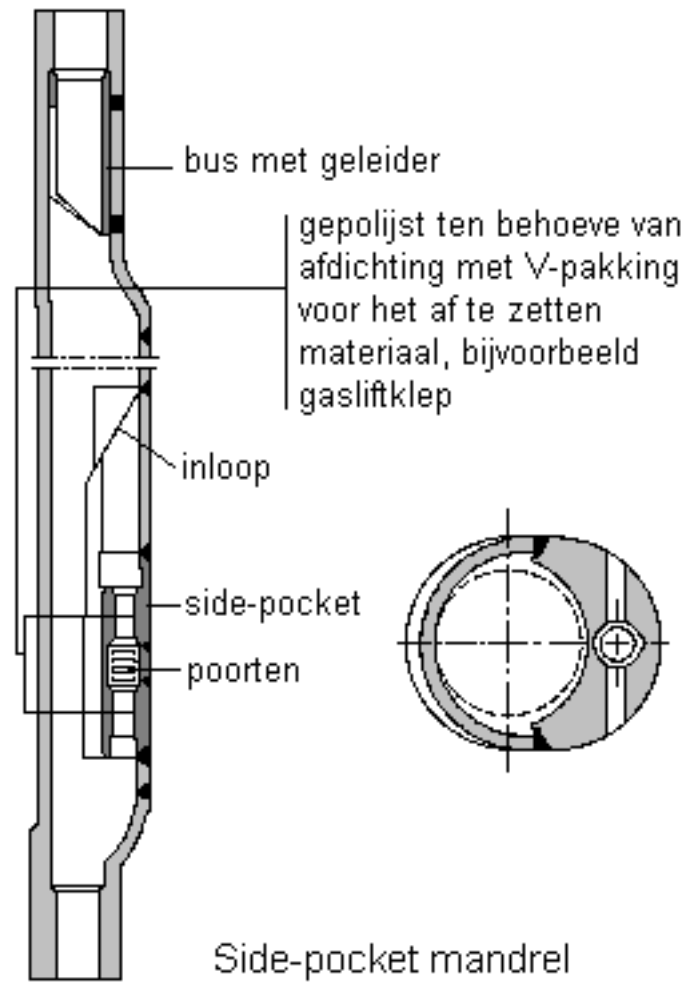
- hierbij moet de put worden doodgepompt en de tubing worden getrokken;
- deze methode is tijdrovend en kostbaar;
- de operatie op moeilijk bereikbare plaatsen, zoals het Brienoord-platform, geeft extra transportproblemen;
- in dichtbevolkte gebieden (putten tussen flatgebouwen) veroorzaakt dit overlast voor de bewoners.

Kleppen aan de binnenzijde van de tubing worden met wireline-gereedschap verwisseld.

Deze methode is zeer aantrekkelijk, daar de put niet hoeft te worden doodgepompt. Daarnaast is de benodigde tijd voor het verwisselen van de kleppen zeer kort vergeleken met een workover-operatie.

Dit betekent, dat deze methode kostenbesparend is.

Bovendien veroorzaakt men met deze methode weinig geluidsoverlast. Dit betekent, dat deze methode milieuvriendelijk is. Om deze redenen worden tegenwoordig alleen side-pocket mandrels geïnstalleerd.



Typen gasliftkleppen

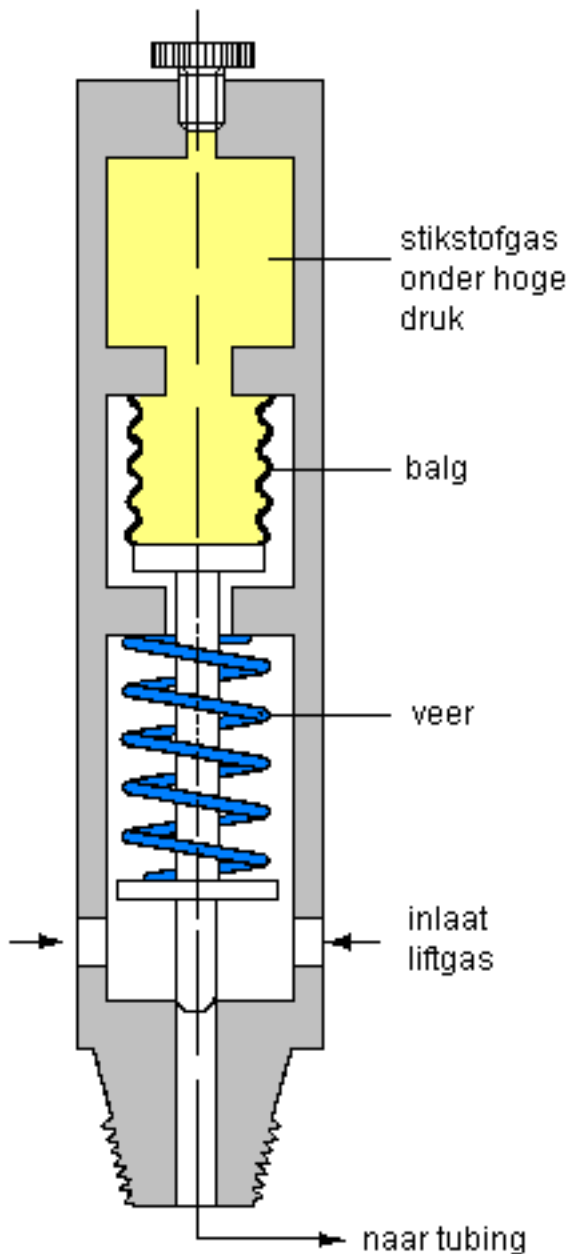
De meest gebruikte gasliftkleppen bij NAM zijn:

- [Camco-BK-klep](#);
- [Camco-BKS-klep](#);
- [Merla-klep](#).

Camco-BK-klep

De Camco-BK-gasliftklep is voorzien van een veer en een balg, die gevuld is met stikstofgas onder een bepaalde druk. Bij een hogere annulusdruk, dus een hogere druk boven de klep, zal de balg worden ingedrukt, dus korter worden, waarbij de klep zal openen.

In de figuur is schematisch het principe van deze klep weergegeven.



Camco-BK-gasliftklep

Camco-BKS-klep

Bij de Camco-BKS-gasliftklep (niet afgebeeld) is de werking van de balg vervangen door de werking van een veer. Ook hierbij geldt, dat bij toename van de druk in de annulus de klep, tegen de veerdruk in, wordt gelicht.

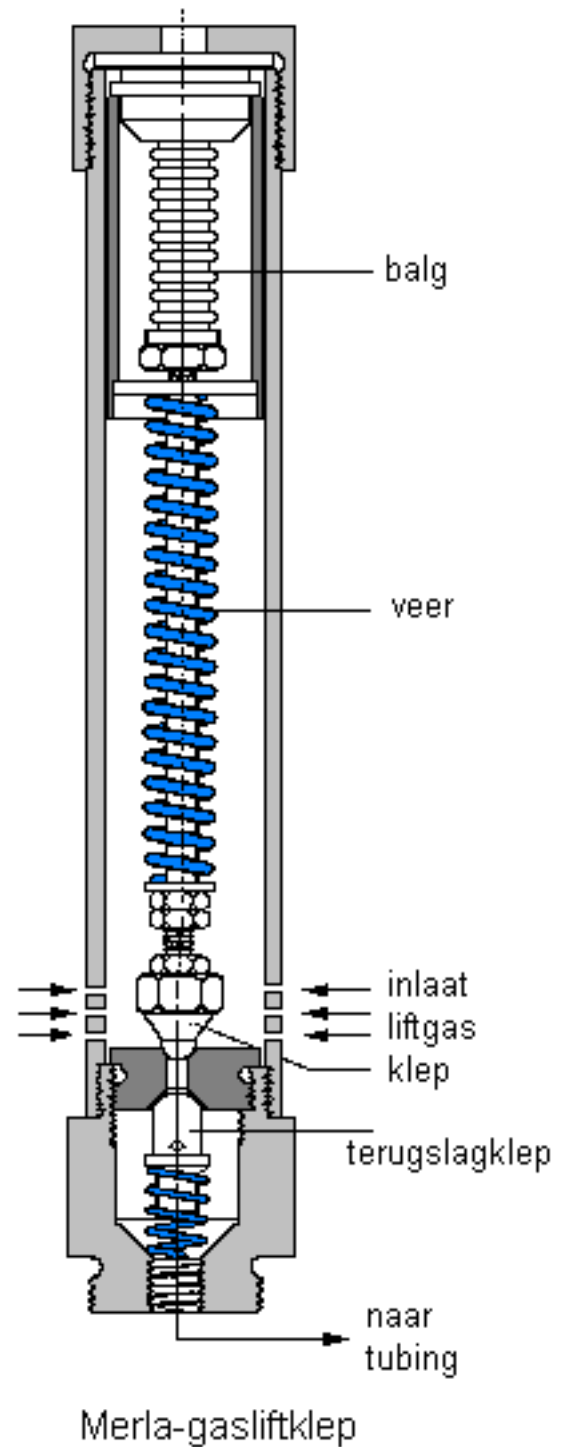
Merla-klep

In de figuur is schematisch een Merla-gasliftklep weergegeven. Deze werkt ook met een veer. De kleine balg oefent hier alleen een dempende werking uit.

