



Pumpekurs – prosjektering, drift og vedlikehold	2
Velkommen til pumpekurs.....	3
Innledning	3
Symboler som benyttes i forbindelse med prosessanlegg	4
Pumpeteori	5
Sentrifugalpumpe	5
Valg av pumpetype	6
Valg avpumpe sentrifugalpumpe	6
Byggform sentrifugalpumper	7
Hydroforanlegg	8
Flertrinns sentrifugalpumpe	8
Hetvannssystem.....	9
Pumpestasjoner avløp	9
Tørroppstilte pumpeløsninger i en avløpspumpestasjon	10
Trykkøkingsstasjoner – drikkevannsforsyning	11
Pumpe med magnetkobling	11
Vakuumpumpe (vannringspumpe)	12
Fortrengerpumpe.....	13
Alternative fortrengerpumper	13
Eksenterskrupumpe	14
Mammutpumpe	14
Arkimedes' skrue (skruepumpe)	14
Drift	15
Rengjøring av rørsystem med renseplugg	15
Kapasitetskontroll – beregning av virkningsgrad	16
Tørrkjøring av pumper	16
Pumpens kapasitetskurve og driftspunkt	17
Prosjektering	18
Viktige hensyn i planlegging av pumpearrangement	18
Anskaffelse	19
Kjøpe billig – dyr i drift	19
Arrangement	20
Pumpefundament	20
Materialvalg	21
Oppheng og innfesting av rør	22
Styring, overvåking og strømforsyning	23



Trykkstøtsdemping.....	23
Akseltetninger	24
Flertrinnspumpe og kavitasjon	25
Overtagelse	26
Testing av pumper ved overtagelse	26
Frekvensomformer som strømforsyning	27
Prosjektgjennomføring del 1.....	28
Prosjektering – gjennomføring del 2.....	28
Prosjektering styring og overvåking.....	28
Mulig sugehøyde og pumpens trykk, mengde og arbeid.....	29
Rørmotstand	29
Akseltetninger	30
Akseltetning – innledning	30
01 Mekaniske akseltetninger, alternative løsninger.....	31
02 Alternative tetningsløsninger i pumpe	31
03 Driftsforhold mekaniske akseltetninger.....	32
04 Kjøling av mekanisk akseltetning	32
05 Flettepakning kan erstattes med kassett tetning	33
03 Akseltetninger	33
Pumpemedium, viskositet og aktuelle pumpeløsninger	34
Tilstandsbasert vedlikehold	34
Vedlikeholdssystem	35
Tilstandsbasert vedlikehold	35
Lager og vibrasjonskontroll av roterende utstyr.....	36
Smøring og vedlikehold av pumpelagre.....	36

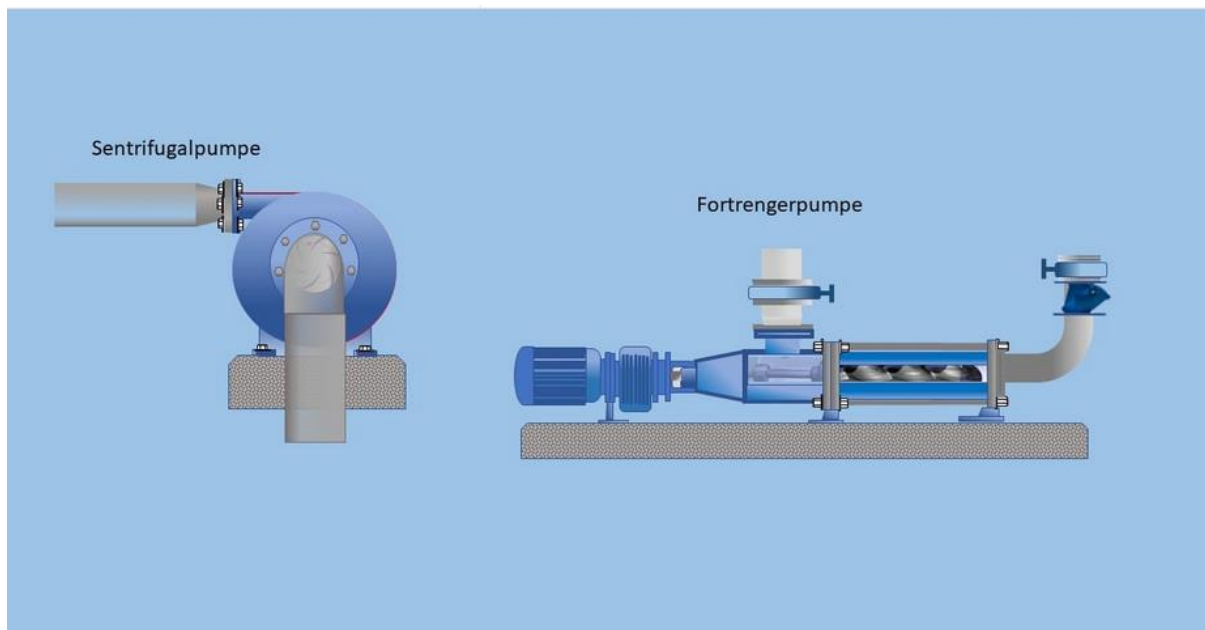
Pumpekurs – prosjektering, drift og vedlikehold

Pumpekurset for personell som har ansvar for planlegging, drift eller vedlikehold av pumpeinstallasjoner. **Kurs kan gjennomføres der du er når det passer deg.** Så snart du har kjøpt kurset i vår butikk får du tilsendt brukernavn og passord slik at du kan starte nettbasert opplæring med tilgang til instruktører på mobil eller e-post. Du blir om ønskelig invitert til oppstart- og oppfølgingssamlinger i teammøter. Kursavgift blir fakturert neste månedsskifte.



Velkommen til pumpekurs

Pumpekurset er for personell som har ansvar for planlegging, drift eller vedlikehold av pumpeinstallasjoner.



Pumpekurset gir kursdeltakerne opplæring i sentrifugal og fortrengerpumpe-teori, men skruepumpe og mammutpumpe inngår også i kurset. Kursdeltakerne vil med dette kunne ivareta forhold knyttet til aktuell rolle innen FDV (Forvaltning Drift og Vedlikehold) forhold i anlegg. Kurs gir med dette innsikt i hvordan du prosjekterer et pumpearrangement, viktige forhold i forbindelse med bestilling, overtagelse, drift og tilstandsbasert vedlikehold. Kurset er basert på kursutvikleres egen kompetanse, men også for stor del gjennom samarbeid med pumpeleverandører.

Kurs har vann, avløp og hetvannsystem som hovedfokus.

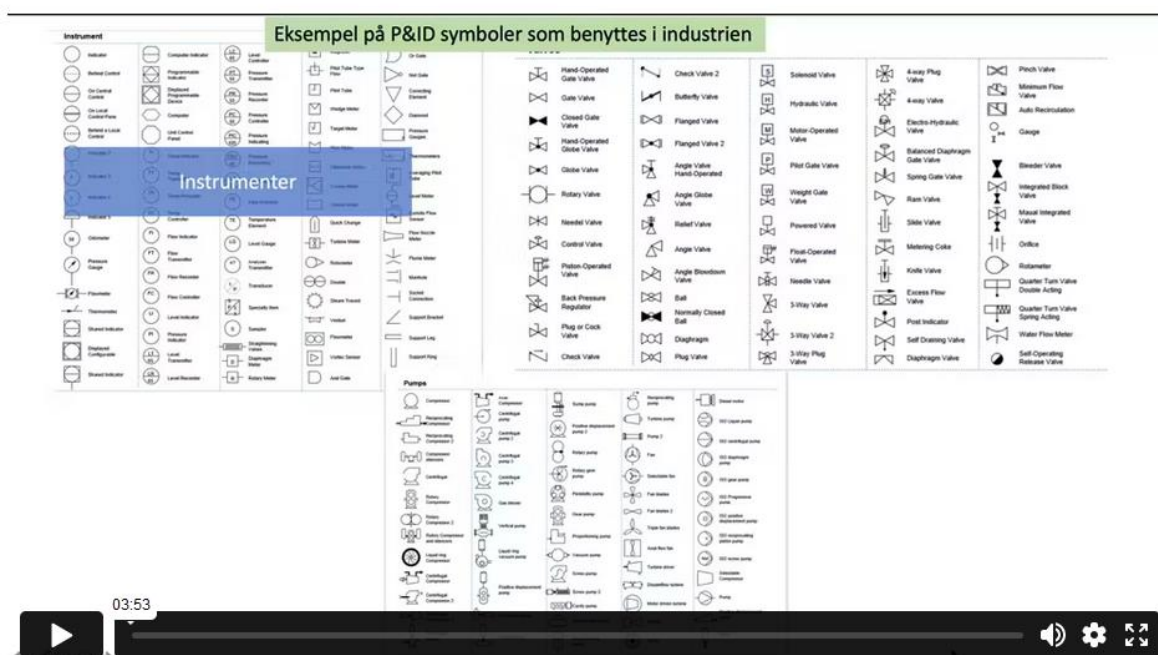
Innledning

Vi presenterer kurset



Symboler som benyttes i forbindelse med prosessanlegg

Det finnes forskjellige standarder som benyttes i forbindelse prosess – flytskjema. Norsk Vann har utarbeidet egen standard for symboler, «Norm for symboler i driftskontrollsystemer for VA-sektoren», mens prosessindustrien benytter andre lignende standarder. Vi ser på alternative standarder samt symboler som benyttes i kurset.



