

Afvalwater verpompen met variabele toerental

De afgelopen 10-15 jaar heeft de branche een duidelijke toename gezien bij de toepassing van aandrijvingen voor variabele toerentallen (VFD) bij systemen voor vuilwatertransport. Het is een algemene wens om het vuilwatertransport beter te beheren. Systemen met een toerenregeling kunnen een flexibelere en krachtigere oplossing bieden in vergelijking met het gebruik van pompen met een vast toerental.

Inleiding

Vuilwaterpompen worden traditioneel gebruikt in een aan/uit-modus voor kleine en grote pompstations. Omdat de toevoercapaciteit van vuilwater in de loop der tijd verschilt en omdat dit vaak slechts een fractie is van de vereiste capaciteit van de pomp, zijn ingenieurs op zoek gegaan naar manieren om vuilwaterpompen met een lagere capaciteit te laten werken. Voordat solid state aandrijvingen voor variabele frequenties algemeen werden, werden dit soort oplossingen voor de toerenregeling gebruikt zoals motoren met twee snelheden en wikkelingen voor variabele spanningen om zo meerdere toerentallen mogelijk te maken. De afgelopen 10-15 jaar heeft de branche een duidelijke toename gezien bij de toepassing van aandrijvingen voor variabele frequenties (VFD) bij systemen voor vuilwatertransport. Het is een algemene wens om het vuilwatertransport door de pompstations beter te beheren. Systemen met een toerenregeling kunnen een flexibelere en krachtigere oplossing bieden in vergelijking met het gebruik van pompen met een vast toerental. Het verpompen met pompen voorzien van een toerenregeling kan leiden tot een betere procesbesturing, energiebesparingen, een soepelere werking en verlaagde onderhoudskosten voor het pompstation. Voorwaarde is wel dat dit goed wordt toegepast.

Sommige vuilwater-operators die pompsystemen voor toerenregeling hebben geïnstalleerd, hebben gemerkt dat er geen besparing van het energieverbruik plaatsvond. Sommige gemeenten meldden zelfs een verhoogd energieverbruik. Tevens raakten de pompen vaker verstopt. Dit wordt veroorzaakt door het verlaagde bedrijfstoerental. Indien het toerental van een vuilwaterpomp wordt verlaagd, neemt de transportsnelheid in de pomp af en daarmee ook de mogelijkheid om vaste delen door de pomp te geleiden. De toename van het energieverbruik is afkomstig van twee verschijnselen, *gedeeltelijk verstopt raken van de waaier en de werking buiten het optimale efficiëntiepunt van de pomp*. Het eerste is het resultaat van langere

INHOUD	PAGINA
Aspecten van pomp en pompsystemen.....	2
Pompputten	2
Zuig- en persleidingen	2
Terugslagkleppen	2
Waterslag	2
Minimumtoerental	2
Aspecten van pompbesturingen en toerenregeling	3
Pompen besturen.....	3
Startstroom en startkoppel voor de aandrijving	3
Pompbesturingen en toerenregeling: aspecten van de	
aandrijving	4
EMC- en motoreisen	4
Specifieke energie	5
Aspecten van procesbesturing	6
Pompsystemen met toerenregeling	6
Het energieverbruik beperken.....	7
Niveauregeling pompput	8
Aan-uit regeling	8
Regeling constant niveau.....	8
Regeling variabel niveau.....	9
Regeling minimale capaciteit.....	9
Mechanische aspecten pomp	10
Omgekeerde draairichting.....	10
Hydraulische aspecten pomp	10
Het hydraulische deel.....	10
Conclusie	12

draaitijden omdat door VFD aangedreven pompen een langere bedrijfscyclus hebben. Het tweede is een gevolg van pompen in systemen met een groot aandeel aan statische opvoerhoogte.

Het is belangrijk om rekening te houden met alle aspecten van het pompsysteem en het pompstation om een zo goed werkend pompstation te krijgen. Deze aspecten omvatten systeemcurven, de keuze van pomp en motor, procesbesturing, elektrische aspecten, de mogelijkheden voor energiebesparing, besturingsstrategieën, onderdelen van persleidingsystemen, enzovoort. Daarmee is het mogelijk om de voordelen van vuilwaterpompen met toerenregeling te maximaliseren, inclusief energiebesparingen en een werking zonder verstoppingen. In dit artikel worden veel van deze aspecten besproken.

Aspecten van pomp en pompsystemen

Pompputten

Het is belangrijk om de pompput schoon te houden om de sedimentatie van organisch en anorganisch materiaal met de bijbehorende geurproblemen te voorkomen. Besturingen voor toerenregeling kunnen worden geprogrammeerd om regelmatig de pompput schoon te maken ter vermindering van het risico van de opbouw van sedimentatie en de toename van drijvend vuil.

Tijdens een cyclus voor het schoonmaken van de pompput wordt het niveau in de bak omlaag gepompt tot een niveau waarop de pomp lucht trekt ("snort"). Terwijl het vloeistofniveau omlaag wordt getrokken, ontstaan draaikolken in het oppervlak die in sterkte en aantal toenemen. Het ogenblik voordat de pomp gaat snorren, slepen sterke krachten en hoge plaatselijke snelheden van draaikolken aan het oppervlak het drijvende afval in de pomp. Het is van groot belang om de pompwerking tijdens het snorren te beperken tot slechts een paar seconden om



Afbeelding 1: Een pompput voor vuil water bedekt met drijvend afval.

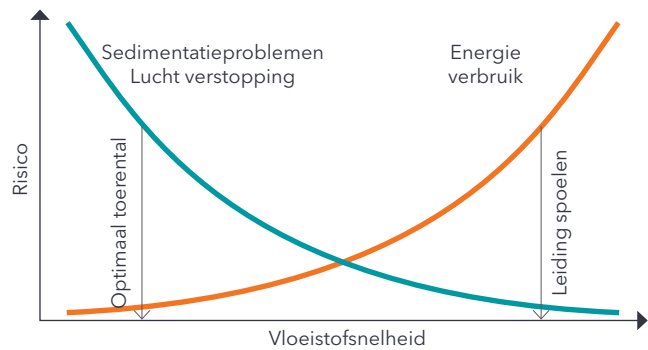
de hoeveelheid lucht in de persleiding te minimaliseren en om te voorkomen dat de pomp sterk gaat trillen.

Zuig- en persleidingen

De vloeistofsnelheid in de persleiding beïnvloedt de mate van sedimentatie in de leiding evenals het energiegebruik, waarbij de twee elkaar versterken. Het werken met hoge snelheden in de persleiding vermindert het risico op het opbouwen van sedimentatie maar verhoogt het energieverbruik. In tegenstelling daarmee verlaagt het werken met lage vloeistofsnelheden in de persleiding het energieverbruik maar neemt het risico op sedimentatie toe. Het is daarom belangrijk om met beide rekening te houden bij het selecteren van de maten voor zuig-, afvoer- en persleidingen.