De gasliftkleppen met uitsluitend veerwerking worden toegepast in 'hete' olieputten.

Dit is bijvoorbeeld het geval in Oost-Nederland in de gebieden met stoom- of heetwaterinjectie.

In deze hete putten komen zodanige variaties in temperatuur voor, dat men kiest voor de minder temperatuurgevoelige veerbelaste klep. Een veer wordt namelijk veel minder door temperatuurvariaties beïnvloed dan de stikstof in de balg.



Putpompen

In het geval, dat een put niet of niet meer spuit en er geen hogedrukgas beschikbaar is, of de compressorcapaciteit te laag is om alle putten te gasliften, zal men moeten overgaan tot pompen.

Plunjerputpompen

In het algemeen werden vroeger alleen plunjerputpompen toegepast; deze zijn geschikt voor bijna alle voorkomende situaties. Deze pompen kunnen redelijk goed worden gebruikt als er geringe hoeveelheden zand worden meegeproduceerd. Ook zijn deze nog goed te gebruiken in niet te sterk gedeveerde putten.

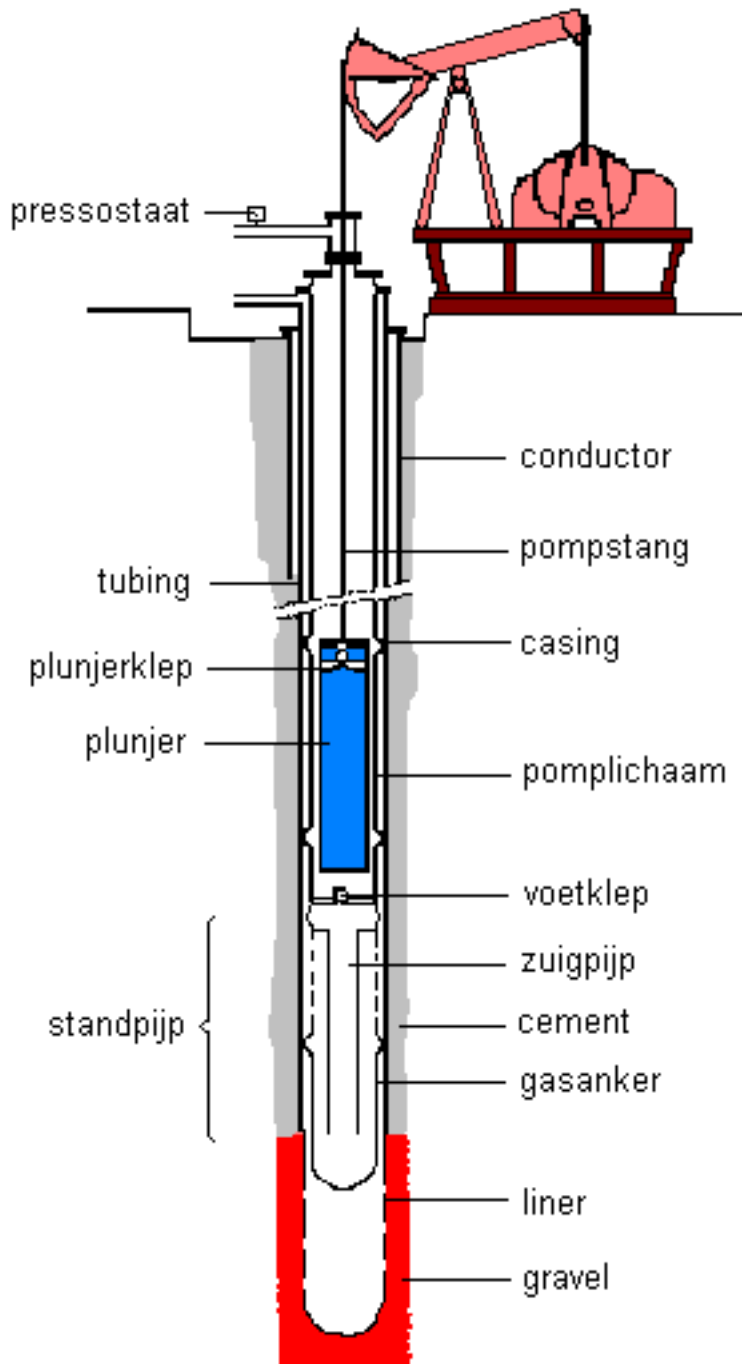
Men heeft de keuze uit verschillende typen van plunjerputpompen.

De produktiecapaciteit van de put is bepalend voor de te kiezen plunjerdiameter, de slaglengte en het aantal slagen van de plunjerputpomp. Eenmaal ingebouwd, kan de pompsnelheid alleen nog bovengronds worden geregeld. Dit kan geschieden door het wijzigen van de slaglengte of door het wijzigen van het aantal pompslagen.

Deze wijze van pompen heeft het grote voordeel, dat men de pompsnelheid goed kan aanpassen aan de produktiecapaciteit van de desbetreffende put. Men maakt gebruik van deze gemakkelijk regelbare pompwijze om bij nieuwe, niet-sputende putten de produktiecapaciteit te bepalen. Men produceert op deze wijze ook de nieuwe put schoon.

Aan de hand van de verkregen gegevens kan dan worden bepaald welke produktiemethode men voor deze put zal toepassen.

De plunjerputpompinstallatie



De plunjerputpompinstallatie

De figuur links geeft het principe van de opbouw van een plunjerputpompinstallatie weer.

Hierbij is een pomp met een naar verhouding kleine diameter en grote slaglengte onderaan de tubing geschroefd.