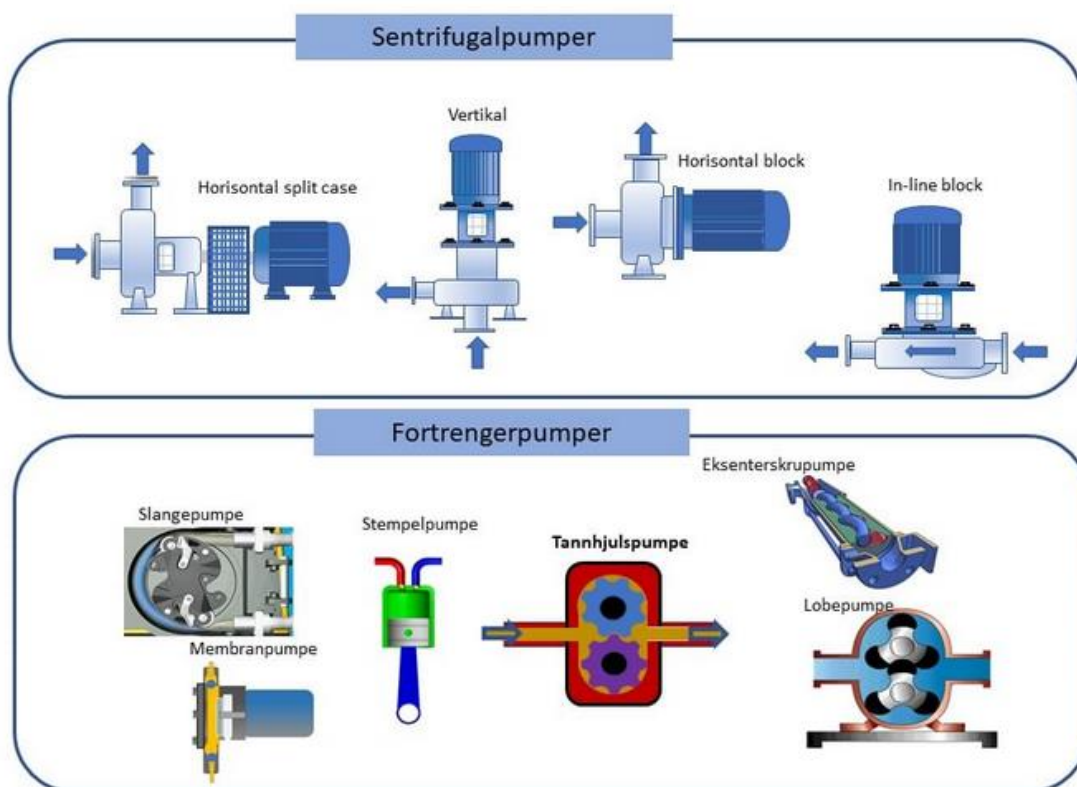


Pumpeteori

Vi har ulike typer utstyr som brukes til å forflytte gasser og væsker. Om vi for eksempel ønsker å flytte en væske fra ett sted til et annet, går ikke dette helt av seg selv. I alle fall ikke om væsken befinner seg på et lavt punkt, og skal flyttes opp til et høyereliggende punkt! Væsker og gasser transporteres vanligvis i rør. Utstyret vi bruker for å få forflytningen til å skje, kalles for pumper (til væsker) og kompressorer (til gasser). Prinsippene for pumper og kompressorer er ganske like.

- Det finnes i hovedsak to ulike typer pumper:
- fortrenningspumpe og sentrifugalpumpe.

Pumpe, maskin som øker væskers trykknivå. Pumper brukes ved væsketransport for de forskjelligste formål. Tilsvarende finnes det mange pumpetyper, tilpasset ulike væsker, volumstrømmer og trykkehøyder.



Sentrifugalpumpe

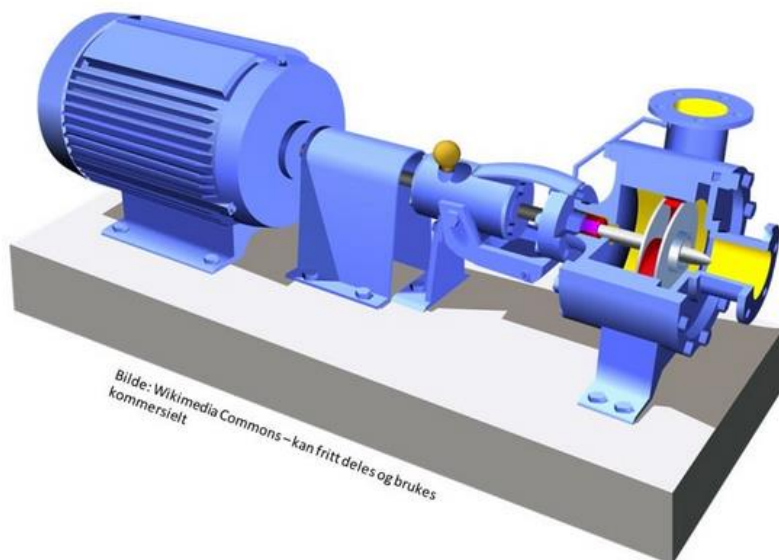
Sentrifugalpumper har fått navnet sitt fordi de bruker sentrifugalkrefter til å øke trykket i væsker. Inne i pumpa er det et løpehjul, som kalles for en impeller. Løpehjul består i prinsippet av mange skråstilte blader, som er montert mellom to sirkelformede skiver. Innløp til pumpe er i senter av løpehjulet, mediet slynges ut til ytterkant av hjulet, trykk øker gjennom løpehjul og ledes videre med pumpehus og påkoblet rørsystem. Sentrifugalpumpe kan leveres med mange forskjellige løpehjul som må tilpasses mediet som skal pumpes.

Praktisk oppgave du kan gjennomføre etter at du har fullført leksjon sentrifugalpumper:

Energiøkonomisk og kapasitetsmessig er det viktig at pumpe opprettholder sin opprinnelige



virkningsgrad. Velg derfor ei eller flere pumper i ditt anlegg der du kontrollerer om virkningsgrad er som forventet i forhold til dokumentasjon.



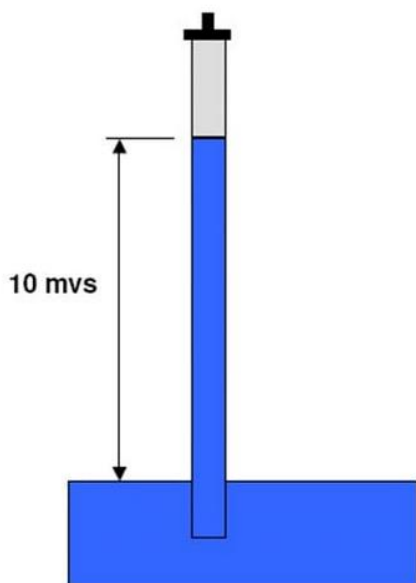
Valg av pumpetype

Valg av pumpe sentrifugalpumpe

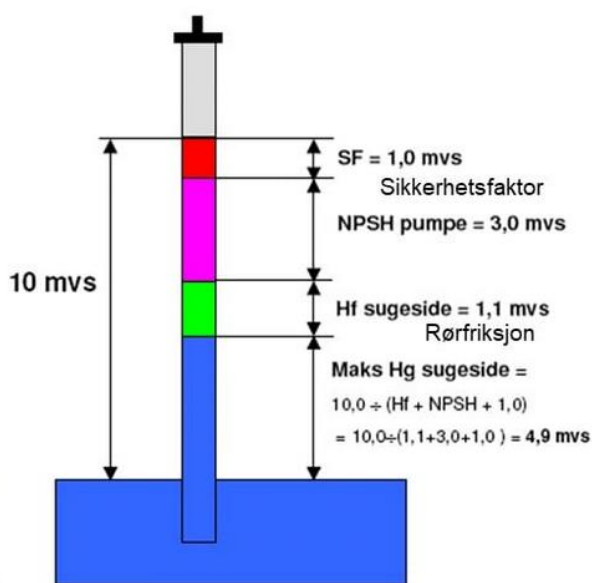
En sentrifugalpumpe er en pumpe som bruker en roterende impeller (løpehjul) for å øke trykket i en væske. Sentrifugalpumper brukes ofte for å transportere væsker i rør, og det er den mest brukte pumpetypen i prosessindustrien. Denne type pumpe er forholdsvis rimelig, og den har stor leveransemengde i forhold til pumpestørrelsen. Sentrifugalpumpe kan arrangeres med sugehøyde, men figur under viser maks praktisk sugehøyde på 4,9 mvs (meter vannsøyle)



Teoretisk sugehøyde:



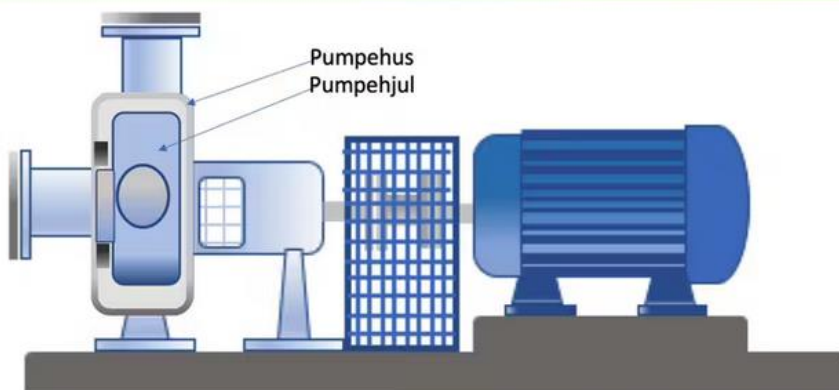
Praktisk sugehøyde:



Pumpekurs

Valg av pumpetype – slitasje som reduserer kapasitet og virkningsgrad

- En og to kanal- pumper kan se like ut
- Vi ser inn i pumpehus
- I innløp til hus er det tette-ring
- På pumpehjul er det en tilsvarende ring som passer inn i innløpshusets tetting
- Viktig at pasning mellom statisk innløpsring og roterende ring på pumpehjul er innenfor aktuell toleranse



Byggform sentrifugalpumper

Vi ser på forskjellige normerte pumpeløsninger som en kan velge tilpasset pumpe arrangement. Noen løsninger krever mindre plass enn andre, men kan ha ulemper sammenlignet med alternative byggformer. Pumpens byggform må velges slik at en oppnår god tilgang til ettersyn og vedlikehold. Det er også viktig at en vurderer behov for løfteinnretninger til bruk ved montering/demontering. Videre må suge og trykkrør arrangeres slik at pumpens dimensjonerte kapasitet ikke påvirkes. For å oppnå god driftssikkerhet er det viktig at pumpe-arrangement monteres iht spesifikasjon. Eventuelle driftsforstyrrelser kan oppstå ved feilaktig montering og vedlikehold.