Bij pompen met toerenregeling is het mogelijk om de vloeistofsnelheid gedurende langere perioden te

beperken onder de normaal aanbevolen 0,7 m/s vanwege de mogelijkheid om de persleiding te spoelen door de vloeistofsnelheid tijdelijk te verhogen. Afhankelijk van het type en de concentratie van zware sedimenten en vet in de media, zal de sedimentatie verschillen; hoe hoger de concentratie, des te groter de kans op sedimentatie. Een pompstation dat met toerenregeling bestuurd wordt, is flexibeler bij het reinigen van de persleiding door spoelen. De spoelfrequentie is afhankelijk van het systeemontwerp, de mate van vervuiling en het minimumtoerental dat nodig is om optimale werkomstandigheden te handhaven.



Afbeelding 2: Door de persleiding regelmatig te spoelen, is het mogelijk om de minimum vloeistofstroom te beperken tot minder dan 0,7 m/s zonder dat dit sedimentatieproblemen oplevert.

Terugslagkleppen

Bij toepassingen met pompen met toerenregeling is de vloeistofsnelheid lager dan normaal in het pijpsysteem. Flap terugslagkleppen hebben een lager wrijvingsverlies bij lage snelheden dan balkeerklappen. Daarom is de energiebesparing bij lagere snelheden groter bij de keuze voor een Flap terugslagklep dan bij een balkeerklap.

Waterslag

Pompen met toerenregeling beschikken over de mogelijkheid om zacht te starten en te stoppen door het pomptoerental geleidelijk te verhogen en verlagen. Als de stoptijd voor de pomp lang is (lage toename van het pomptoerental) zal de vloeistof langzaam vertragen in de persleiding. Door de vloeistofsnelheid langzaam te veranderen in de persleiding kunnen terugslagkleppen behoeft blijven voor waterslag.

Houd er wel rekening mee dat een VFD als apparaat ter bescherming tegen waterslag niet werkt tijdens een stroomstoring als niet onmiddellijk een noodvoeding aanwezig is.

Minimum toerental

Bepaalde pompontwerpen kunnen beperkingen bevatten voor het laagst toegestane pomptoerental. Het minimum toerental is afhankelijk van de juiste werking van een koelsysteem, resonantiefrequenties van de as en andere zaken. Raadpleeg de fabrikant van de pomp om er zeker van te zijn dat met alle beperkingen rekening wordt gehouden.

Pompbesturingen en toerenregeling: aspecten van de aandrijving

Pompen besturen

Met eenvoudige relaisystemen of solid state controllers zijn functies voor het starten en stoppen van pompen mogelijk. Speciale pompregelaars en eenheden voor pompbeheer worden tegenwoordig algemeen gebruikt. Aandrijvingen met toerenregeling worden gewoonlijk gebruikt als een manier om het toerental van inductiemotoren te besturen. Voor grotere en complexere systemen zijn algemene Programmable Logic Controllers (PLC's) bruikbaar. Voor de specifieke toepassing moet daarna uitgebreide software worden geschreven. Een aandrijving met toerenregeling moet door software worden bestuurd om een pomp te kunnen controleren, het pompstation moet over een pompbesturing beschikken die alle pompen in de juiste volgorde regelt.

De modernste oplossingen van pompregelaars voor vuilwaterpompen bevinden zich binnen aandrijvingen voor toerenregeling. Toepassings specifieke software kan vooraf worden geïnstalleerd en ingesteld in een aandrijving die bedoeld is voor een specifieke toepassing voor een bepaalde pomp en motor. Het opstarten van het systeem kan zo iets eenvoudigs zijn als het op de aandrijving aansluiten van de niveausensoren en de voedingskabels en vervolgens op de startknop drukken om het systeem in werking te stellen.

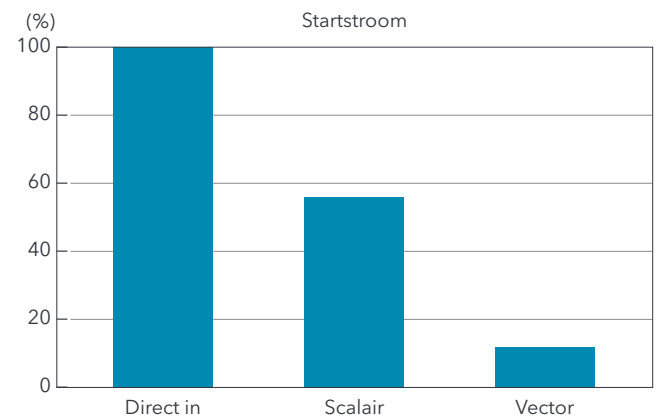


Afbeelding 3: Voorgeprogrammeerde en vooraf ingestelde intelligente besturing voor een speciale toepassing kan snel en eenvoudig worden geïnstalleerd en gestart.

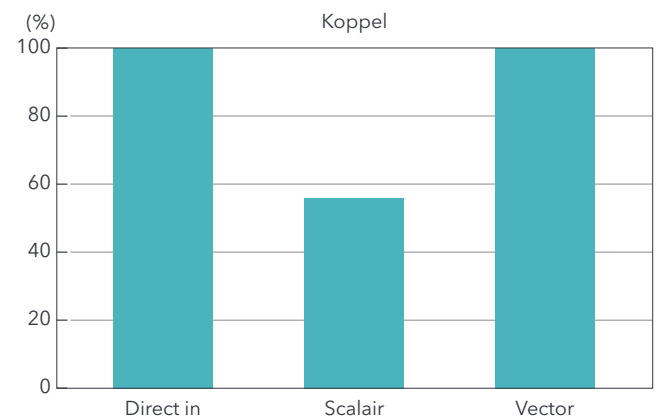
Startstroom en startkoppel voor de aandrijving

De nominale stroom van een aandrijving moet groter zijn dan de nominale motorstroom voor de geselecteerde pomp. Voor onderspanning en overbelasting wordt een stroommarge van 20% aanbevolen. Bij toepassingen voor het pompen van vuil water is het belangrijk dat de motor de waaier van het volledige koppel kan voorzien om mogelijke vervuiling te kunnen verwerken. Daarom is het nodig dat een vuilwaterpomp voorzien is van een aandrijving met toerenregeling die een nominaal koppel kan leveren tijdens het opstarten en die tweemaal het nominale koppel kan onderhouden bij het nominale toerental gedurende ten minste één seconde.

Er zijn twee hoofdsoorten aandrijvingen: met scalaire besturing en met vectorbesturing. De aandrijving met scalaire besturing genereert een vooraf gedefinieerde spanning als functie van de frequentie. Een aandrijving met vectorbesturing is gebaseerd op een model van de motor en analyseert de spanning en stroom die nodig zijn om de pomp te besturen. Met de feedback-gegevens van de pomp kan de startstroom verlaagd worden terwijl het startkoppel verhoogd kan worden.



Afbeelding 4: Bij het starten van een pomp met een VFD met vectorbesturing is de startstroom aanzienlijk lager dan bij het direct in starten van de pomp.



Afbeelding 5: Bij het starten van een pomp bij toeren nul is het koppel van een pompmotor die bestuurd wordt door een VFD met vectorbesturing gelijk aan die van een pompmotor met een directe start.