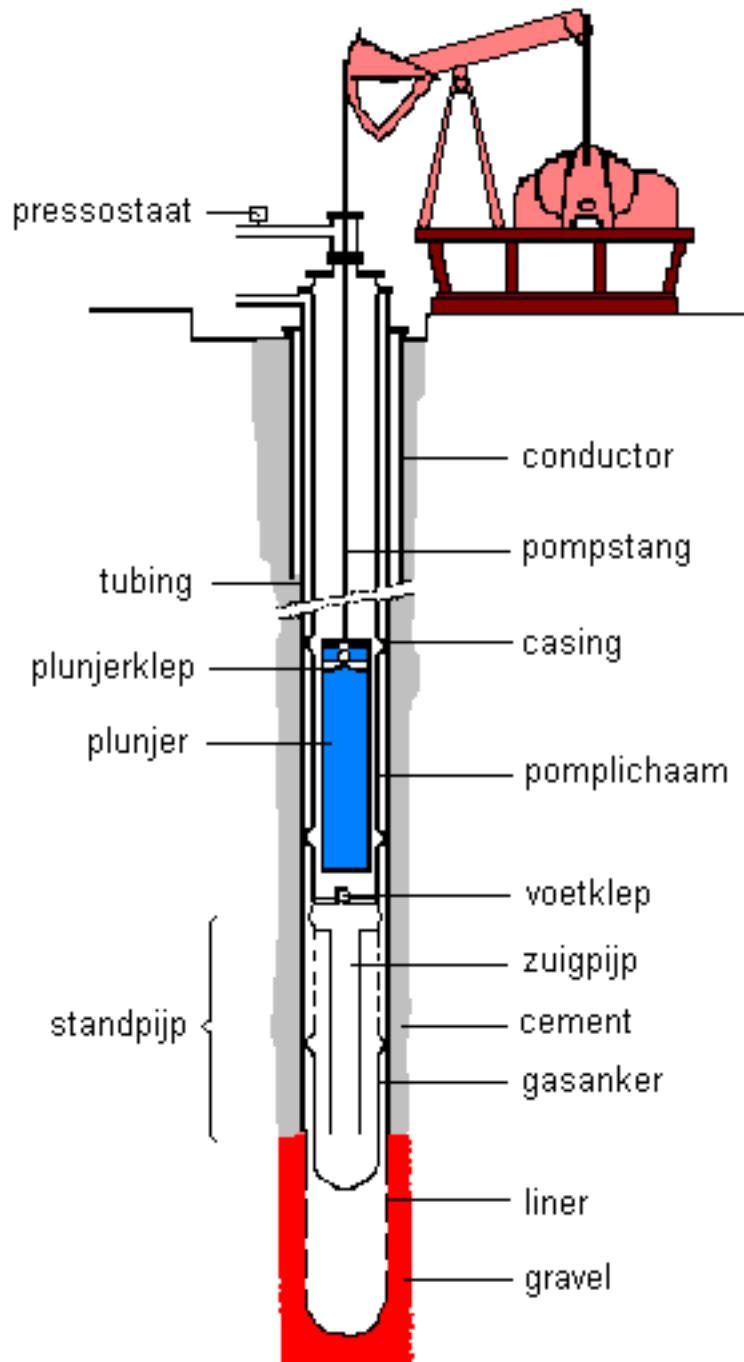
Deze wordt tot zo dicht mogelijk boven de top-liner of perforaties in de put ingelaten.

De **pomp bestaat uit** een pomplichaam, waarin zich een plunjer bevindt.

De plunjer is hol uitgevoerd en van een of meer kleppen voorzien. De principeschets geeft een plunjer weer, die met de jaknikker via de pompstang in het pomplichaam op en neer wordt bewogen. Er zijn ook uitvoeringen, waarbij de plunjer stilstaat en het pomplichaam op en neer wordt bewogen.

In de geschetste uitvoering is onder de pomp nog een klep aangebracht, de zogenaamde voetklep. Daaronder bevindt zich het gasanker, dat ervoor zorgt, dat de pomp zoveel mogelijk alleen vloeistof zal aanzuigen. Een pressostaat zorgt ervoor, dat de installatie bij een te hoge spuitleidingdruk wordt gestopt.

Werking van de plunjerputpomp



De plunjerputpompinstallatie

Uitgaande van de onderste stand van de plunjer zal zich boven de plunjer in de tubing een kolom vloeistof bevinden.

Als nu de plunjer door de jaknikker naar boven wordt bewogen, zal de klep in de plunjer zich sluiten. De kolom vloeistof boven de plunjer zal dan ook naar boven worden gestuwd. Tegelijkertijd zal de voetklep onder het pomplichaam zich openen.

Door het naar-boven-bewegen van de plunjer zal namelijk boven de voetklep een lagere druk ontstaan dan de druk onder de klep. Daardoor zal de voetklep opengaan. De ruimte tussen de voetklep en de onderkant van de plunjerklep zal dus volstromen met vloeistof.

Als de plunjer in zijn bovenste stand is aangekomen, is er dus een hoeveelheid vloeistof ter grootte van het slagvolume boven de plunjer omhooggedrukt.

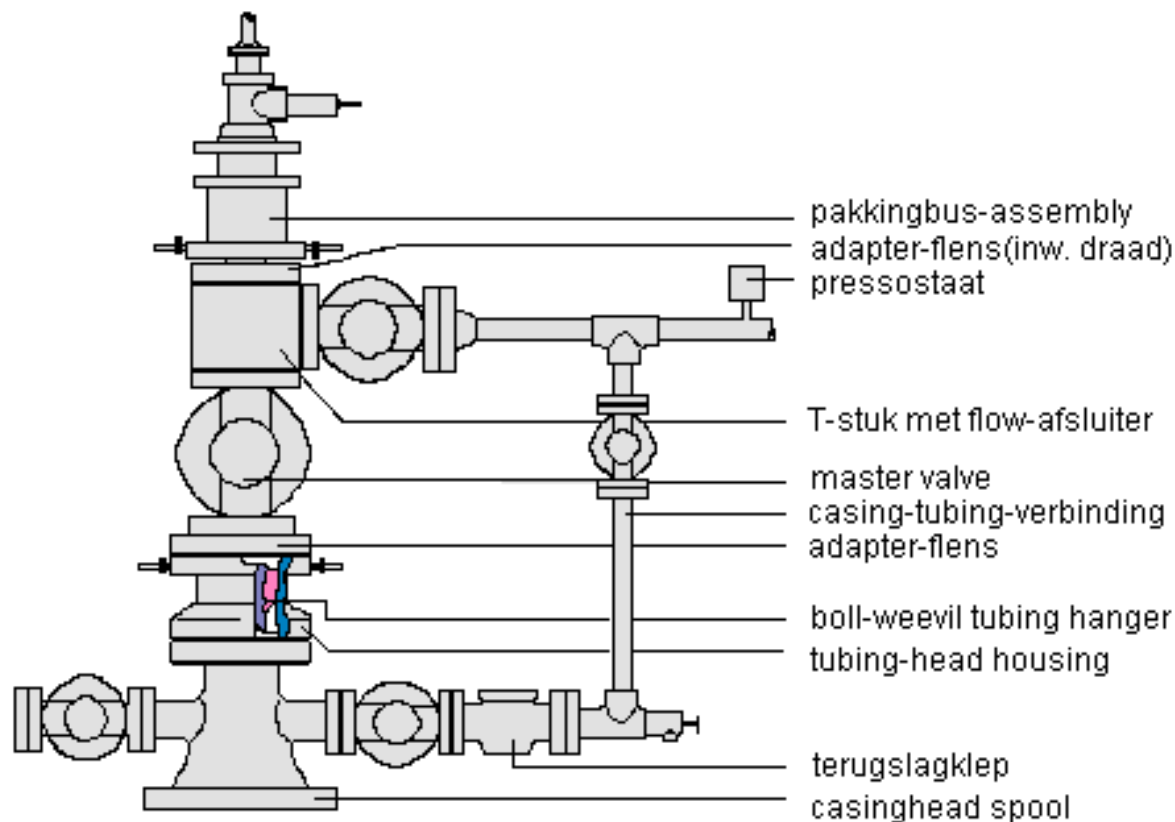
Bij de neergaande slag zal de voetklep worden gesloten en tevens de klep in de plunjer worden geopend. Doordat de voetklep is gesloten, zal de vloeistof boven deze klep en in de zich daarboven bevindende tubing niet kunnen terugstromen. De plunjer beweegt zich dus bij de neergaande slag door een stilstaande kolom vloeistof.

Bij de eerstvolgende opgaande slag zal de voetklep weer openen en zal de plunjerklep weer sluiten. Daardoor zal de bij de vorige opgaande slag via de voetklep toegestroomde vloeistof, die nu boven de plunjerklep staat, naar boven worden gestuwd. Bij elke opgaande slag wordt dus een hoeveelheid ter grootte van het slagvolume van de pomp naar boven gestuwd.

De pomp wordt zo diep mogelijk (circa 40 cm boven de voetklep) in de put afgehangen. Dit wordt

gedaan om de hoogte, dus het gewicht van de vloeistofkolom, tussen de voetklep en de formatie zo laag mogelijk te houden. Hierdoor zal de formatievloeistof gemakkelijker kunnen toestromen.