Hydroforanlegg



Flertrinns sentrifugalpumpe

En sentrifugalpumpe med to eller flere impellere, kalles for en *flertrinns-sentrifugalpumpe*. Impellerne kan være montert på samme aksling, eller på separate akslinger. Hensikten med slike flertrinns-sentrifugalpumper er å produsere tilstrekkelig mengde mot høyt trykk



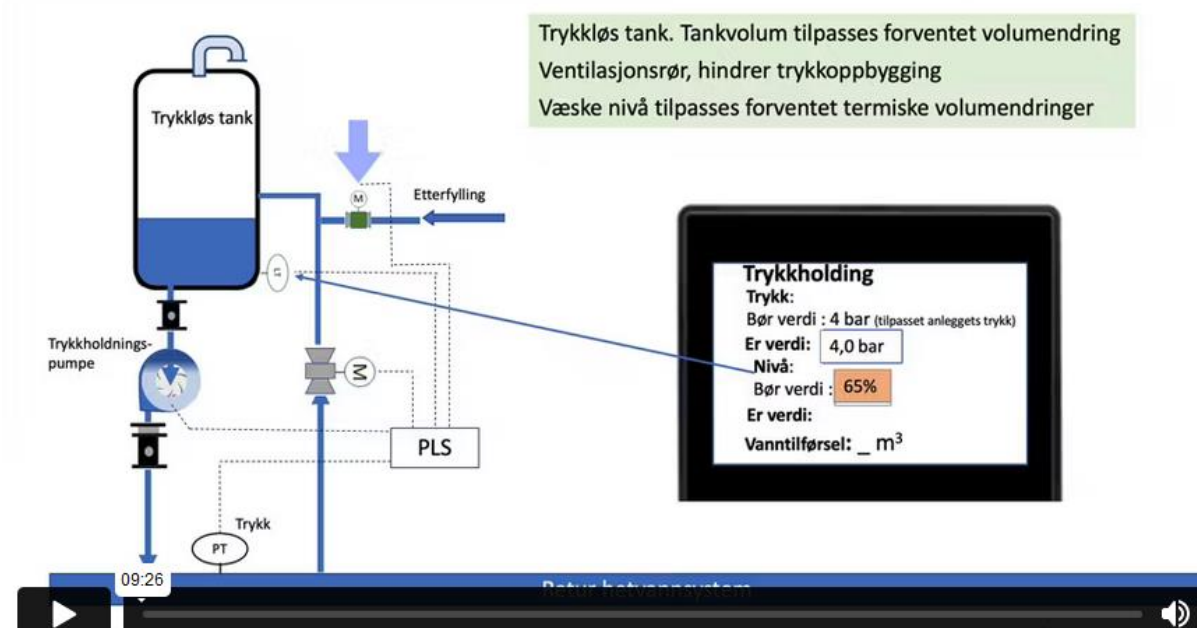
Flertrinnspumpe - demontert



Hetvannssystem

Pumpearrangementer for hetvann har mye til felles med vann og avløppumpearrangementer. I hetvannsanlegg er selvsagt temperaturobestandighet samt innretninger som ivaretar ekspansjon og trykkløst i lukkede systemer spesielt.

Pumpekurs Drift Trykkløst med åpen tank, pumpe og mekanisk ventil

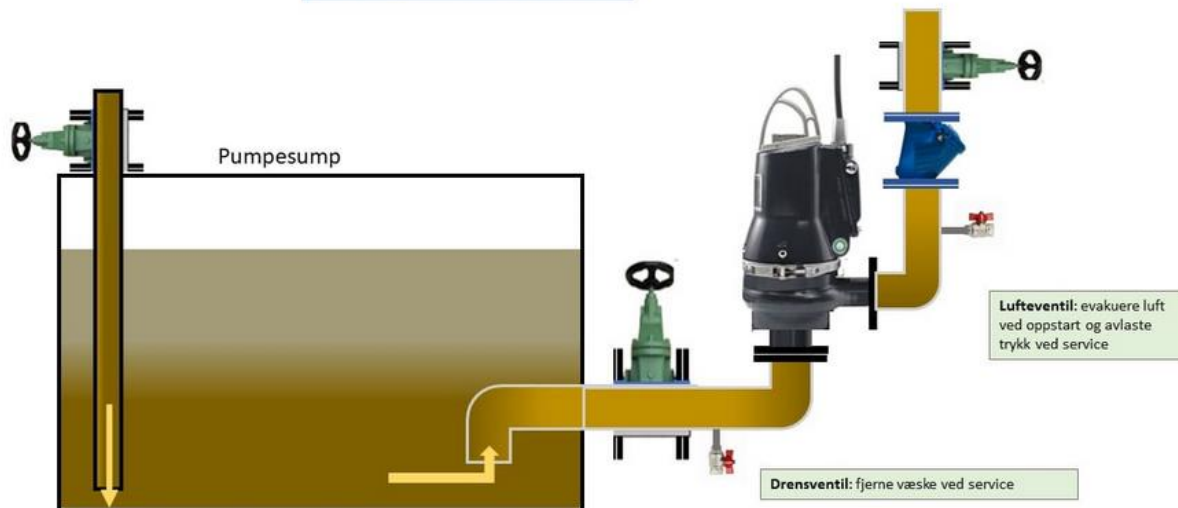


Pumpestasjoner avløp



pumpestasjoner for avløp er det spesielle hensyn som det er viktig å fokusere på. I forhold til HMS er det viktig at en ivaretar et godt innemiljø med tanke eksponering av helseskadelige gasser. I tillegg bør pumpearrangement etableres slik at en ved tilsyn og vedlikehold i mest mulig grad unngår kontakt med avløp.

Tørroppstiltpumpe avløp



Tørroppstilte pumpeløsninger i en avløpsumpestasjon

I et HMS perspektiv har utvikling av tørroppstilte løsninger gjort seg gjeldende de senere årene, dette gjelder spesielt avløpsumpestasjoner. Anleggseiere og leverandører har derfor arbeidet aktivt med løsninger som gjør at en unngår at driftspersonell eksponeres for gasser og andre helseskadelige stoffer i forbindelse med ettersyn og vedlikehold. I følgende videoer viser vi på tørroppstilte løsninger og viktige forhold ved valg av pumpeløsning

Pumpekurs	Drift	Byggeform tørroppstilt dykkpumpe med positivt tilløp	Mottakende
Aktuelle løsninger i avløpsumpestasjoner			
• Akkumulering av slam i bunn av reservoar • Delstrøm fra trykkside av pumpe tilbake til sump • Sekvens: pumpe starter, returspileventil åpner og returfører avløp til sump og skaper omrøring			



Bilde under viser tørroppstilte pumper i en av Lillestrøm kommunes pumpestasjoner. I dette tilfellet benyttes Hidrostatal pumpe som vi omtaler i video “Valg av pumpetype”. I denne installasjonen benyttes vakuumpumpe til å evakuere luft fra sugerør og pumpehus slik vi illustrerer i video over.



Trykkøkingsstasjoner – drikkevannsforsyning

Innen vannforsyning benyttes ofte trykkøkingsstasjoner til å forsyne forskjellige trykksoner med vann. I video besøker vi en trykkøkingsstasjon i Elverum kommune.

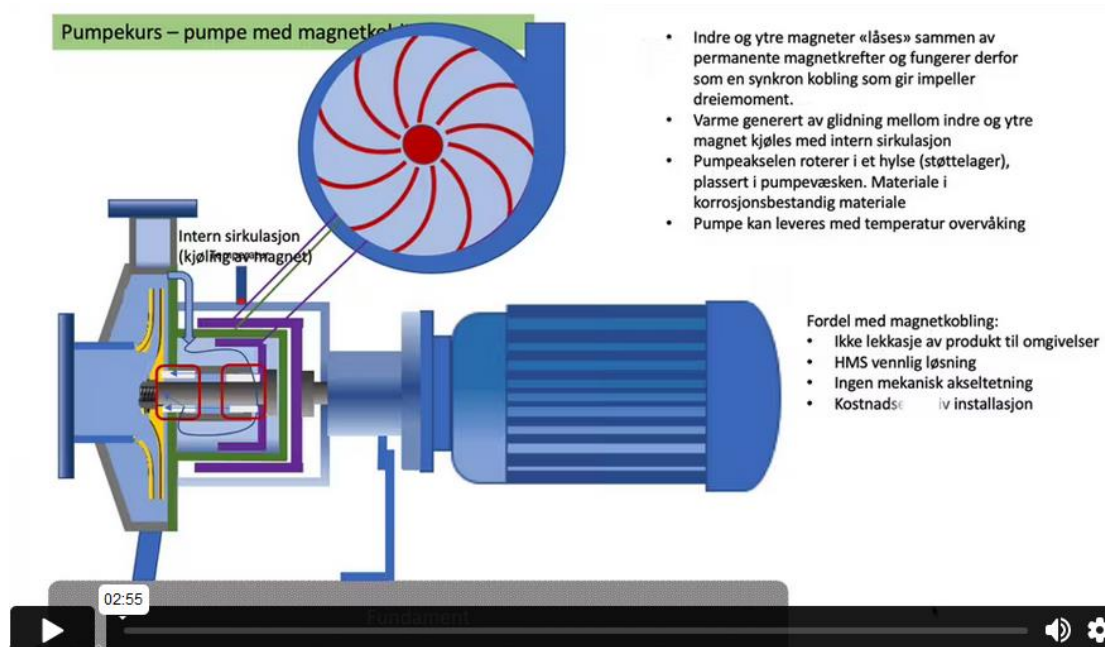


Pumpe med magnetkobling

Magnetkoblede sentrifugalpumper er veldig godt egnet i områder hvor det stilles høye HMS krav og brukes ofte der man ikke ønsker noe utslipp eller lekkasje av pumpemediet. Ypperlig for aggressive medier, enten væsken er ren eller inneholder partikler. Leverandør viser til at det er designet prosesspumper med kapasitet opptil 800 m³/h x 150 mVs.