Eisen voor koeling en ventilatie van de aandrijving

Aandrijvingen met een variabele frequentie hebben meestal een efficiëntie van 96-97% wat betekent dat 3-4% van de overgebrachte energie verloren gaat in de vorm van warmte. Om oververhitting van de aandrijving te voorkomen, moeten deze verliezen worden overgebracht naar de omgevingslucht. Om het mogelijk te maken dat koelingslucht rond de aandrijving stroomt, is vrije ruimte nodig boven en onder de aandrijving. Voor omgevingstemperaturen boven de 40°C is meestal het verlagen van de nominale waarde van de aandrijving nodig. Airco's of ventilatoren kunnen nodig zijn bij hogere omgevingstemperaturen. Voor aandrijvingen op grote hoogten (meer dan 1000 meter boven zeeniveau) is verlagings van het nominaal vermogen van de aandrijving meestal noodzakelijk ter compensatie van de slechte koeling op grotere hoogten.

EMC- en motoreisen

In Europa moeten pomptoepassingen voor vuilwater voldoen aan de EMC-eis EN 61800-3 categorie C2. Veel moderne aandrijvingen bevatten ingebouwde filters om aan dergelijke regels te voldoen. Om te zorgen voor een stroomtoevoer die vrij is van excessieve harmonischen en om problemen met elektrische apparatuur te voorkomen, is het belangrijk om goede EMC-technieken te volgen bij het ontwerpen van een aandrijfsysteem. Goede gewoonten bij het ontwerpen van een VFD-systeem zijn:

- Gebruik afgeschermd voedingkabels en plaats de kabelafscherming zo dicht mogelijk bij de aansluitpunten
- Gebruik afgeschermd signaalkabels
- Gebruik getwiste signaalkabels over de gehele kabelroute
- Aard de kabelafscherming aan beide kanten
- Gebruik de kortst mogelijke voedingkabels
- Houd de afstand tussen signaal- en voedingkabels ten minste 500 mm van elkaar gescheiden

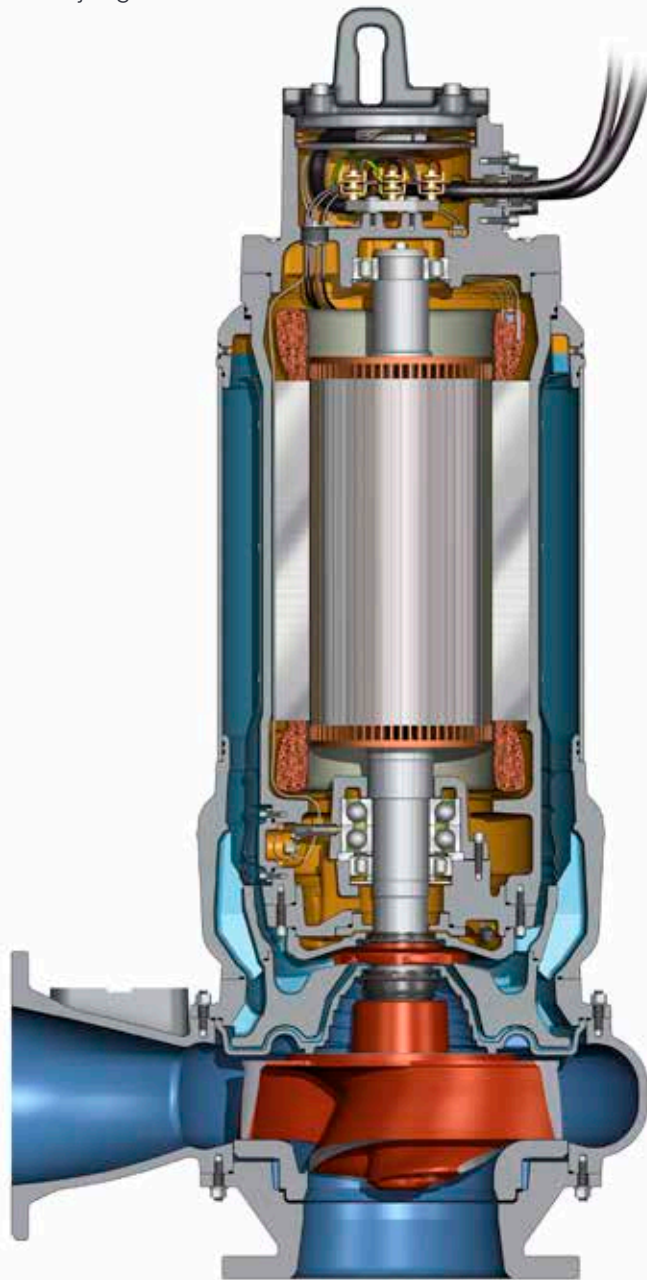
Het gebruik van een motorisolatatie klasse H en door specifieke impregnatie van de windingen biedt het een degelijke bescherming tegen corona-effecten voor nominale motorspanningen tot 600 V en kabellengten voor de pomp tot 50 meter. Langere voedingkabels kunnen een volledige golfreflectie veroorzaken wat spanningsstress op de wikkelingen kan verdubbelen. Als de kabels langer worden dan 50 meter wordt het gebruik van een sinusgolffilter aanbevolen.

Elektrische harmonischen zorgen voor parasitaire koppels in de motor wat de belasting en stress op de motor verhoogt. Een gewoon modusfilter vermindert de harmonischen.

Een schakelfrequentie van ongeveer 7 tot 8 MHz wordt aanbevolen voor het verkrijgen van een goed compromis

tussen de elektrische ruisniveaus en de verliezen in de motor en de aandrijving. De schakelfrequentie bepaalt het tempo waarin de aandrijving de spanning "afhakt" om deze naar de gewenste frequentie om te zetten.

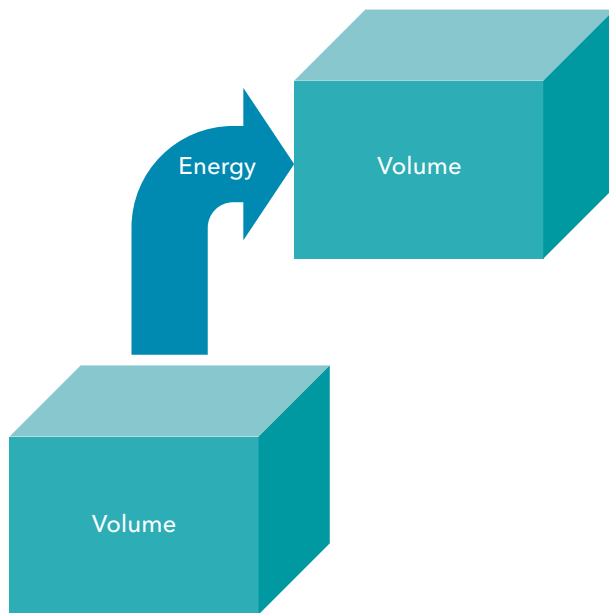
Sommige inductiemotoren vereisen een vermogensmarge van 5 tot 10% als ze gebruikt worden met een aandrijving voor toerenregeling, andere motoren zijn ontworpen voor het gebruik met aandrijvingen tot het nominale asvermogen. Raadpleeg de fabrikant van de motor voor de eisen van de marge bij het gebruik van een aandrijving.



Afbeelding 6: Een isolatiesysteem klasse H voor de motor en VPI-motorimpregnatie bieden een goede bescherming tegen corona-effecten.