Bovengrondse putafwerking



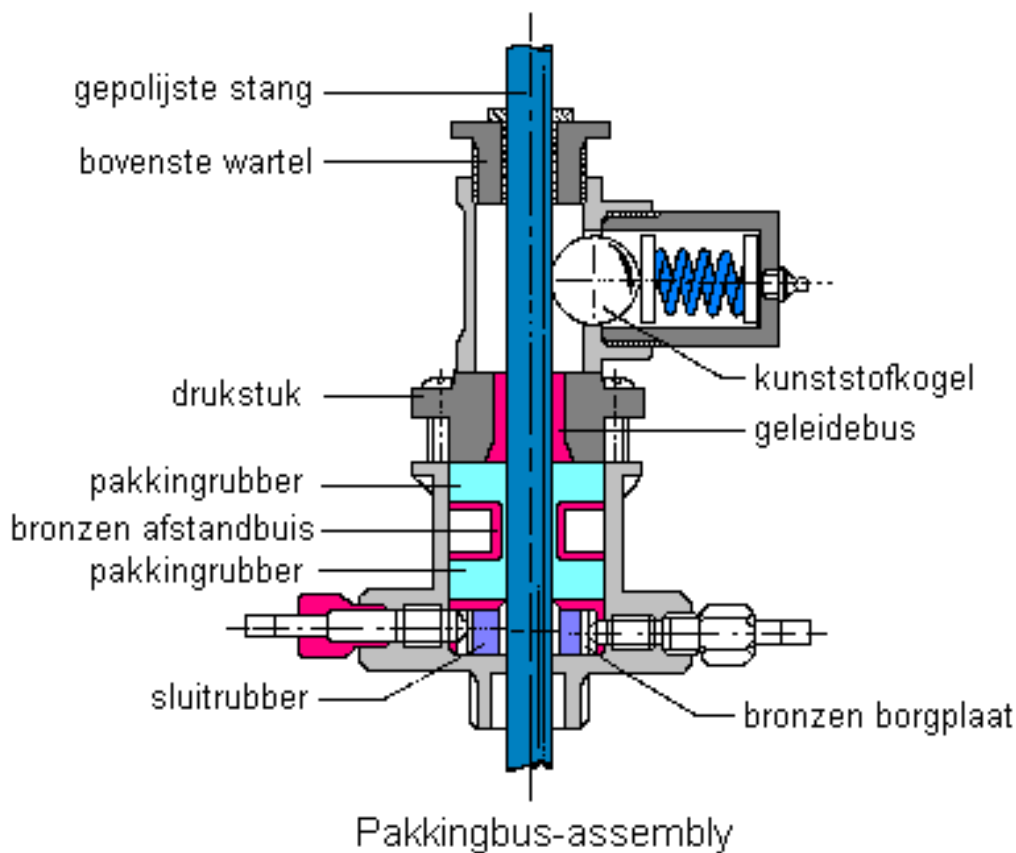
Bovengrondse putopbouw

Bij toepassing van de plunjerputpomp kunnen wij een bovengrondse putafwerking aantreffen, zoals is afgebeeld in de figuur links.

De casinghead spool is voorzien van twee afsluiters. Deze zijn aangesloten op de annulus, die wordt gevormd door de tubing en de 7 5/8" casing. Aan één zijde is een verbindingsleiding tussen deze annulus en de spuitleiding gemonteerd (de casing-tubing-verbinding), met daarin de nodige afsluiters en een terugslagklep. De andere afsluiter is meestal voorzien van een manometer om de annulusdruk te kunnen aflezen. Hierop kan in voorkomende gevallen ook een doodpompleiding of een sonolog worden aangesloten. Putten met een putmondtemperatuur tot 70°C hebben geen vaste kill-leiding. Putten met een putmondtemperatuur van 70°C en hoger hebben echter een vaste doodpompleiding.

De tubing-head housing is gemonteerd op de bovenste casinghead spool. In deze tubing-head housing is de tubing afgehangen. Deze housing is speciaal geconstrueerd voor de toepassing van een boll-weevil hanger assembly. De verloopflens is hier nodig om de master valve op de tubing-head housing te kunnen monteren.

Via het T-stuk en de daarop gemonteerde flow valve wordt de door de plunjerpomp opgebrachte produktie afgevoerd naar de spuitleiding. Op dit T-stuk is een flens gemonteerd met daarin schroefdraad voor de bevestiging van de pakkingbus-assemblee. De pressostaat stopt de elektromotor van de jaknikker, als de spuitleidingdruk te hoog wordt.



De pakkingbus-assemblee is links weergegeven. Deze dient voor de afdichting van de hierin op- en neerbewegende gepolijste stang (polished rod). Deze afdichting wordt bereikt met een aantal pakkingringen van oliebestendig, versterkt rubber, die worden aangedrukt door een drukstuk.

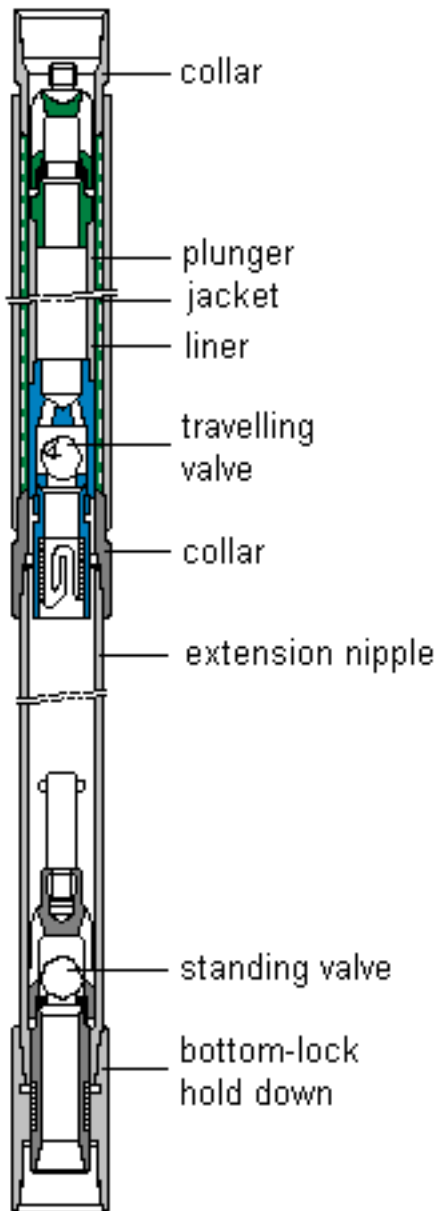
Als de pakkingrubbers moeten worden vernieuwd, wordt een afdichting verkregen met een speciaal gevormd sluitrubber. Dit sluitrubber wordt met aandrukspindels rond de gepolijste stang geklemd. Versleten pakkingrubbers kunnen dan worden verwisseld, zonder dat er gevaar bestaat, dat de put door de pakkingbus gaat produceren, en zonder dat er eerst moet worden doodgepompt. Tevens kan deze onderste afdichting worden gebruikt als extra beveiliging voor een put, die niet in productie is.

Deze assemblee is tevens voorzien van een beveiliging, die ervoor zorgt, dat bij een breuk van de gepolijste stang de vloeistof niet uit de put spuit. Als de gepolijste stang breekt, verdwijnt in het algemeen een gedeelte in de put, terwijl het andere gedeelte uit de pakkingbus wordt getrokken. Een kunststofkogel wordt dan door een veer naar binnen gedrukt. De kogel wordt door de uitstromende vloeistof tegen de bovenste wartel gedrukt en zal zo een noodafdichting vormen.

De casing-tubing-verbinding verbindt de annulaire ruimte tussen de tubing en de casing met de spuitleiding. Tijdens het pompen wordt het in het gasanker afgescheiden gas, met behulp van deze verbinding, uit de annulaire ruimte afgevoerd naar de spuitleiding. Hierdoor wordt drukopbouw in de annulaire ruimte verhinderd. Hoe meer gasdruk in de annulaire ruimte staat, des te lager wordt het vloeistofniveau in de annulaire ruimte. Komt het vloeistofniveau tot het gasanker, dan zal gas door de pomp worden aangezogen, waardoor de pompopbrengst zal verminderen of geheel tot staan zal komen (gas lock). Het spreekt dan ook vanzelf, dat de beide afsluiters in de tubing-casing-verbinding altijd geopend dienen te zijn. De terugslagklep zorgt ervoor, dat de geproduceerde vloeistof uit de spuitleiding niet terugstroomt in de annulaire ruimte.