Eksempel på god erfaring der en har skiftet ut sentrifugalpumpe med akseltetning til fordel for pumpe med magnetkobling. Ved transport av saltløsning i forbindelse med luktreanseanlegg krystalliserte saltløsningen seg mellom tetningsflater, samtidig som klorider førte til korrosjon på syrefast/rustfritt tetnings materiale, slik at tetning ofte måtte skiftes ut. Erfaring viste at pumpe med magnetkobling og innvendig PVC belegg kjørte problemfritt i mange år.



Vakuumpumpe (vannringspumpe)

En **vakuumpumpe** benyttes for å fjerne gassmolekyler fra en lukket beholder, slik at man oppnår et delvis vakuum. I video benyttes vannringspumpe for å redusere trykk i en kondenser i et energianlegg

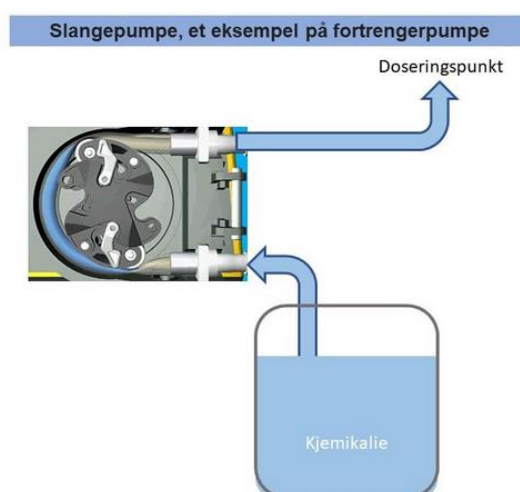
Vannringspumpen er mye brukt fordi de er støysvake, pumper godt og er nesten vedlikeholdsfrie fordi de bruker sentrifugert vann som tetningsmiddel istedenfor gummi eller lavfriksjons materialer. Den har flere bruksområder som for eksempel: opprettholde vakuum i anlegg og den kan også brukes som en kompressor.



Fortrengerpumpe

I tilfeller hvor man har behov for høye trykk men beskjedne mengder, eller man skal pumpe en væske med høy viskositet, bruker man fortrenningspumpe heller enn sentrifugalpumpe. En fortrenningspumpe er en Pumpe som lukker en mengde fluid (gass eller væske) inn i et fast volum, for så å presse dette volumet ut gjennom utløpet av pumpe. Fortrenningspumpe benyttes ofte i forbindelse transport av væske der det er behov for stabil mengde eksempelvis ved mating av oppstrøms sentrifuge eller ved dosering av kjemikalier. Kapasitet, trykk og væskens kjemisk sammensetning har betydning for pumpetype.

Praktisk oppgave etter at du har gjennomført leksjon fortrengerpumper: Dersom du har eksenterskrupumpe i ditt anlegg kan du kontrollere om pumpas tørrkjøringsvern, og/eller at høyt trykk pressostat fungerer. Dersom det ikke er denne type innretninger kan du reflektere over om det bør være det i forhold til ukontrollert høyt trykk i mottakende system



Alternative fortrengerpumper



Pumpekurs **Drift** **Slangepumpe**

Slangepumpe er en type fortrengningspumpe
Pumpe brukes ofte der hvor man har behov for svært nøyaktig dosering.

Det er kun slangen som er i kontakt med væske. Type slange velges i forhold til type væske og trykk.

Rotor med to eller flere ruller trykker mot fleksibel slange, og lukker på denne måten et lite volum inne i slangen. Rullene er festet på en rotor, og den roterende bevegelsen tvinger væsken gjennom røret.

Doseringspunkt

Pumpe har sugeeffekt og kan suge opp væske fra tank

12:51

Eksenterskrupumpe

Vi ser på eksenterskrupumpe oppbygging og alternative arrangement.

Pumpekurs **Installasjon – eksenterskrupumpe**

Spyleslange

Avstengningsventil ventil suge og trykkside

Servicebryter

Tilbakeslagsventil

«Flow switch» benytte som tørrkjøringsvern

Høyt trykk (pressostat) sikrer mot for høyt trykk

Plass rundt pumpe til å utføre service

Flenset rør som kan demonteres og plass til å trekke av stator (i dette tilfeller er en delt stator som

08:25

Spyleren

Mammutpumpe

Mammutpumpen består av et åpent rør som stikkes ned i væsken. Trykkluft på 4–5 kg/cm² presses inn i pumpen nederst, og luft/væskemengden stiger opp som følge av mindre densitet ([tetthet](#)) i forhold til den rene væsken.

Arkimedes' skrue (skruepumpe)

Arkimedes' skrue er en populær pumpeanordning i store deler av verden, da den er en enkel og billig konstruksjon med stor kapasitet og med få deler, som kan gå i stykker. Den krever heller ikke at vannet skal være rent, hvilket de fleste andre pumpetyper krever.



Arkimedes-skrue Eksempel fra MIRA



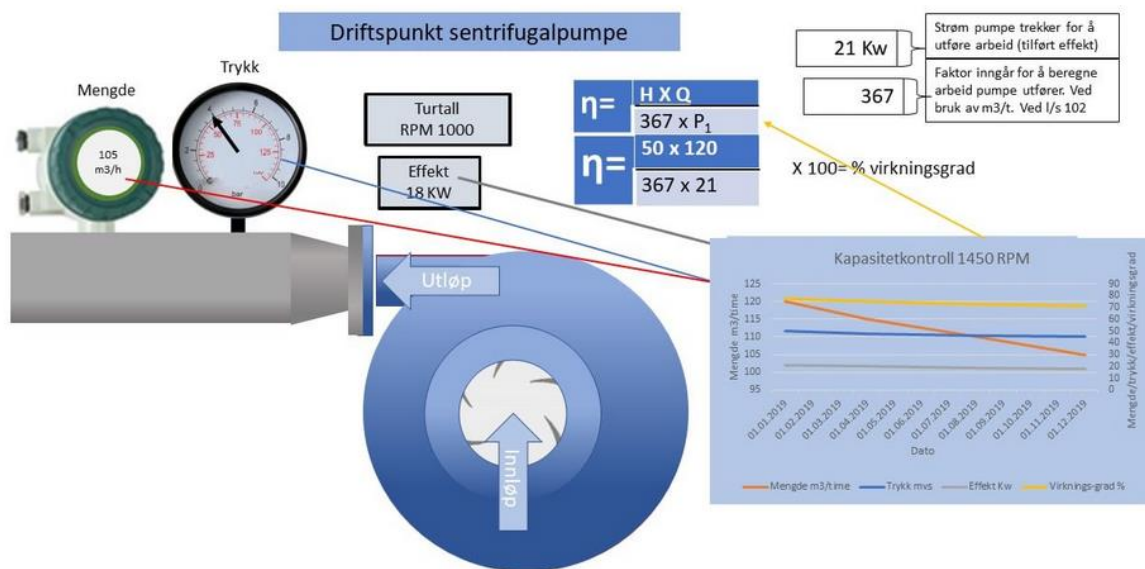
Motorer for skruerpumpene



Drift

I driftsfase er det viktig med overvåking og periodisk tilsyn av pumpesystemer. Ofte er det sammenheng mellom drift og vedlikehold av anlegg. I drift av pumper er det viktig at personell har nødvendig kunnskap til å sikre stabil og økonomisk drift

Praksis oppgave etter at du har fullført leksjon drift: Tørrkjøring av pumpe kan få store konsekvenser, har du i ditt anlegg pumpeinstallasjoner der det kan skje uten sikkerhet med tanke på temperaturovervåking?



Rengjøring av rørsystem med renseplugg

Med pluggkjøring, eller høytrykksspyling og/eller periodisk gjennomspyling med høy hastighet.

Rensing av rørsystem og trykkledninger med renseplugg har blitt mer og mer vanlig. Ofte blir det som er under bakkenivå avglemt eller bortprioritert. Rensing av vannledninger og avløpsrør kan utføres med renseplugg, eller periodisk renses med spylebil. Med periodisk rensing av rørsystem vil du spare strøm ved at belegg innvendig rør fjernes med redusert rørmotstand (løftehøyde) som resultat. I avløp er det sand, grus



ol. En bruker som tommelfingerregel at hastighet i rør bør være mer enn 0,5 meter/sekund for å unngå sedimentering. Ved turtallstyring av pumpe kan hastighet i rør tillates senket under nevnte grense dersom en etablerer for eksempel døgn sekvens der hastighet økes i nødvendig tid for å oppnå gjennomspyling. Ved etablering av pumpesystem er det viktig at en forbereder for valgt rensemetode. Forskjellig type renseplugger.