Specifieke energie

De beste manier om energie-efficiëntie van pompsystemen te vergelijken, is specifieke energie. Specifieke energie is gedefinieerd als de hoeveelheid energie die nodig is om een bepaald volume aan vloeistof in het pompsysteem te verplaatsen. Een lagere waarde betekent een lager energieverbruik. De waarde voor specifieke energie houdt rekening met alle onderdelen van een pompsysteem, zoals elektrische, mechanische en hydraulische efficiënties inclusief verliezen in het leidingsysteem. Merk op dat de waarde voor specifieke energie geldig is voor het specifieke pompsysteem waarvoor het was berekend; *het kan niet worden vergeleken met een ander pompsysteem zonder aanpassingen te maken voor systeemverschillen.*



Afbeelding 7: Specifieke energie is een maat van de hoeveelheid energie die nodig is voor het verplaatsen van een kubieke meter vloeistof van het ene naar het andere punt.

Specifieke energie wordt berekend met de volgende formule:

$$E_s = \frac{\text{energy} \left[\frac{kWh}{m^3} \right]}{\text{volume} \left[\frac{kWh}{Mgal} \right]}$$

waar

- E_s = Specifieke energie [kWh/m³]; [kWh/Mgal]
- energy = Energie benodigd voor het transport van een gegeven vloeibaar volume (kWh)
- volume = Volume van verpompte vloeistof (m³, Mgal)

Specifieke energie kan ook worden berekend met deze alternatieve formule:

$$E_s = \frac{h}{\eta} \rho g * \frac{1}{3600000} \left[\frac{kWh}{m^3} \right]$$

$$E_s = \frac{h}{\eta} \rho g * \frac{1}{639} \left[\frac{kWh}{Mgal} \right]$$

waar

- E_s = Specifieke energie [kWh/m³]; [kWh/Mgal]
- h = Totale opvoerhoogte geleverd door de pomp [m]; [ft]
- η = Totale rendement van de pomp [%]
- ρ = Vloeistofdichtheid [kg/m³]; [lb/cu-ft]
- g = Zwaartekrachtconstante [m/s²]; [ft/s²]

Totale rendement van de pomp en de motor.

Aspecten van procesbesturing

Pompsystemen met variabele toerentalregeling

De toevoer naar een pompstation voor vuil water verschilt aanzienlijk over een periode van 24 uur. De toevoer is gewoonlijk laag tijdens de nacht en piekt eenmaal 's ochtends en opnieuw 's avonds. Capaciteitsduurdiagrammen worden vaak gebruikt om de stromingsvariëaties te visualiseren (afbeelding 8).

Om het energieverbruik te minimaliseren, moeten we ons concentreren op twee gebieden:

a) De totale opvoerhoogte beperken

De totale opvoerhoogte is gedefinieerd als de som van de statische opvoerhoogte en verliezen. Omdat wrijving en appendageverliezen direct in de verhouding staan tot het kwadraat van de capaciteit is het gewenst om verliezen te beperken door de capaciteit te verminderen. Omdat de afmetingen van een vuilwaterpomp gewoonlijk worden gekozen voor de verwerking van een maximale toevoer naar het pompstation (duplex stations) is het mogelijk om de gepompte capaciteit te beperken tijdens het normale gebruik zodat de totale drukverliezen beperkt worden.

b) Maximaliseren van de pompefficiëntie

Om een maximale pompefficiëntie te bereiken, is het belangrijk om pompen te selecteren die een langdurig hoog rendement bezitten (zelfreinigende pompen) en die zo dicht mogelijk bij het beste efficiëntiepunt werken. Een pomp die met teruggeregeld toerental werkt, moet ver

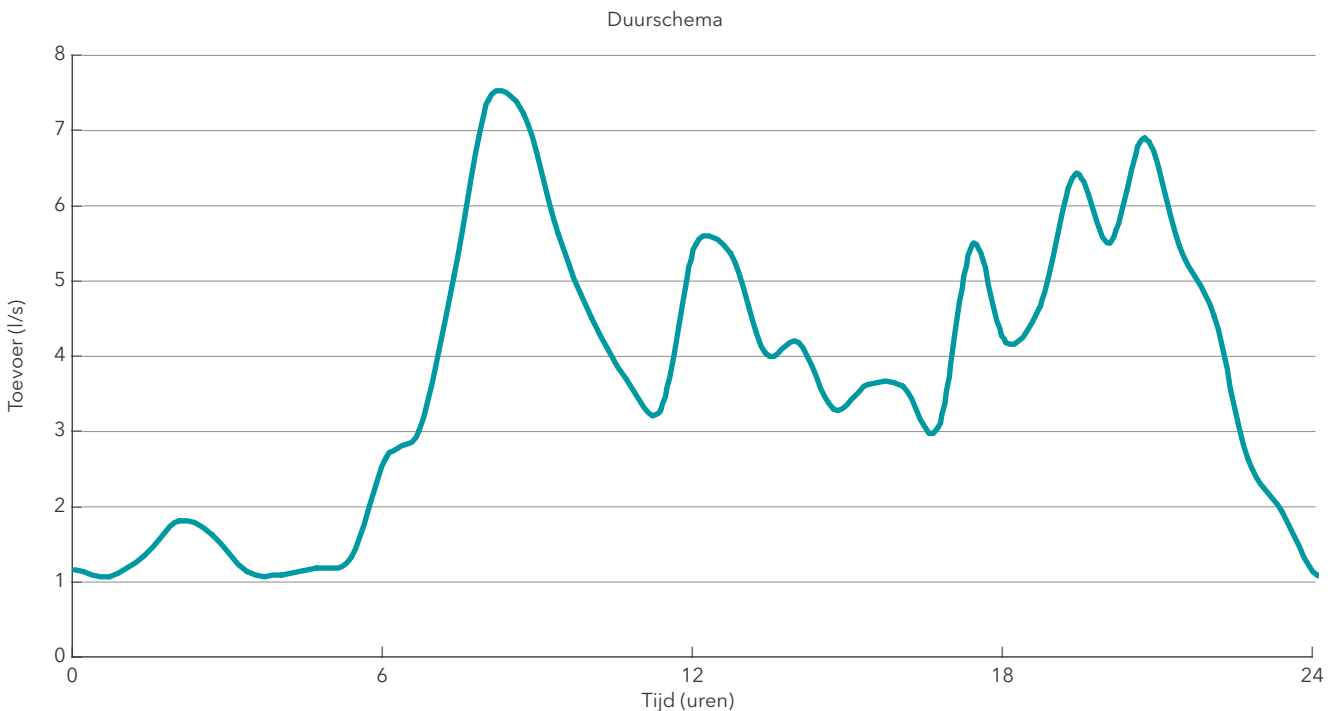
rechts van het beste efficiëntiepunt (BEP) bij vol toerental gekozen worden om een maximale efficiëntie te bereiken als het toerental afneemt.

Voor het bepalen van de optimale prestaties van een gebruikelijk pompsysteem met toerenregeling is een analyse van de pompcurven vereist (afbeelding 9). De blauwe plots tonen drie verschillende curven voor pompsystemen S1, S2 en S3.