Uitvoeringen plunjerpompen

Bij NAM zijn twee typen van plunjerpompen in gebruik. De meest voorkomende is de links afgebeelde TLE-pomp (Tubing Liner Extension). Daarnaast, maar minder vaak, komt de TH-pomp voor.



Tubing Liner Extension (TLE)-pomp

De TLE-pomp is opgebouwd uit een jacket (pompmandel), die aan de bovenzijde met een collar (sok) aan de tubing is bevestigd.

In deze jacket is een liner (cilindervoering) aangebracht, die is opgebouwd uit stukken met een lengte van ongeveer 30 cm. Deze liner-stukken worden op hun plaats gehouden door de collar, die de jacket met de tubing verbindt, en een collar, die aan de onderzijde in de jacket is geschroefd. De liner-stukken zijn gemaakt van een hard, slijtvast materiaal, dat minder snel zal slijten dan de plunjer.

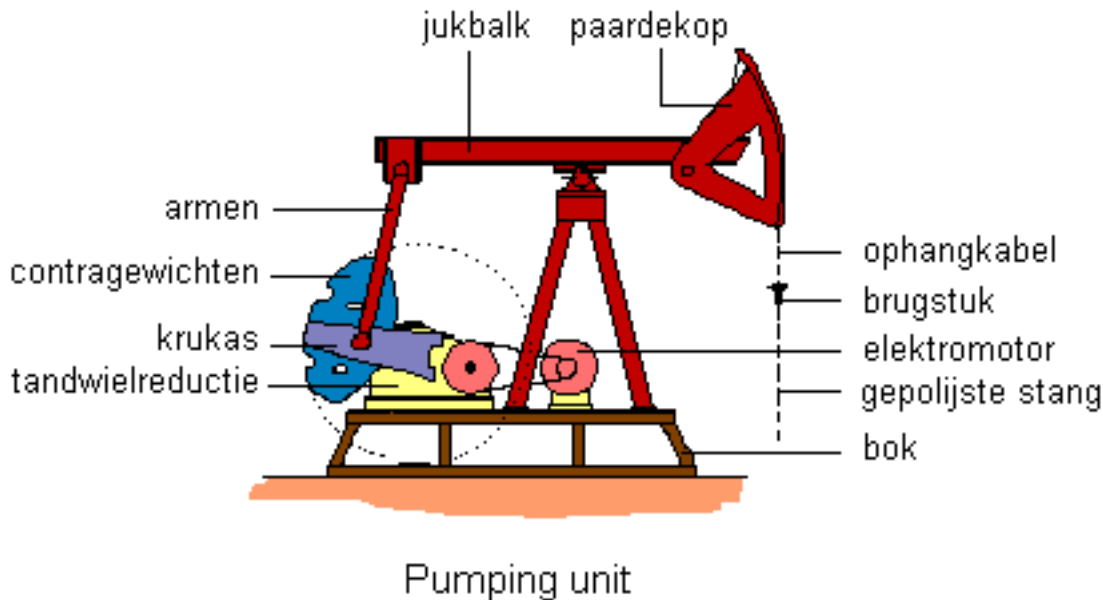
In deze onderste collar is een extension nipple (verlengstuk) geschroefd, waarin zich aan de onderzijde de losse standing valve (voetklep) bevindt. Het huis voor deze voetklep is in een onderaan de extension nipple geschroefde 'bottom-lock hold down' (speciale sok) bevestigd. De losse standing valve wordt door middel van verende poten in de speciale sok met zitting vastgehouden.

In de liner bevindt zich de plunjer (plunjer), die door middel van de aan de jaknikker gekoppelde pompstang in de cilinder op en neer wordt bewogen.

Bij de TH-pomp vormen jacket en liner één geheel; dit is het enige verschil met de TLE-pomp.

Het aandrijfmechanisme

Voor de aandrijving van de plunjerpomp wordt de jaknikker (pumping unit) gebruikt. Bij NAM zijn een aantal fabrikaten en typen jaknikkers in gebruik, die zich onderscheiden in constructie en slaglengte. Onder is een dergelijke jaknikker schematisch weergegeven.

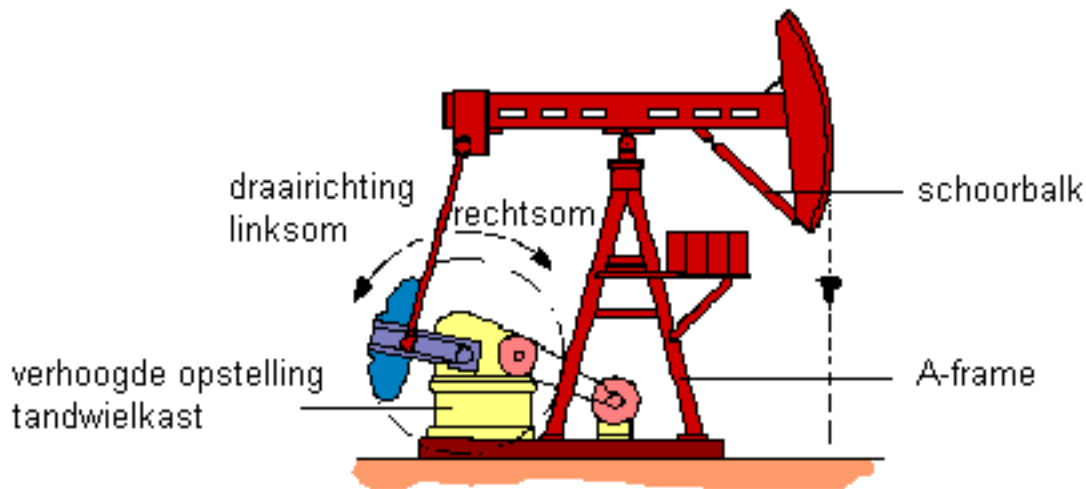


De aandrijving van de plunjerpomp vindt als volgt plaats: Een elektromotor drijft via een V-snaaroverbrenging en een tandwielreductie een krukas aan.

De krukken hiervan zijn uitgerust met contragewichten en scharnierend met armen verbonden. Deze armen zijn op hun beurt weer scharnierend verbonden met een jukbalk (walking beam). Op het tegenoverliggende uiteinde van deze balk is de paardekop (horse head) bevestigd.

Tenslotte is hieraan de ophangkabel (sling) met het brugstuk bevestigd. In dit brugstuk is de gepolijste stang (polished rod) opgehangen, die op zijn beurt weer is gekoppeld aan pompstangen, waarvan de laatste is gekoppeld aan de pompplunjer of aan de pompcilinder.

In de in de bovenste figuur geschetste uitvoering staat de jaknikker op bokken. Er zijn echter ook uitvoeringen, waarbij de tandwielkast verhoogd is opgesteld, zodat er geen bokken nodig zijn. De geschetste uitvoering is uitgerust met een kantelbare paardekop.

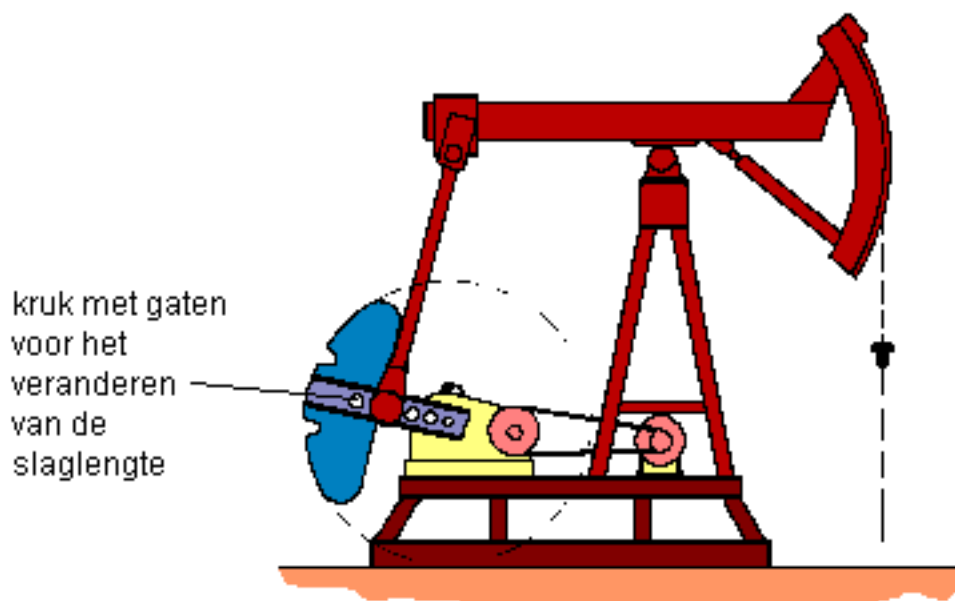


Pumping unit met schoorbalk

Een andere uitvoering is een kop met een schoorbalk, zoals hiernaast is weergegeven. Hierbij zal door het losnemen van deze balk de kop naar het A-frame vallen. Bij de kantelbare paardekop wordt deze achterover op de jukbalk gekanteld. Beide manieren dienen om ruimte te scheppen bij het behandelen van de put.