Distribusjonssystem – rensepluggkjøring

- Renseplugger kjøres i serie inntil vannet er rent og klart i plugguttak (VA Miljøblad nr 4)
- Nyanlegg skal desinfiseres, aktivt klorinnhold på 30 ppm i 24 timer (VA Miljøblad nr 39)
- Klorfjerningsmiddel
- Etter klorfjerningen tas det ut minimum 2 vannprøver for bakteriologisk analyse

08:48 Stikkledninger stenges mens rensing pågår

Abonnement som er påbåret ledningstrekk som rengjøres skal varslas

Det forutsettes at ventiler som plugg skal passere gjennom er sluseventil (fritt gjennomløp)

Kapasitetskontroll – beregning av virkningsgrad

Følgende video er repetisjon fra leksjon prosjektering, men da det av kapasitet og energiøkonomiske grunner er viktig å overvåke og beregner pumpens ytelse og virkningsgrad ved å bruke de tre parameterne mengde, trykk og energiforbruk **gjentar vi tema under drift**

Pumpevirkningsgrad

Virkningsgrad er forholdet mellom avgitt effekt og tilført effekt

Beregne pumpe virkningsgrad, symbol η

- Kjør pumpe fullt turtall
- Les av trykk mvs (differansetrykk over pumpe)
- Les av mengde - m^3/t
- Les av effekt - Kw – tilført pumpe
- Formel beregning av virkningsgrad
- Legg målte verdier inn i formel

10:21

50 mvs

120 m^3/t (33,3 l/s)

21 Kw

367

$Q \text{ m}^3/h$

$\eta = \frac{H \times Q}{P_1}$

$\eta = \frac{367 \times P_1}{50 \times 120}$

$\eta = \frac{367 \times 21}{50 \times 33,3}$

$\eta = 78\%$

Arbeid pumpe utfører (avgitt effekt)

Strøm pumpe trekker for å utføre arbeid (tilført effekt)

Faktor inngår i beregning ved bruk av m^3/t

$\eta = 78\%$

Tørrekjøring av pumper



Tørrkjøring av pumpe kan få katastrofale følger. Funksjonelt vil noe energi tilføres væske i pumpehuset, dersom det ikke sirkulerer væske gjennom pumpehus vil væsketemperatur og med det trykk gradvis stige. Temperatur og trykk kan i neste omgang pumpekonstruksjon kollapse. 1 liter trykksatt vann vil utvide seg 1500 liter damp under atmosfærisk trykk.

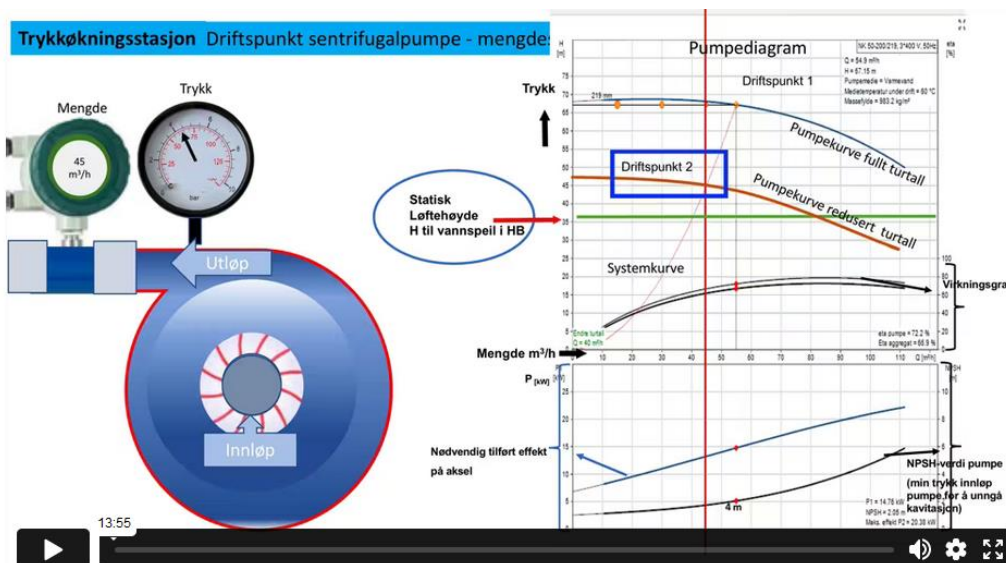
Trykkøkingsstasjon Varsling med temperaturføler



Pumpens kapasitetskurve og driftspunkt

Pumpekarakteristikk viser pumpens løftehøyde (H) som funksjon av vannmengden (Q) ved effekt tilført pumpehjulet. Pumpekarakteristikken kalles derfor også et QH-diagram. Pumper har fallende konstantkarakteristikk, dvs. at løftehøyden avtar med økende vannmengde. I tillegg til løftehøyde (H), er det vanlig at pumpediagrammer også viser virkningsgraden (η) og effektbehovet (P) som funksjon av vannmengden (Q). Frekvensomformer benyttes ofte til å regulere turtall, og dermed mengde, til å strømforsyning av pumper.

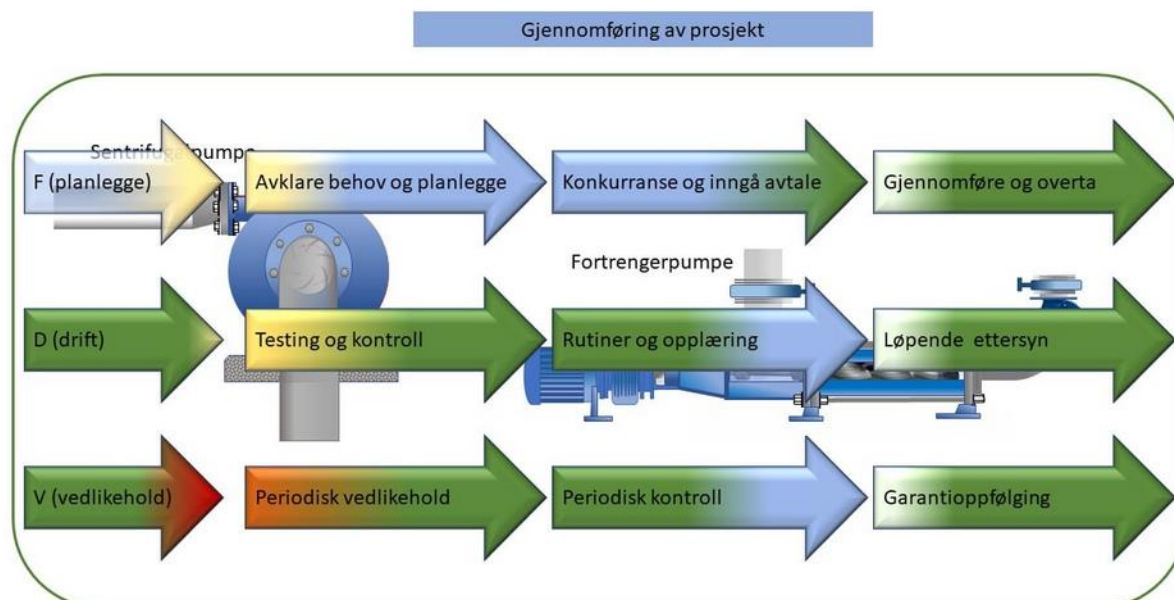
I følgende videoer viser vi først pumpe driftspunkt i forhold kapasitetsdiagram og i neste video går vi inn på forhold som kan påvirke pumpens driftspunkt.



Prosjektering

pumpekurs inngår mange forskjellige temaer i leksjon prosjekt. Dette er viktig for å sikre kunnskap i forbindelse med rehabilitering eller nyetablering av pumpesystemer. I prosjekterings leksjon legges det opp til å gi kursdeltaker nødvendig kompetanse til å planlegge og gjennomføre rehabilitering og utbyggings prosjekter. For å se sammenheng mellom aktuelle emner i kurset og temaer i denne leksjonen er det viktig at kursdeltaker gjennomfører hele kurset før eventuell prosjektering.

Praktisk oppgave etter at du har gjennomført leksjon prosjektering: Har dere etablert et vurderingssystem som ivaretar livsløpskostnader ved anskaffelse av nye pumpesystemer?

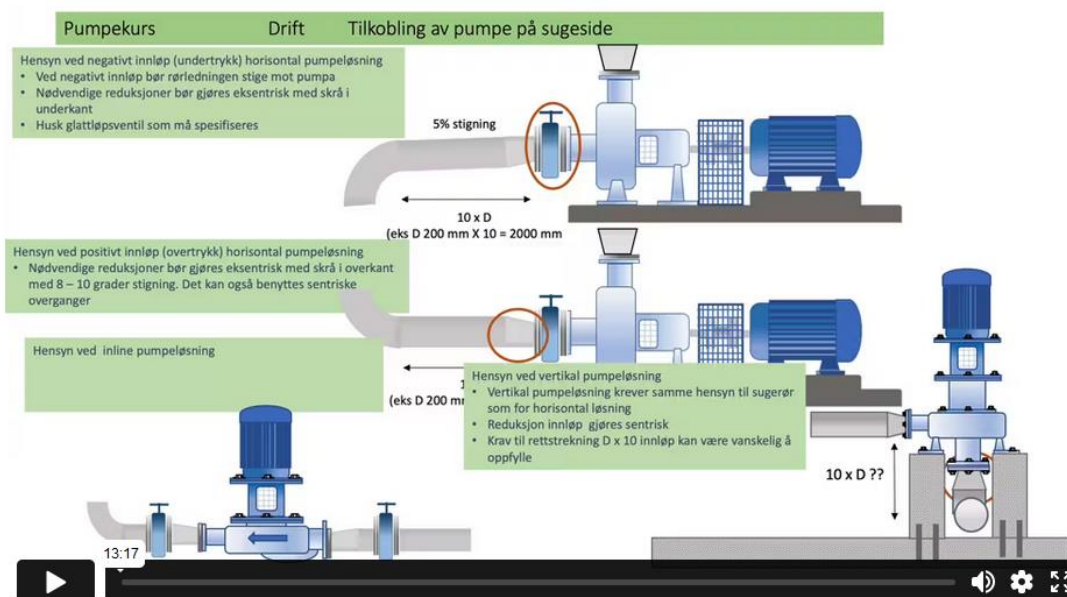


Viktige hensyn i planlegging av pumpearrangement

Viktige forhold i forbindelse med arrangering av pumpesystemer er om det er positivt eller negativt innløp, om det skal velges felles eller separate sugerør, eksentrisk eller sentrisk kon, rettstrekk på sugeside samt rørhastighet.