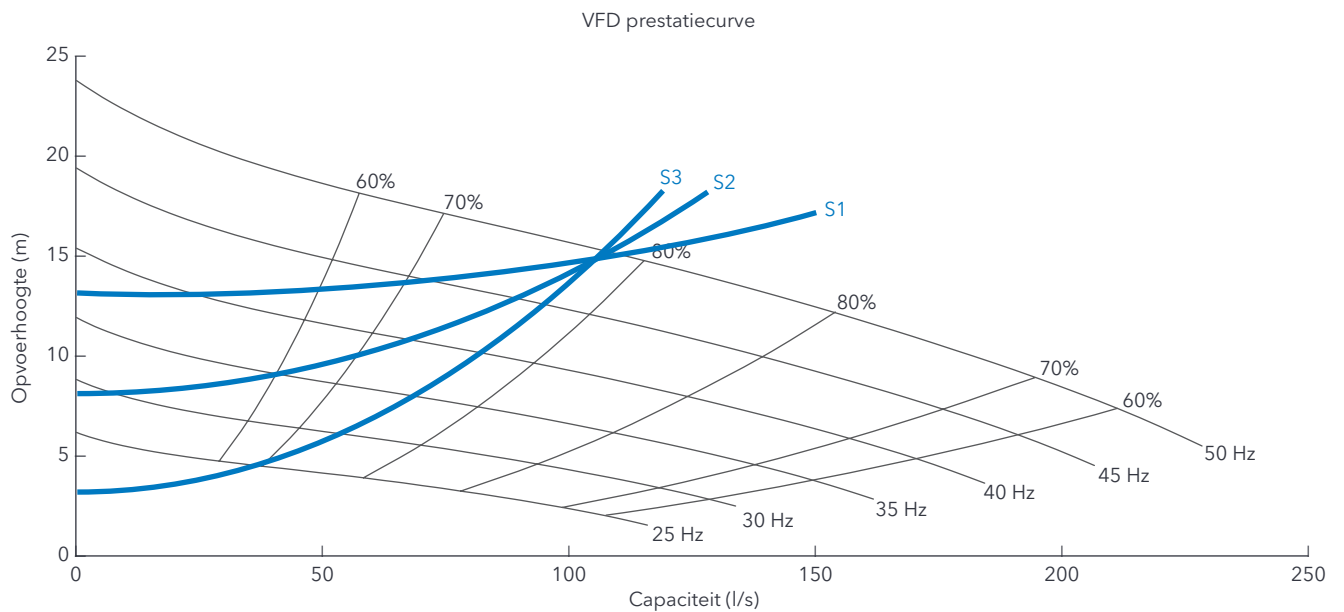
Pompsysteem S1: Deze systeemcurve stelt een liftsysteem voor omdat de statische hoogte groter is dan de wrijvingsverliezen. De mogelijkheid tot energiebesparing door de toerenregeling in liftsystemen is klein, omdat de pompefficiëntie sneller afneemt dan de totale opvoerhoogtevermindering als het pomptoerental afneemt.

Pompsysteem S2: Dit systeem heeft meer mogelijkheden voor energiebesparing dan S1 omdat de totale opvoerhoogte sneller afneemt dan de efficiëntie bij het afnemen van het pomptoerental.

Pompsysteem S3: Dit is primair een circulatiesysteem (weinig of geen statische opvoerhoogte). Hier is de mogelijkheid tot energiebesparing het grootste omdat de efficiëntie van het pompsysteem constant is terwijl de totale opvoerhoogte afneemt naarmate het pomptoerental afneemt.



Afbeelding 8: een diagram van de duur van een vuilwatercapaciteit toont de toevoer als een functie van de tijd.



Afbeelding 9: Mogelijke energiebesparingen zijn afhankelijk van de systeemcurve en de pompcurve.

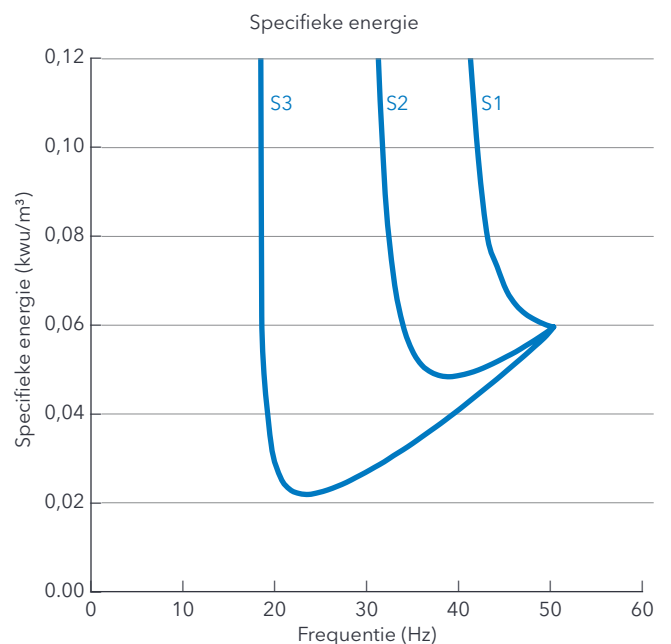
Het energieverbruik beperken

Specifieke energie voor een bepaald systeem varieert met het pomptoeental. Het optimale toerental vanuit het oogpunt van energiebesparing is wanneer de pomp met de frequentie draait die overeenkomt met de minimale specifieke energie (zie afbeelding 10).

De optimale frequentie is afhankelijk van verschillende factoren. Deze omvatten de prestatiecurve van de pomp en de systeemcurve die samen verschillende specifieke energiecurven genereren. Het optimale toerental voor bijvoorbeeld systeemcurve S3 is ongeveer 23 Hz bij het gebruik van de tweede formule en afbeelding 10.

Het is een uitdaging om de optimale frequentie te bepalen bij het gebruik van een pomp met variabele toerentallen. Een manier om het optimale toerental te bepalen, is door middel van een parameter. Intelligente pompbesturingen zoals de Flygt SmartRun beschikken over parameters die zorgen voor een automatische optimalisatie van het toerental voor een minimaal energieverbruik. De Flygt SmartRun gebruikt een herhaalproces voor het bepalen van het optimale toerental en past zich aan systeemwijzigingen aan zoals beperkte pompprestaties of meer aanslag in de persleiding.

Het uitvoeren van een theoretisch onderzoek van het pompsysteem is een andere manier om de optimale frequentie te bepalen. Maar deze benadering kent nadelen, zoals de mogelijkheid dat na verloop van tijd wijzigingen aan het systeem plaatsvinden. Deze berekeningen voor pompsystemen zijn op zijn best onnauwkeurig of onmogelijk als gevolg van een gebrek aan documentatie over het leidingensysteem.



Afbeelding 10: Verschillende systeemcurves leveren verschillende specifieke energiecurven op. Het pomptoeental met minimale energie bevindt zich op het laagste punt van de curven.

Niveauregeling pompput

Aan/uit-regeling

Pompstations met pompen met een constant toerental werken in een aan/uitmodus met duidelijk gescheiden start- en stopniveaus. De pompen worden gestart en gestopt en zijn zo in staat het toegevoerde te verpompen. Hier werken de pompen op hun beoogde toerental wat de prestaties voor het niet verstopt raken van de pompen bij juist ontwerp mogelijk maakt.