Door de krukas met de daaraan gekoppelde armen wordt een draaiende beweging omgezet in een heen- en weergaande beweging, die via de jukbalk en kop tenslotte resulteert in een op- en neergaande beweging van de pompstangen. De krukas kan twee draairichtingen hebben. Men spreekt van een rechtsomdraaiende unit, als de contragewichten naar de put toe vallen.

Via de overbrenging met behulp van de V-snaren vindt een reductie plaats van het toerental van de elektromotor. De V-snaarschijf op de motoras is kleiner dan die op de as van de tandwielreductie, zodat deze laatste as minder omwentelingen zal maken. Door een kleinere of grotere V-snaarschijf (pulley) op de motoras te monteren kunnen wij deze reductie respectievelijk groter of kleiner maken. In de tandwielkast vindt dan nog een verdere reductie van het toerental plaats.



Ook de slaglengte van de jaknikker kan worden veranderd. Dit wordt gedaan door de arm op een andere plaats aan de kruk te bevestigen. Hiertoe is de kruk voorzien van een aantal gaten. Hoe dicht de arm bij het centrum van de krukas is bevestigd, des te kleiner wordt de slaglengte. Links is dit schematisch weergegeven.

De contragewichten, die op

Verandering van de slaglengte

de kruk zijn bevestigd, dienen om de putpompinstallatie te balanceren. De neergaande slag van de pomp wordt bewerkstelligd door het eigengewicht van de plunjer en de pompstangen. We kunnen zeggen, dat bij de neergaande slag de plunjer en pompstang aan de jaknikker trekken. Bij de opgaande slag moet de jaknikker het hiervoor genoemde gewicht omhoogtrekken plus de vloeistofkolom.

Als geen contragewicht zou zijn toegepast, zou bij de neergaande slag de motor van de jaknikker onbelast draaien, terwijl bij de opgaande slag een zeer grote belasting van de motor zou plaatsvinden.

De contragewichten zijn zodanig aangebracht, dat deze bij de neergaande slag van de pomp door de motor moeten worden omhooggetrokken en bij de opgaande slag van de pomp de motor helpen.

Als de installatie goed is uitgebalanceerd, zal de ampèremeter, die de opgenomen stroom door de motor aangeeft, bij zowel de op- als neergaande slag een nagenoeg gelijke uitslag vertonen. Een sterk afwijkende uitslag tussen de op- en neergaande slag is een teken, dat de installatie niet goed is uitgebalanceerd.

De bovenste pompstang, die polished rod of gepolijste stang wordt genoemd, beweegt door de pakkingbus op de bovengrondse putafwerking op en neer. Deze stang is gepolijst ten einde een goede afdichting en een zo laag mogelijke wrijvingsweerstand in die pakkingbus te verkrijgen.

Voor- en nadelen van de plunjerputpomp

Voordelen:

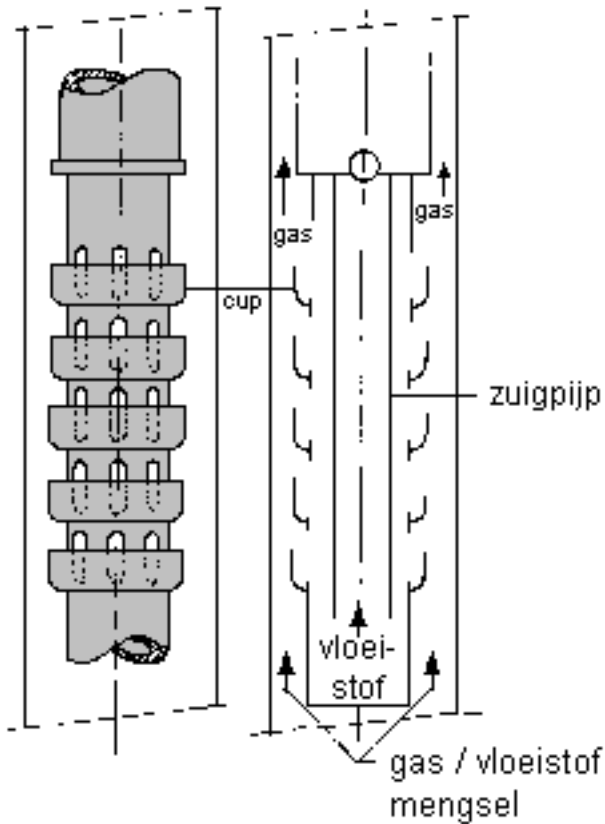
- plunjerputpompen kunnen praktisch in alle putten worden toegepast;
- plunjerputpompen kunnen geringe hoeveelheden zand verwerken;
- plunjerputpompen kunnen worden toegepast in niet te sterk gedeveeerde putten;
- pompsnelheden kunnen gemakkelijk worden geregeld;
- zeer geschikt om de produktiecapaciteit van nieuwe putten te bepalen;
- geschikt om nieuwe of gerepareerde putten schoon te produceren;
- betrekkelijk eenvoudige bovengrondse aandrijfinstallatie.

Nadelen:

- bij het verwisselen van een plunjerputpomp is een workover-mast nodig;
- er is kans op lekkage van de pakkingbus;
- er is kans op pompstangbreuk
- de bovengrondse installatie is vrij lawaaiig;
- milieutechnisch minder aantrekkelijk door de bewegende delen van de bovengrondse installatie.

Het gasanker

Bij de uit de formatie toestromende vloeistof zal zich ook gas bevinden. Het aanzuigen van gas door de pomp vermindert de opbrengst aanzienlijk en bij een grote toestroming van gas kan de vloeistofstroom zelfs geheel tot staan komen (gas lock).



Standpijp met gasanker

Door middel van een zogenaamd gasanker wordt het in de vloeistof aanwezige gas vrijwel geheel van de vloeistof gescheiden. Dit gasanker is met behulp van een verlengnippel aan de zuigzijde van de pomp bevestigd. Links is een dergelijk gasanker weergegeven.

Dit type van gasanker is opgebouwd uit een buitenpijp met sleuven, waaromheen zich zogenaamde cups bevinden, en een binnenpijp, waardoor de vloeistof door de pomp wordt aangezogen.

Het uit de formatie toestromende vloeistof/gasmengsel wordt door de cups gedwongen van richting te veranderen en een langere weg af te leggen alvorens het gasanker binnen te stromen. Hierdoor zal het gas worden afgescheiden, zodat vrijwel alleen vloeistof via de binnenpijp wordt aangezogen. Het afgescheiden gas zal via de annulus omhoogstijgen en via de casing-tubing-verbinding naar de spuitleiding worden afgevoerd.

- de **elektromotor**, die de centrifugaalpomp aandrijft;
- de protector of seal unit, die ervoor zorgt, dat er geen putvloeistof in de motor kan dringen;
- de **gasafscheider**, die het eventueel in de putvloeistof aanwezige gas zoveel mogelijk uit de vloeistof afscheidt, zodat vrijwel uitsluitend vloeistof naar de pomp stroomt;
- de **pomp**, die de putvloeistof via de gasafscheider aanzuigt en naar de oppervlakte perst;
- een terugslagklep, die het eventuele terugstromen van de vloeistof in de put moet voorkomen;
- een aftapklep (drain valve), waarmee kan worden bewerkstelligd, dat de tubing bij het trekken en ontschroeven leeg zal zijn;
- een elektrische kabel, die aan de buitenzijde van de tubing is bevestigd.