Pumpekurs – prosjektering, drift og vedlikehold



Anskaffelse

Pumpen er – ved siden av elmotoren – den mest vanlige maskinen i vår hverdag. Vi skiller mellom en rekke pumpetyper avhengig av hvilket bruksområde de skal benyttes til. Ved innkjøp av pumpe med påhengt utstyr er det viktig med en god beskrivelse slik at en får et utstyr som vil fungere i forhold til forventning med tanke på økonomi, pumpetype, pumpearrangement og plassering, funksjon, virkningsgrad og levetid.



Kjøpe billig – dyr i drift

Innkjøpspris er kanskje bare 10 % av kostnadsbilde (toppen av isfjellet)

Fordeling av kostnader er avhengig av hverandre:

- Pumpe bygg-form kan påvirke installasjonskostnader i forhold til rørarrangement, effektforsyning og bygningsmessige forhold
- Eksempel kan lavere virkningsgrad redusere driftsproblemer
- Eksempel kan bygge-form påvirke pris. Eksempel split-case sammenlignet med blokk pumpe

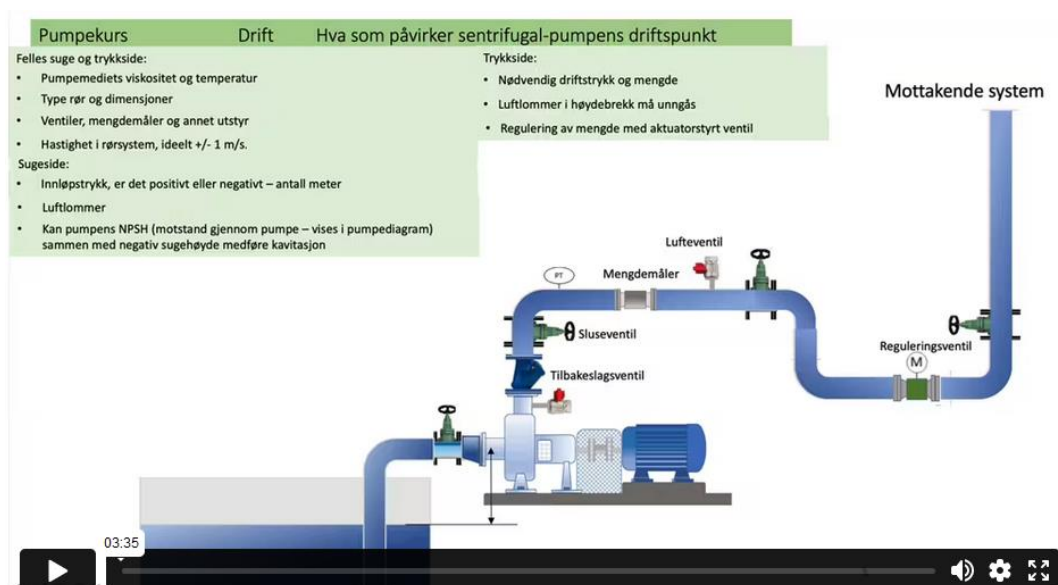


- HMS – forhold er et viktig tema. Tilkøst, støy og krav til service



Arrangement

Pumpesystem med suge/trykkrør og montering av påhengt utstyr må til sammen arrangeres på en måte som hindrer uønsket effekt med tanke på driftsproblemer i forhold til uønsket akkumulering av luftlommer, kavitasjon, virkningsgrad, og andre forhold som hver for seg eller sammen reduserer pumpens virkningsgrad og levetid.

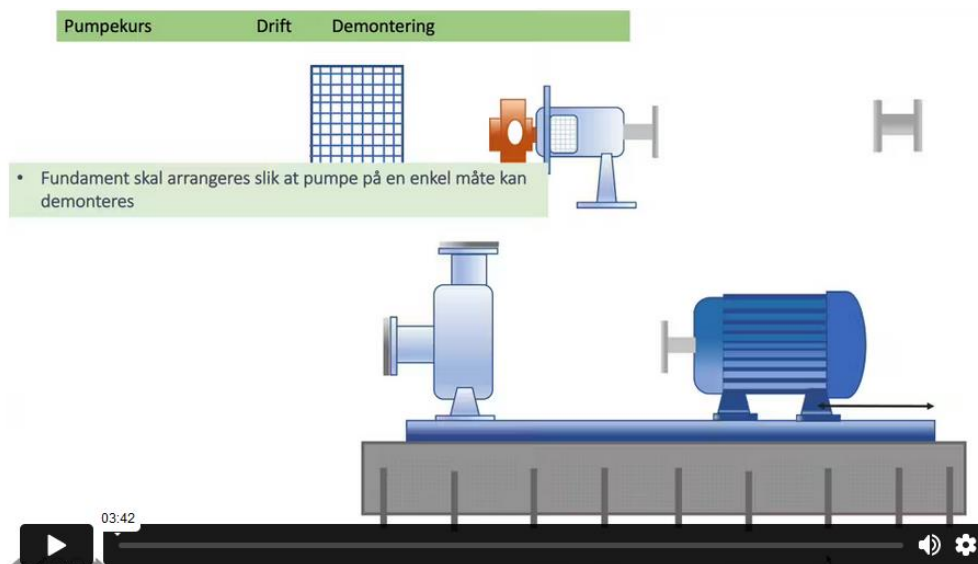


Pumpefundament

Ved montering av pumper, og annet roterende utstyr, er det viktig at produsentspesifikasjon følges. Pumpefundamentet er viktig, og fundamentet har som oppgave å motstå vibrasjoner og absorbere ytre belastninger som hydrauliske laster og klemkrefter fra rørledninger. Pumpefundamentene må være stive og stabile for å opprettholde justering mellom pumpe og motor. For at fundamentet skal oppfylle denne oppgaven, må pumpemotoren være ordentlig festet og justeringen kontrollert nøye. I tillegg må fundamentet arrangeres slik at til/frakopling av rørledninger og montering/demonteringen av pumpe og motor blir muliggjort. Videre at det er



tilrettelagt for drenering av pumpe med påhengt utstyr til sluk/gulv før demontering. Som en tommelfingerregel skal vekt betongfundament være minst 1,5 ganger pumpens vekt. Eksempel på armering av pumpefundament:



Materialvalg

Ved valg av pumpe må materiale i pumpe og påhengt utstyr stå i forhold til mediets fysiske og kjemiske karakter. Skal en sikre seg mot alle mulige forhold kan det gi svært høye installasjonskostnader, valg av materialer i installasjon kan derfor vise seg å bli et kompromiss i forhold til forventet levetid og pris. Eksempelvis kan erosjon eller korrosjons -slitasje på pumpehjul gi ubalanse mens pumpehus ikke er så kritisk i forhold materialvalg. Videre kan forskjellige materialer i pumpe og tilkoblede rør og ventiler gi galvanisk korrosjon. Galvanisk korrosjon er ofte den farligste formen for korrosjon i metallkonstruksjoner, og forekommer når ulike metalleder av en konstruksjon



får ulik elektrokjemisk [spenning](#). Enkelt forklart vil det «simpleste» materiale «ofres» først, og da raskere enn ved like materialsammenkoblinger. Eksempelvis vil det skje hvis man kobler sammen [kobber](#) og [stål](#), en materialkombinasjon der stål ofres først.



Oppheng og innfesting av rør

Utvidelsen som følge av temperatur for rør, er avhengig av start og slutt temperatur på rørene samt utvidelseskoeffisienten for rørets material og den aktuelle temperaturen.