Regeling variabel toerental

Pompen met twee snelheden en pompen met toerentalregeling maken het mogelijk dat het gemaal met pompcapaciteiten werkt die dicht bij de actuele toevoercapaciteit liggen. Een correct afgestelde besturing met toerentalregeling kan leiden tot een lager energieverbruik. In de volgende paragrafen bespreken we de voor- en nadelen van verschillende strategieën voor toerentalregeling.

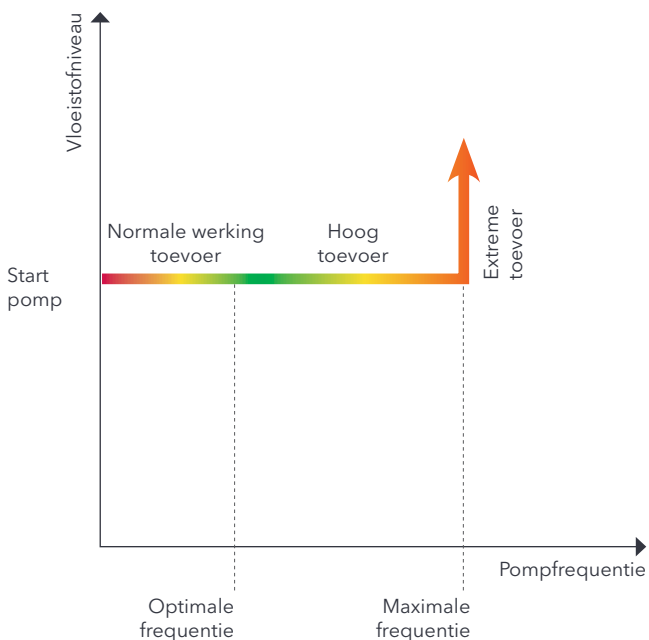
Traditionele regeling constant niveau

De traditionele regelmethode met variabele toerentallen voor vuilwatertoepassing is op constant niveau (afbeelding 11). De regelaar gebruikt het vloeistofniveau als referentiewaarde. Bij een lage toevoer werkt de pomp bij een te laag toerental en daardoor bij een

heel laag rendement, wat tot energieverstopping leidt. In aanvulling hierop neemt het risico voor sedimentatie in de leidingen en de pompput toe. De pomp werkt hier vaak buiten het optimale werkgebied met als gevolg een verhoogde slijtage en een verminderde levensduur. Dat gebeurt als de pomp met een lager toerental draait dan het optimale toerental, ofwel het toerental waarbij het specifieke energieverbruik van de pomp op zijn laagst is. Gedeeltelijk verstopt raken van de pomp zal ook eerder optreden bij niet-zelfreinigende pompen, zoals traditionele gesloten waaier- en vortexpompen.

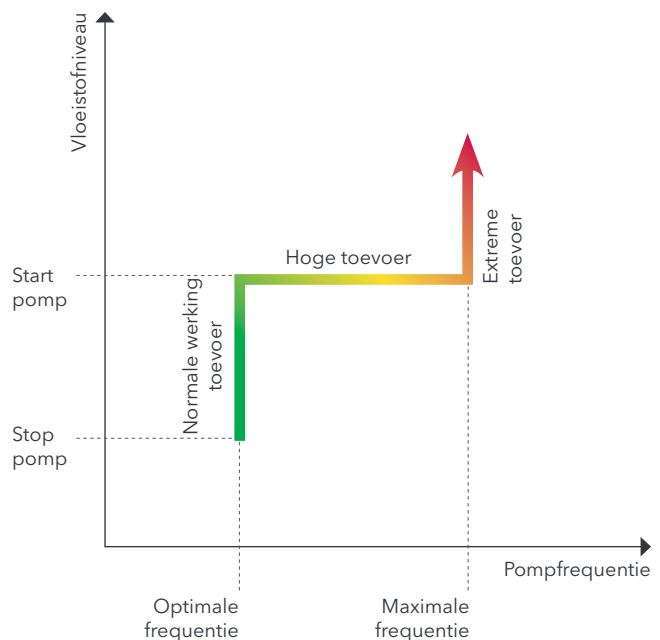
Optimale regeling constant niveau

De meest energie-efficiënte methode voor het bedienen van lage-toerentalpompen is een verlaagd toerental te combineren met een afwisselend vul en ledig bedrijf. Deze methode wordt aangeraden voor vuilwaterpomppstations. Dit elimineert de tijd dat de pomp met een laag toerental onder het optimaal toerental draait. Om een afwisselende werking te bereiken en er voor te zorgen dat de pompen niet te vaak starten en stoppen, is het belangrijk een geschikte afstand in te stellen tussen de start en stop niveaus, waardoor de pompen gedurende een behoorlijke periode kunnen werken met een toerental voor minimum energieverbruik. Als de moderne regeling voor constant niveau wordt gebruikt als regeltechnologie, is het nodig om de



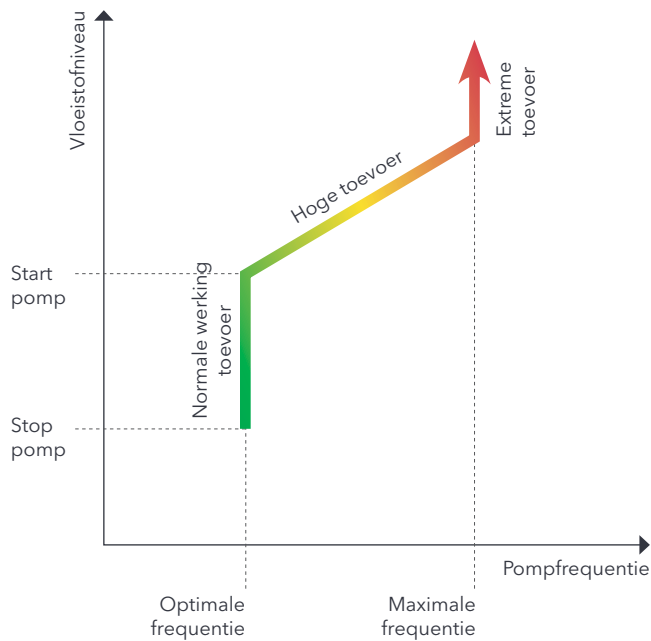
Afbeelding 11: Traditionele regeling op constant niveau.

- Normale toevoer: werking bij een te lage frequentie.
- Hoge toevoer: de frequentie wordt geregeld om de gepompte stroom gelijk te houden aan de toevoer.
- Extreme toevoer: werking bij maximaal toerental kan de toevoer niet verwerken (Groen geeft de werking aan bij een lage specifieke energie en rood geeft de werking aan met een hoge specifieke energie).



Afbeelding 12: Regeling op optimaal constant niveau.

- Normale toevoer: afwisselende vulling en lediging bij optimaal toerental.
- Hoge toevoer: de frequentie wordt geregeld om de gepompte capaciteit gelijk te houden aan de toevoer.
- Extreme toevoer: werking bij maximaal toerental kan de toevoer niet verwerken.



Afbeelding 13: Regeling variabel niveau.