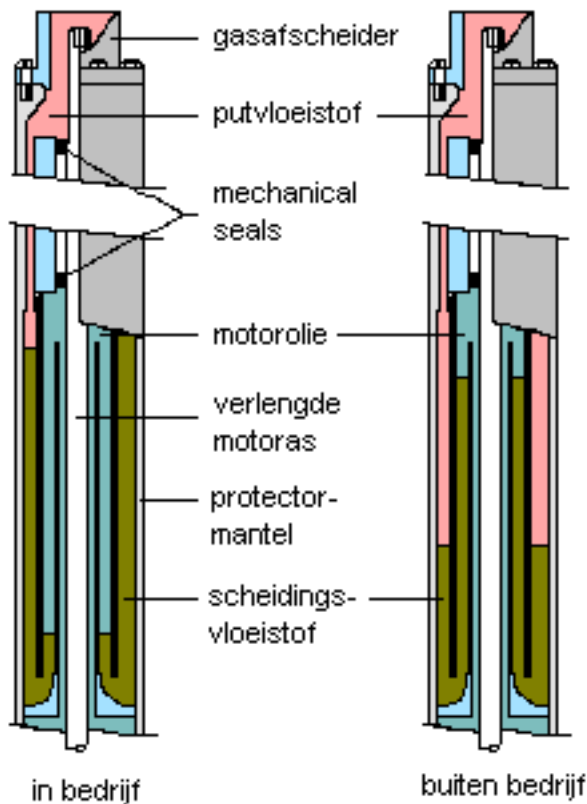
De elektromotor met protector

De elektromotor is een draaistroommotor met kortsluitanker. Een dergelijke motor heeft geen borstels, collector of sleepringen en heeft daarom vrijwel geen onderhoud nodig.

Het toerental van een dergelijke motor is direct afhankelijk van de netfrequentie, die in Europa 50 Hz bedraagt. Dit toerental bedraagt ongeveer 2900 omwentelingen per minuut en is onder alle belastingen vrijwel constant. Een nadeel is, dat dit type motor niet goed regelbaar is. De pomp wordt in het algemeen zo diep mogelijk in de put afgehangen. De motor is aan de onderzijde van de pomp gemonteerd. Dit is gedaan om door middel van de putvloeistof, die langs de motor naar de pomp stroomt, de motor te koelen.

De motor is gevuld met een speciale olie, die dient om de lagers te smeren en die tevens dienst doet als inwendige koelvloeistof. Deze motorolie zal, afhankelijk van de temperatuur, meer of minder uitzetten. Dit betekent, dat het door de olie ingenomen volume moet kunnen variëren.

Door het toepassen van een protector of seal unit, die op de motor is gemonteerd, kan deze volumeverandering plaatsvinden. Tevens wordt hiermee bereikt, dat er evenwicht is tussen de drukken van de putvloeistof en de motorolie. Dit is onder meer van belang voor de afdichting langs de verlengde motoras door middel van een aantal mechanical seals (sleepringafdichtingen), die in de bovenzijde van de protector zijn aangebracht.



De seal-unit (protector)

Zoals uit de afbeelding blijkt, is de protector geconstrueerd als een stel communicerende vaten.

De motorolie wordt van de putvloeistof gescheiden door een scheidingsvloeistof, die zich niet met de andere vloeistoffen vermengt. Hierdoor kan de putvloeistof zich dus nooit met de motorolie vermengen. Zou dit wel het geval zijn, dan zouden de smering en koeling van de motor ernstig kunnen worden verstoord. Tevens zou hierdoor kortsluiting in de motor kunnen optreden, waardoor de motor zou kunnen verbranden.

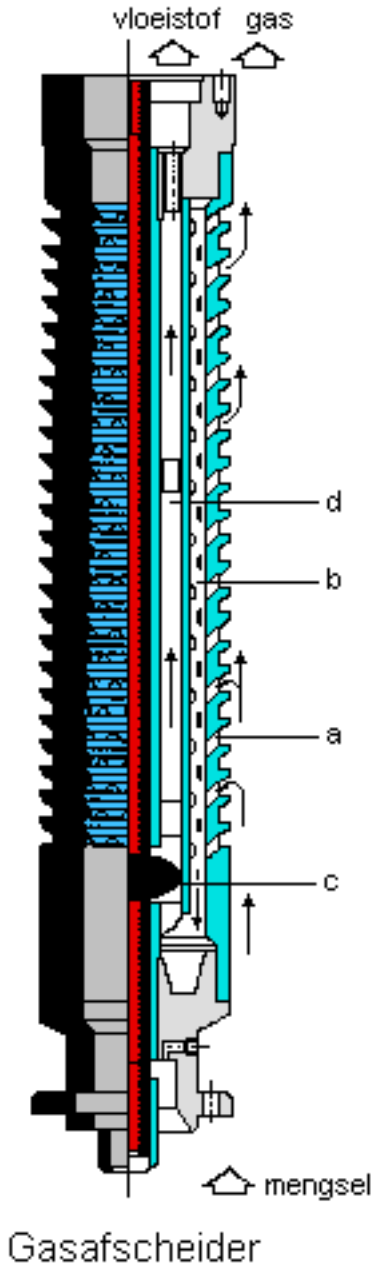
In beide situaties, zoals deze zijn voorgesteld in de figuur, blijkt duidelijk, dat de motorolie in bedrijf door uitzetting een groter volume inneemt dan wanneer deze buiten bedrijf is. De ruimte, die wordt

gevormd door de binnenste bus en de motoras, staat in verbinding met de motor, terwijl de ruimte, die wordt gevormd door de buitenste bus en de mantel van de protector, in verbinding staat met de put.

Door het gewicht van de pompas met waaiers en de werking van de pomp ondervindt het draaiende gedeelte een axiale kracht. Deze axiale kracht wordt door een druklager in de protector (dit is niet afgebeeld) op het huis en dus op de gehele samenbouw van pomp en tubing overgebracht.

De gasafscheider

De opbrengst van een pomp wordt sterk beïnvloed door de aanwezigheid van gas in de putvloeistof, die wordt aangezogen. Hierdoor kan de opbrengst zelfs geheel tot staan komen (gas lock). Om het aanzuigen van gas vrijwel uit te sluiten wordt dan een gasafscheider ingebouwd. De afbeelding toont een dergelijke gasafscheider.



De gasafscheider is tussen de pomp en de protector gemonteerd. Een tussenas verbindt de motoras met de pompas.

Het mengsel van gas en vloeistof stroomt langs de motor en protector naar de schuin geboorde openingen (a) in de wand van de afscheider. Door de gedwongen richtingverandering zal het gas grotendeels uit de vloeistof worden afgescheiden en verder in de annulus tussen tubing en casing opstijgen.

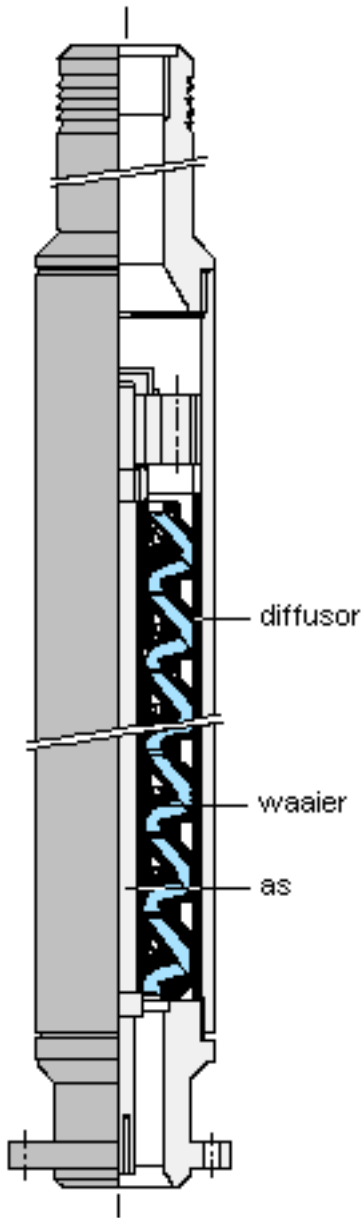
Daarna stroomt de vloeistof in neerwaartse richting door kanaal (b). Eventueel nog aanwezige gasresten zullen hier nog uit de vloeistof worden afgescheiden en via de schuine openingen ontsnappen.