Generelt kan utvidelsen uttrykkes gjennom formelen :

$$l = \alpha L_o dt \quad (1)$$

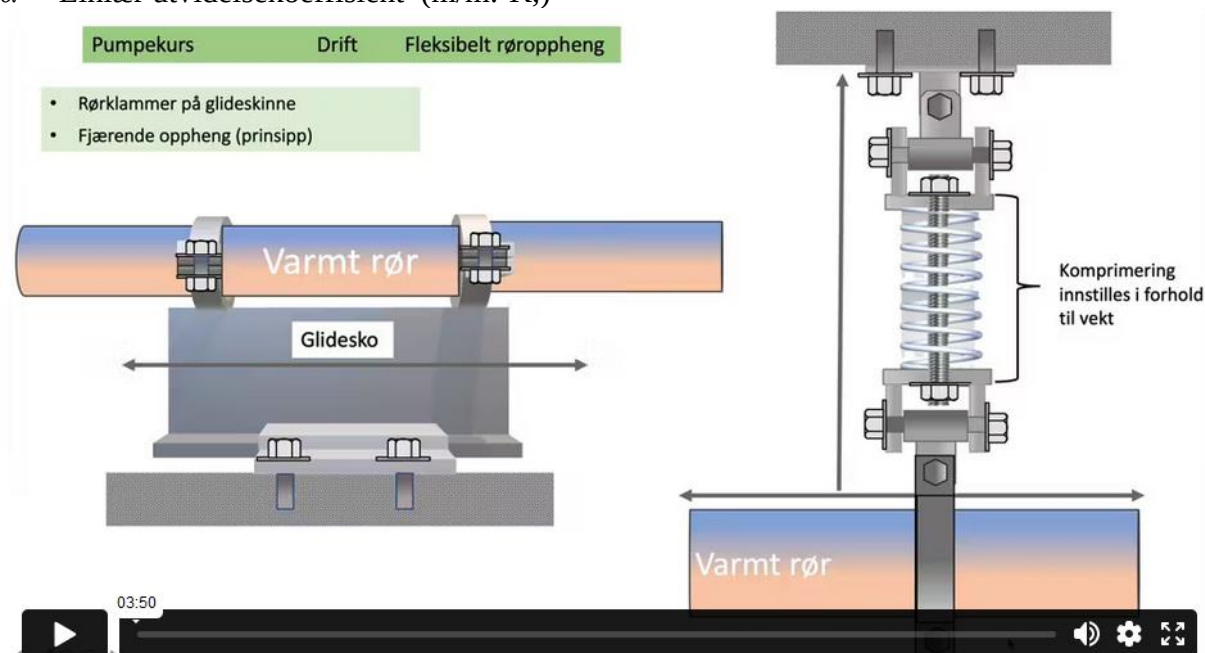
hvor:

dl = utvidelse (m)

L_o = lengde av rør (m)

dt = temperatur forskjell (°C)

α = Linjær utvidelseskoeffisient (m/m.°K,)





Styring, overvåking og strømforsyning

D (Sentral Drift-anlegg eller sentral driftovervåkingsanlegg) og SRO – (styring, regulering og overvåking) – griper i dag inn i nesten alle fag. Derfor må systemene planlegges på en måte som ivaretar grensesnittene.

Distribusjonssystem - Styring og overvåking med bruk av PLS

Operatørgrensesnitt
operatørene kan følge med via skjermssystemet

Mengde

Frekvensomformere

Pumper

Reguleringsventil

Trykktansmitter

10:34

Strømforsyning og styretavle

Lokalt Op panel

Strømforsyning frekvensomformere

Strømforsyning andre komponenter

Styreskap med manuelle brytere

Trykkstøtsdemping

rykkstøt oppstår ved vannhastighetsendringer, f.eks. ved ventilstengninger eller start og stopp av pumper. Trykkbølgen som oppstår kan forårsake store problemer, fra støy og vibrasjoner til rørkollaps eller sammenbrudd i en beholder. Det er mulig å redusere virkningene av trykkslag ved hjelp av for eksempel vindkjel. Et alternativ kan være å montere svinghjul på eventuelle pumper i systemet, slik at vannstrømmen stanser sakte hvis pumpene bråstopper eksempelvis pga strømstans

Vi ser på hvordan en vindkjel fungerer

Trykkøkingsstasjon Trykkstøtsdemping vindkjel

Nivå mottakende system – høydebasseng (HB)

Sikkerhetsventil

Luft inn

Luft

Trykk

Utløp

Trykk

Tilkobling trykkrør etter pumpe

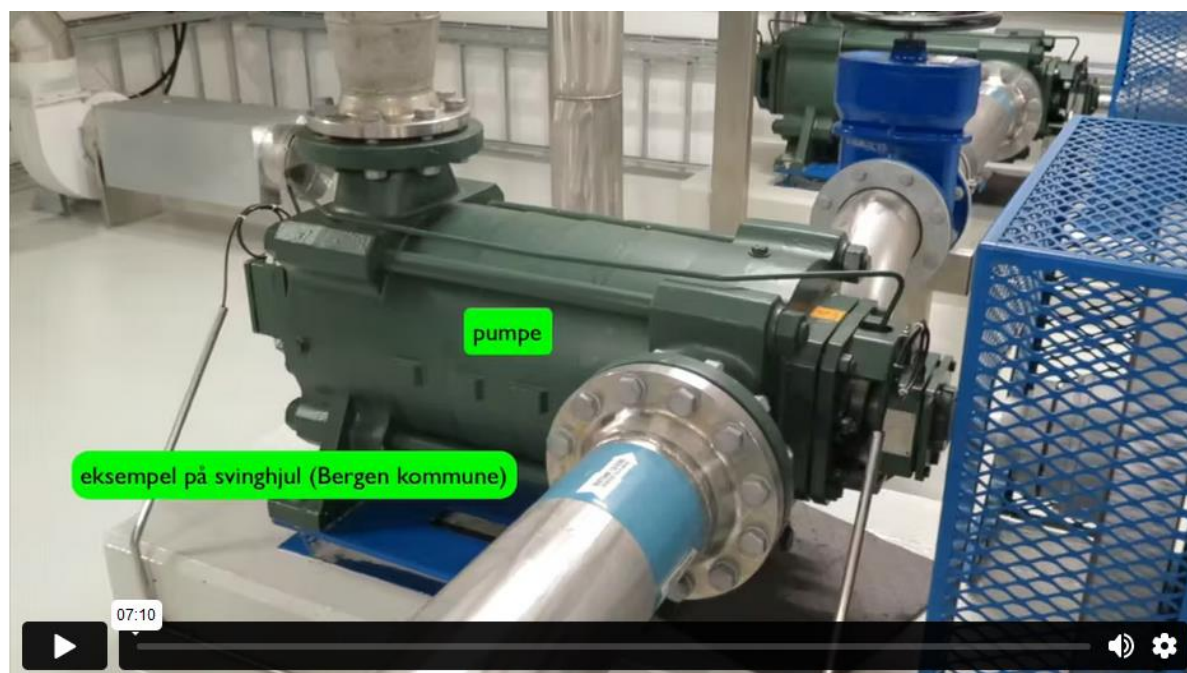
04:40

Vindkjel: Trykkstøt oppstår ved vannhastighetsendringer, f.eks. ved ventilstengninger eller start og stopp av pumper.

- Distribusjonsanlegg med trykkøkning: Pumpe, rørsystem og høydebasseng
- Vindkjel med vannfase og luftpute
- Forbindelse trykkrør og vindkjel
- Nivå i vindkjel styrer etterfylling av luft
- Nivå vannstand
- Sikkerhetsventil for lovpålagt beskyttelse av tank
- Trykk i vindkjel (tilsvarende som på trykkside av pumpe)
- Nivåtransmitter i HB: Start og stopp av pumpe styres av nivå i HB
- Startsekvens – lavt i HB starter pumpe
- Nivå HB stopper pumpe, luftpute i vindkjel komprimeres og ekspanderer
- Nivå i vindkjel, luftpute i vindkjel reduseres over tid



La oss se på effekt av trykkstøt i trykkrør med og uten vindkjel samt alternative trykkstøtsdempende tiltak. Viktig å være klar over at trykkstøt er spesielt kritisk ved strømstans. Vi ser i video at det er bare vindkjel og svinghjul som forebygger mot trykkstør ved strømstans.



Akseltetninger

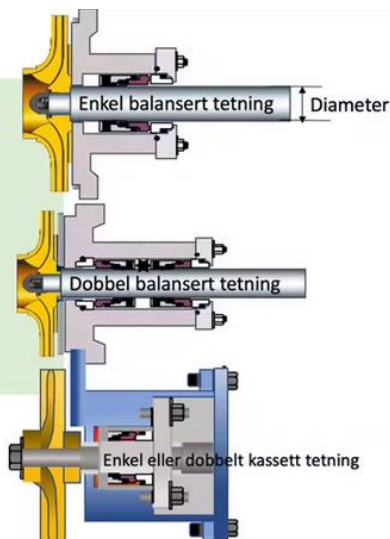
umpens akseltetning blir ofte glemt i forbindelse med prosjektering av pumpesystemer. I video fokuseres det derfor på viktige kriterier i forbindelse mekanisk akseltetning. En kan kanskje forvente at leverandør velger best tilgjengelige tetningsløsning, men slik er det kanskje ikke. Husk at leverandør i utarbeidelse av tilbud skal konkurrere med andre leverandører, dersom ikke forespørsel stiller spesielle krav er det derfor naturlig at leverandør velger tetning som er «god nok» fremfor beste tilgjengelig løsning da det siste vil bety høyere pris.

De fleste pumper er i dag «avtettet» med mekanisk akseltetning for å hindre ukontrollert lekkasje fra pumpehus, langs pumpeaksel og ut i atmosfære. Det finnes mange produsenter og leverandører av akseltetninger. Det er utall løsninger tilpasset pumpetype, hastighet, trykk, temperatur, media og energiforbruk, med det vil en oppleve mange løsninger og prisklasser. Ved kjøp av ny pumpe bør type tetning være tema, da det som nevnt er mange løsninger kan prisforskjell mellom konkurrerende leverandører gjenspeile kvalitetsforskjell. Ny generasjon tetninger utvikler seg i retning av patronløsninger som forenkler montering og utskifting. Det er viktig at kursdeltaker gjennomfører hele kurset, der blant annet emner med akseltetninger inngår, før en begynner med prosjektering.