- Normale toevoer: werking aan/uit bij optimale frequentie.
- Hoge toevoer: de frequentie neemt lineair toe met het waterniveau tot de gepompte capaciteit gelijk is aan de toevoer.
- Extreme toevoer: werking bij maximaal toerental kan de toevoer niet verwerken.

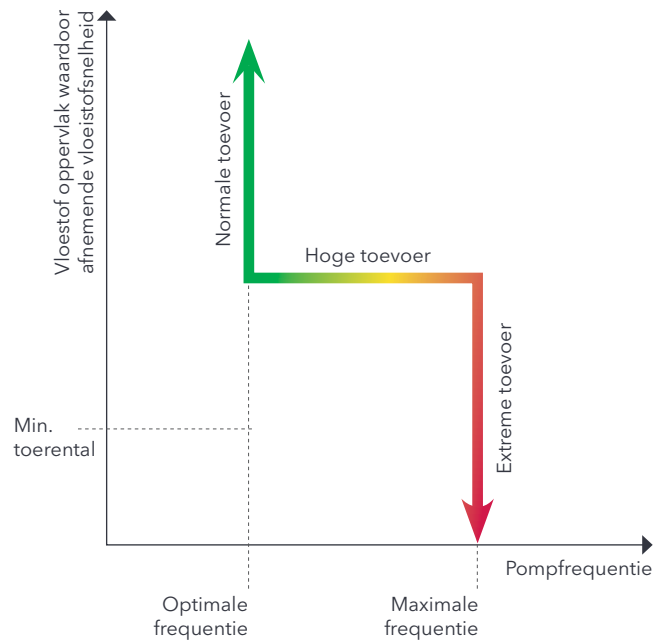
minimale frequentie in te stellen als optimale frequentie om zowel de energiebesparingen en de operationele betrouwbaarheid te maximaliseren. Dit regelschema is afgebeeld in afbeelding 12.

Regeling variabel niveau

Een andere veelgebruikte methode voor het bedienen van vuilwaterpompen is een variabele niveauregeling (afbeelding 13). Het voordeel is hier dat de toevoer in de pompput gebufferd kan worden, wat een vloeiender gepompte capaciteit oplevert. Met deze bedieningsmethode is het pomptoerental een functie van het vloeistofniveau in de pompput. Vergeleken met de regeling constant niveau is de regeling variabel niveau een zachtere bedieningsstrategie die helpt bij het afvlakken van kortere toevoerpieken.

Regeling minimale capaciteit

Een vierde bedieningsmethode is gebaseerd op het gebruik van de tijd-afgeleide van het vloeistofniveau in de pompput (vloeistofsnelheid). Dit omvat het instellen van een minimum capaciteit die er voor zorgt dat het toerental van de verlaging van het vloeistofniveau is ingesteld op een minimum toerental. Als het vloeistofniveau niet met



Afbeelding 14: minimum capaciteitsbeheer

- Normale toevoer: aan/uit bedrijf bij optimale frequentie.
- Hoge toevoer: de frequentie neemt toe om te garanderen dat het vloeistofniveau zakt bij een nog mogelijk minimale vloeistofsnelheid
- Extreme toevoer: werking bij maximaal toerental zal de vloeistofsnelheid hoger zijn dan de minimum vloeistofsnelheid.

dit gegeven toerental afneemt, neemt het pomptoerental automatisch toe. Om energie-efficiënt te zijn, mag het toerental niet lager worden dan het optimale toerental ook als het vloeistofniveau met een lager toerental daalt. De regeling minimale capaciteit is afgebeeld in afbeelding 14.

Mechanische aspecten pomp

Omgekeerde draairichting

Lagere toerentallen en een lagere opstart en vertraging van de pomp hebben voordelen voor de mechanische en thermische belasting van de pomp en leidingwerk omdat de krachten op lagers, verbindingen en afdichtingen kleiner worden.

Omgekeerde draairichting van de pomp wordt soms gebruikt als een manier om pompen te ontstoppen. Omkeren van de draairichting van de pompen is mogelijk zonder dat de aansluiting van de waaier mechanisch wordt overbelast wat mechanische schade zou kunnen veroorzaken. Verschillende pompfabrikanten hebben verschillende beperkingen op omkeren van de draairichting.

Hydraulische aspecten pomp

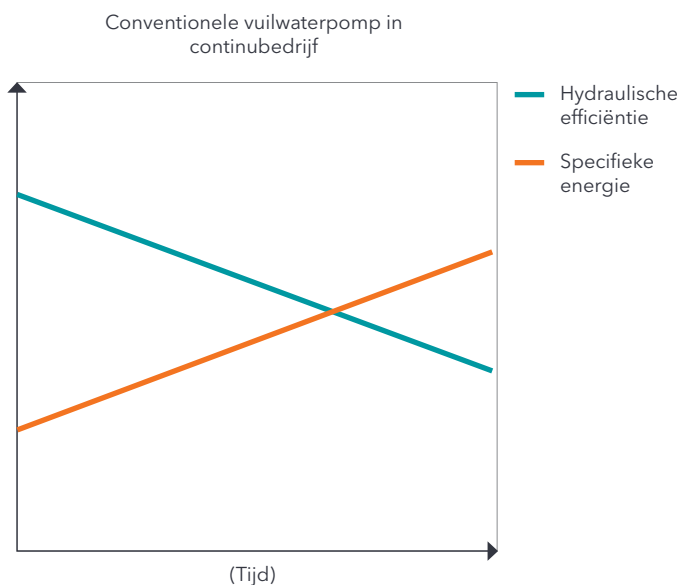
Het hydraulische deel

Pompverstopping is een probleem dat veel voorkomt bij vuilwaterpompen. Het belangrijkste ontwerpcriterium voor een niet-verstoppende pomp is de mogelijkheid om vaste stoffen te transporteren zonder de pomp te verstopen. Verstopping van de waaier en of pomphuis kan geheel of gedeeltelijk zijn. Volledige verstopping

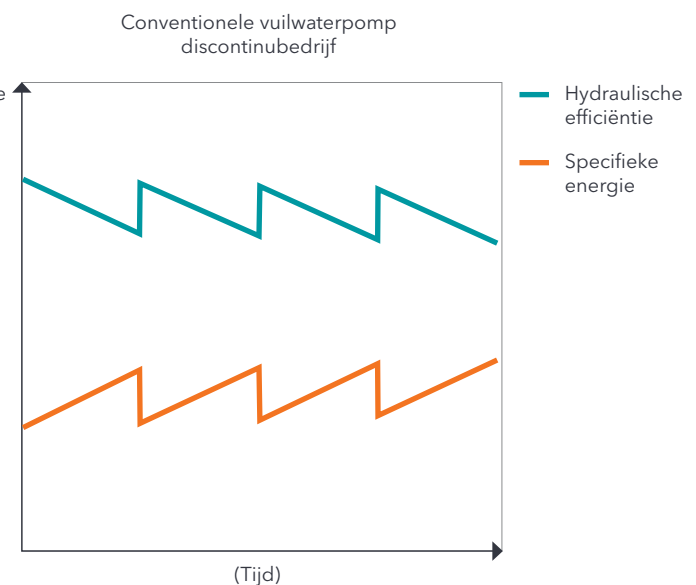
treedt op als de pomp met pompen is gestopt; deze omstandigheid is eenvoudig te detecteren en zeer ongewenst. Een gedeeltelijk verstopte pomp is echter moeilijker te detecteren en vaak wordt dit niet opgemerkt omdat de pomp nog altijd voor capaciteit zorgt, al is deze verminderd. Dat kan lang doorgaan, wat veel energie verbruikt. Als de pomp voortdurend in werking is, loopt de efficiëntie van de pomp langzaam terug tot een niveau dat minder dan de helft is van schoonwater-efficiëntie of nog lager.