Tenslotte verandert de vloeistof weer van richting en wordt deze met behulp van een op de tussenas gemonteerde waaierpomp (c) via kanaal (d) naar de zuigzijde van de centrifugaalpomp gevoerd.

De centrifugaalpompe

De putvloeistof wordt via de gasafscheider door de pompe aangezogen. In de pompe wordt de druk daarna opgevoerd, zodat de vloeistof door de tubing naar de oppervlakte kan stromen. De gewenste druk wordt bereikt door een groot aantal centrifugaalpompejes in serie te plaatsen.

Afhankelijk van de opvoerhoogte is een aantal van deze pompeenheden (trappen) nodig. Hieronder is een dergelijke pompe weergegeven.



Centrifugaalpompe

Elke afzonderlijke pompeenheid bestaat uit een op een gemeenschappelijke as gemonteerde waaier en een diffusor. In de waaier krijgt de vloeistof een bepaalde snelheid, die in de diffusor grotendeels in druk wordt omgezet. Met deze druk stroomt de vloeistof dan naar de intreezijde van de volgende waaier, waarna de druk in de daarbij behorende diffusor weer verder wordt opgevoerd.

Op deze wijze wordt tenslotte een voldoende druk opgebouwd om de putvloeistof via tubing en spuitleiding naar het meetstation te transporteren. Deze druk wordt uitgedrukt in meter vloeistofkolom of ook in meter opvoerhoogte.

De opbrengst van een centrifugaalpompe is afhankelijk van drie factoren, te weten;

- het aantal omwentelingen per minuut;
- de constructie van de pompe;
- de opvoerhoogte.

Bij een bestaande centrifugaalpompe, die wordt aangedreven door een draaistroommotor, staat het toerental vast, terwijl de constructie van de pompe, dat wil zeggen de vorm en afmetingen, ook vaststaat. Dit betekent, dat bij een bestaande installatie de opbrengst alleen wordt bepaald door de opvoerhoogte.

Wordt, als gevolg van bijvoorbeeld een lagere druk in de separatoren van het meetstation, de tegendruk in de spuitleiding lager, dan zal dus de opvoerhoogte kleiner en de opbrengst groter worden. Wordt, als

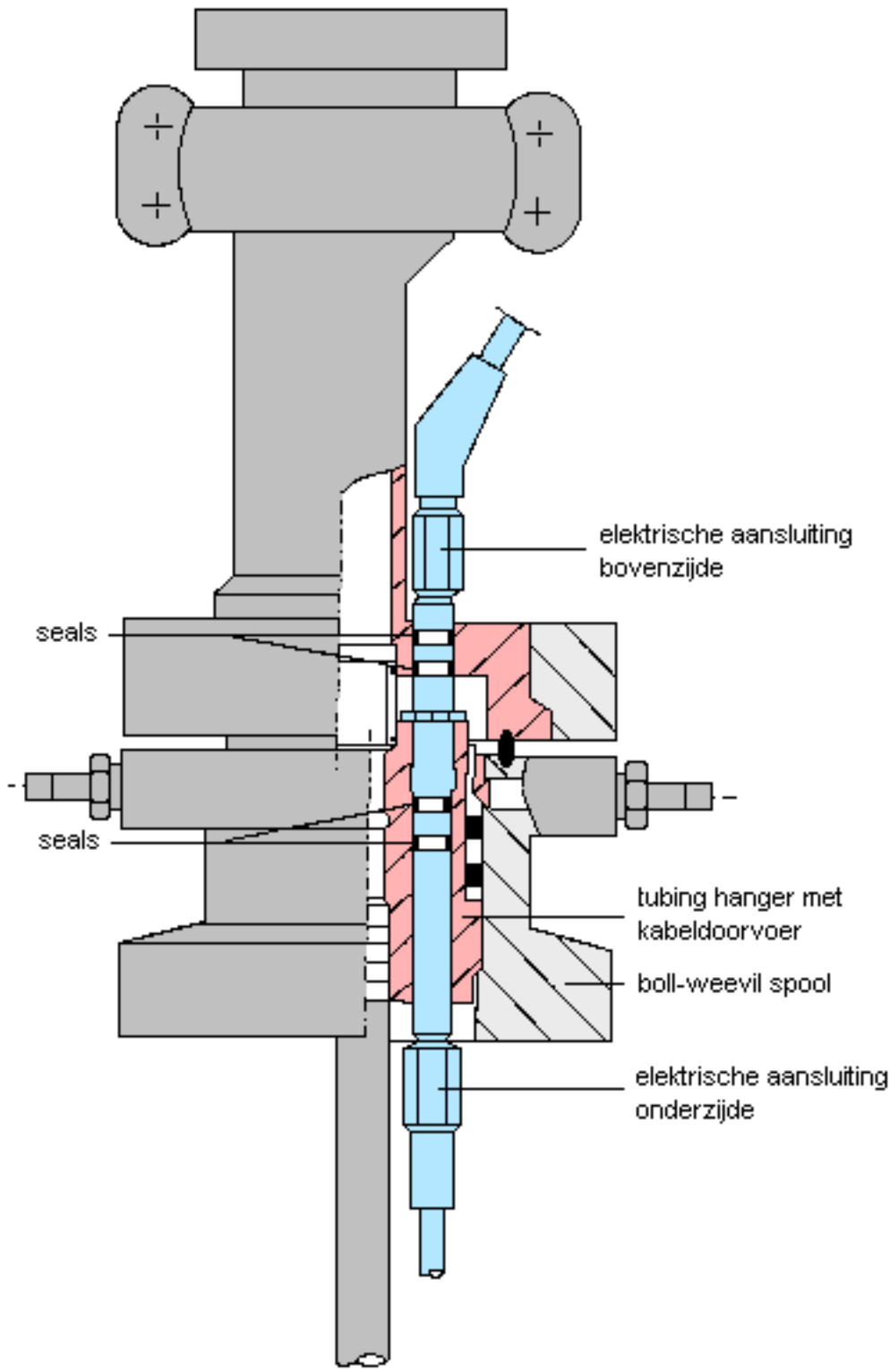
gevolg van bijvoorbeeld een te klein knijpstuk in de spuitleiding, de tegendruk en dus de opvoerhoogte groter, dan zal de opbrengst kleiner worden.

Een centrifugaalpomp heeft bij een bepaalde opvoerhoogte en daarmee overeenkomende opbrengst het gunstigste rendement. Daarom is het voor een zo gunstig mogelijke werking noodzakelijk de spuitleidingdruk zo nauwkeurig mogelijk op de gewenste waarde te houden.

Om slijtage door eventueel meegevoerde zanddeeltjes zoveel mogelijk te beperken zijn de waaiers en diffusors van zeer slijtvaste materialen vervaardigd.

De bovengrondse putafwerking van de ESP

De tubing met pomp wordt afgehangen aan een boll-weevil hanger in de tubing housing. Deze boll-weevil hanger heeft een excentrische doorboring, waardoorheen de elektrische kabel wordt gevoerd. Boven en onder de hanger bevindt zich een stekertype kabelaansluiting.



Kabeldoorvoering ESP

De doorvoering zelf is voorzien van seals, die zodanig zijn aangebracht, dat lekkage niet mogelijk is.

Het geheel wordt afgeperst op een werkdruk van circa 210 bar en is geschikt voor temperaturen van -40 tot +100°C.

De tubing-casing-verbinding is op de tubing head aangesloten, waardoor, evenals bij de plunjerpompinstallatie, de annulus tussen casing en tubing met de spuitleiding wordt verbonden. Het gas, dat door deze annulus opstijgt, wordt via deze verbinding afgevoerd naar de spuitleiding.

Een terugslagklep voorkomt, dat de opgevoerde putvloeistof terugstroomt via de annulus.