De verstopping kan veroorzaakt zijn door vreemde objecten, maar de oorzaak is vaker delen die normaal voorkomen in afvalwater, soms in grotere omvang of zwaardere ophopingen. Er zijn verschillende typen van verstoppingen, wat weer op verschillende manieren de prestaties van de pomp beïnvloedt (druk capaciteit en opgenomen vermogen) afhankelijk van het ontwerp van de pomp.

Conventionele kanaalwaaier vuilwaterpompen, zowel met enkele als meerdere kanalen als ook met vortexwaaiers hebben last van verstopping als gevolg van zachte en vezelachtige voorwerpen die zich op de voorranden of in het midden van de waaier verzamelen. Dit resulteert in een verlaagde pompcapaciteit en een aanzienlijk hoger energieverbruik.



Afbeelding 15: Een conventionele vuilwaterpomp is gedeeltelijk verstopt en de efficiëntie van de pomp loopt na verloop van tijd terug, wat resulteert in een hoger specifiek energiegebruik.



Afbeelding 16: Als een vuilwaterpomp wordt uitgeschakeld, wordt een tegenstroom gegenereerd die de voorste randen van de waaier en het pomphuis spoelt.

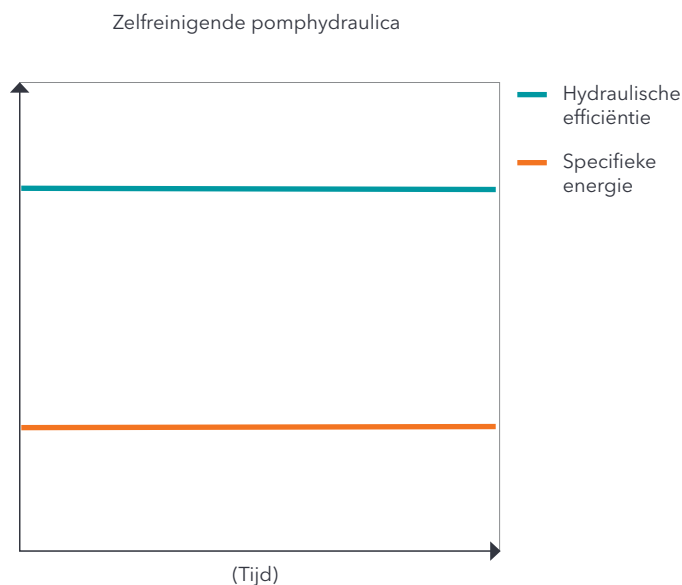
Als de pompcyclus stopt, kan door terugstromen de waaier en pomp schoonspoelen, waardoor de pompefficiëntie gedeeltelijk hersteld wordt. Als een pomp op een lager toerental werkt, is de kans op ophoping van vuil groter omdat de bedrijfscyclus van de pomp langer is en terugstromen door de waaier niet plaatsvindt. Dat is de belangrijkste reden om lange pompcycli te vermijden.

Het meest veeleisende scenario voor vuilwaterpompen is een traditionele niet-verstoppende pomp die aangestuurd wordt door een aandrijving met toerenregeling. De pompbesturingssoftware zal er vaak voor zorgen dat de pomp(en) gedurende lange perioden bij lagere snelheden zullen draaien (uren en dagen). Hierdoor heeft de pomp niet het voordeel van terugstromen dat telkens plaatsvindt als de pomp stopt tijdens een pompcyclus. Het probleem voor de pomp wordt nog versterkt doordat de besturingssoftware vaak geprogrammeerd is voor het uitvoeren van een "zachte stop" in aanvulling op een "zachte start". Dat betekent dat het pomptoerental langzaam daalt tot de pomp stopt. Het gevolg is dat er geen retourstroom wordt gegenereerd zoals bij de harde stop, en dat de pomp minder kans heeft op het herwinnen van de oorspronkelijke efficiëntie.

Voor pompen met zelfreinigende pomphydraulica die nu ruim 10 jaar op de markt zijn, is de kans op het ophopen van afval heel klein. Dat komt door het hydraulische ontwerp met extreem teruggedraaide voorranden, een vuilverdrijvingsgroef en ook andere hydraulische en mechanische aanvullingen.

Het zelfreinigende mechanisme blijft constant en is onafhankelijk van capaciteit en toerental. Daarom geldt dat zolang het werkpunt binnen het toegestane bereik van de pomp blijft, een zelfreinigende pomp overweg kan met lagere toerentallen, zelfs tot 50% van het volledige toerental, zonder dat de kans op verstopping toeneemt. Dit levert een blijvende hoge efficiëntie op.

In de zeldzame gevallen waarbij een vreemd voorwerp voor een volledige blokkering van de pomp zorgt, kan deze blokkering automatisch worden verwijderd door een pompreinigingscyclus te starten via de pompregelbaar. Intelligente pompbesturingen kunnen deze automatische pompreinigingscyclus automatisch uitvoeren. Tijdens het reinigen van de pomp wordt de waaier gemanipuleerd totdat deze vrij is van het opgehoopte materiaal.



Afbeelding 17: Flygt N-pompen beschikken over mechanische zelfreiniging wat betekent dat de voorste randen schoon blijven en dat het rendement op een hoog niveau gehandhaafd blijft.

Conclusie

Bij pompbedrijf met toerentalregeling is het noodzakelijk om rekening te houden met de systeemcurve, de verpompte media, het type pomp, de regelmethode en de proceseisen om betrouwbaar pompbedrijf te bereiken met een hoog totaal rendement. Pompbedrijf met toerentalregeling kan leiden tot een betere procesbesturing, energiebesparingen, een soepeler werking en verlaagde onderhoudskosten voor het pompstation **als dit goed wordt toegepast**.

Het gebruik van een standaard aandrijving voor pompen met toerentalregeling bij vuilwatertoepassingen vereist veel ontwerpen, onderzoek en implementatie van het juiste besturingsparameters voor vuilwater.

Sommige aandrijvingen zijn voorgeprogrammeerd voor het aansturen van pompen met parameters voor

diverse pomptoepassingen. Deze aandrijvingen moeten desondanks worden ingesteld en zijn niet ontworpen voor de specifieke toepassing.

Toepassings specifieke intelligente vuilwaterbesturingen die voorgeprogrammeerd zijn met geavanceerde parameters en die vooraf zijn ingesteld om te zorgen voor een betrouwbaar pompen van vuil afvalwater en een eenvoudige inbedrijfname komen nu pas op de markt. Deze apparaten verhogen de betrouwbaarheid van het pompstation en ze zorgen voor het behalen van de berekende energiebesparing. Tevens worden geen overbodige ontwerpen verspild aan het zoeken naar een besturingsparameter op maat voor een algemene toepassing.