Akseltetning – valg av løsning

1. Temperatur i medium
2. Type medium –
3. Trykk suge og trykkside
4. Hastighet RPM – er det turtallstyring?
5. Enkel eller dobbel tetning
6. Enkel eller dobbelt kassett tetning?
7. Balansert /ubalansert tetning?
8. Pumpe aksel diameter (D) ?
9. Krav til driftssikkerhet ?
10. Utfordre leverandør på leveringstid, pris og garanti

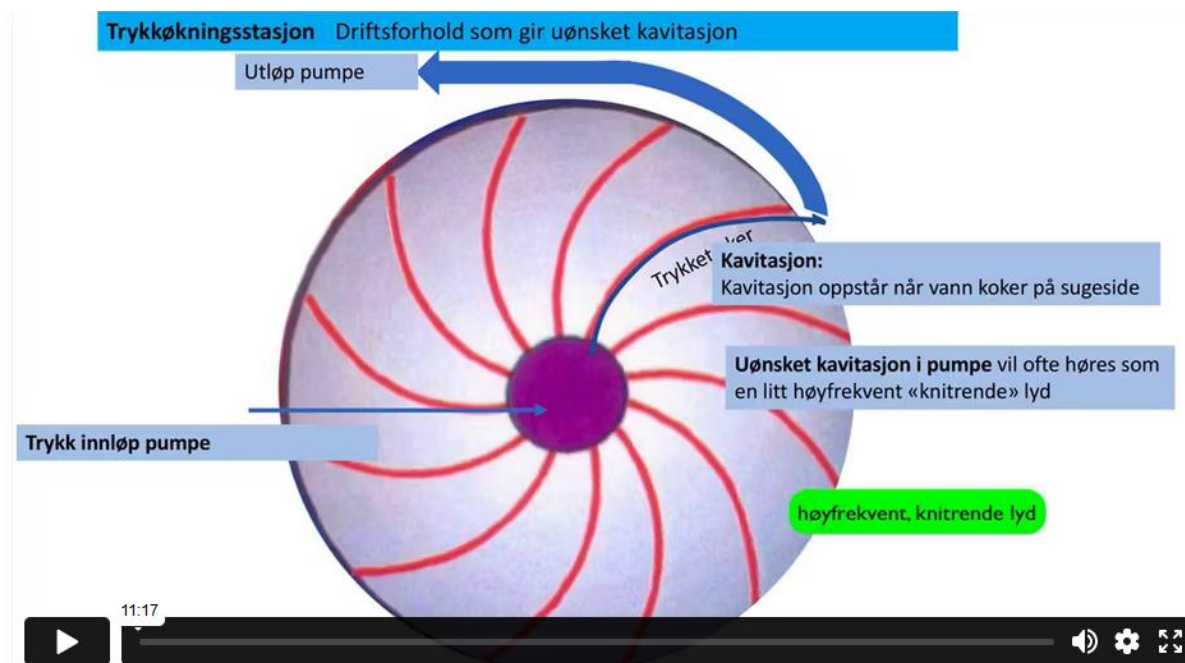


Flertrinnspumpe og kavitasjon

NPSH (Netto Positiv Sugehøyde)

NPSH (nette suge høyde) er særlig relevant inne i pumper og turbiner, som er den delen av et hydraulisk system som er mest utsatt for kavitasjon. Hvis det oppstår kavitasjon vil friksjonen til impellerbladene øke drastisk – kanskje nok til å stoppe væskestrømmen helt – og over tid vil det ødelegge impelleren. En pumpe NPSH er viktig å se på ved valg eller sammenligning av pumper. Høy NPSH kan indikere at eksempelvis leverandør har valgt ei pumpe som ivaretar ønsket kapasitet i øvre kapasitetsområde (et nummer for lita pumpe). Høyt NPSH kan føre til kavitasjon som vises i presentasjon. Videre belyses NPSH i presentasjon «Pumpekurver og driftspunkt».

En sentrifugalpumpe med to eller flere impellere, kalles for en *flertrinns-sentrifugalpumpe*. Impellerne er vanligvis montert på samme aksling. Hensikten med flertrinns-sentrifugalpumper er å produsere ønsket mengde mot høyt trykk



Overtagelse

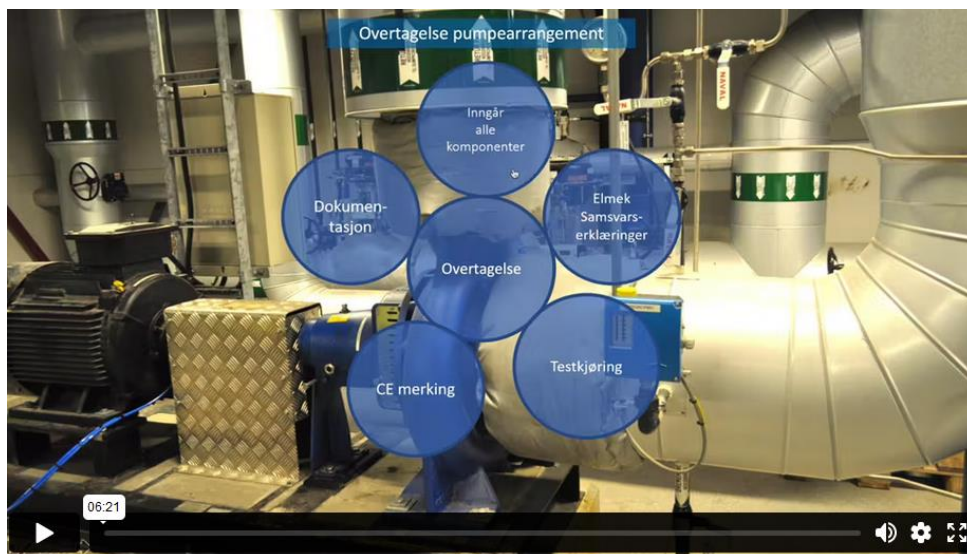
Testing av pumper ved overtagelse

I forbindelse med overtagelse må en forsikre seg om at alt som er avtalt levert inngår. Ved overtagelse av anlegg med mange komponenter anbefales at en bruker P&ID (flytdiagram) til å krysse av at alle komponenter er utlevert.

I overtagelse SKAL FDV dokumentasjon på norsk inngå. Viktig å huske på samsvarserklæringer for elmek arbeid, og eventuell CE dokumentasjon for hele anlegget.

Etabler rutiner for tilsyn og vedlikehold

- Gjennomgå kontrakt for å sikre at alt er levert.
- Restpunkter fra byggemøter skal være lukket, alternativt inngå med ferdigstillingsdato og klargjøring av økonomiske konsekvenser.
- CE merking av sammensatte arrangementer. Entreprenøren skal forsikre seg om utstyret tilfredsstiller kravene i Maskindirektivet EC No. 98/37/EC. Enhver maskin med egen identitet skal være gjenstand for CE merking. Dokumentasjon utstedt av leverandør skal leveres sammen med all dokumentasjon i henhold til Maskindirektivet.
- Testkjøringsprotokoll. Data fra forespørsel dimensjonering må inngå i test.



Frekvensomformer som strømforsyning

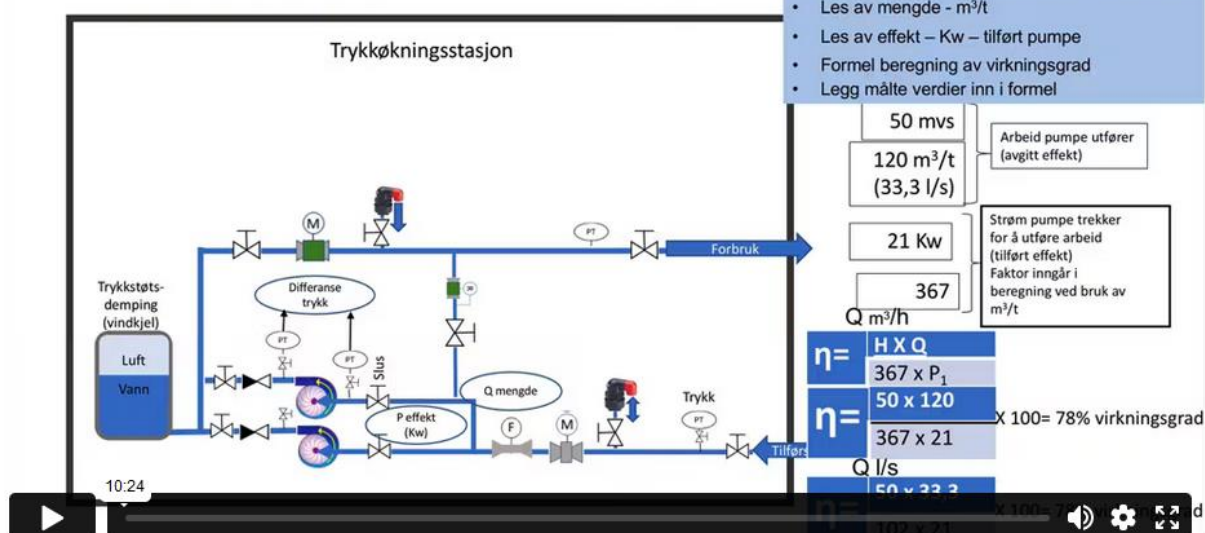
Med frekvensomformer kan du variere pumpens turtall med strømforsyning, og med det kapasitet. Dette gjelder både fortrengerpumper og sentrifugalpumper. Fortrengerpumper gir et volum pr omdreining eller slag, avhengig av hastighet eller slag per minutt vil med det mengde variere tilnærmet linjær (rett linje fra null til maks mengde) i forhold til hastighet eller slag. Sentrifugalpumpe (rotordynamisk) vil også variere mengde i forhold til turtall, men i forhold til ei ikke linjer pumpekurve. Optimalt bør en derfor styre sentrifugalpumpe med mengde eller trykk.

Fordel med turtallsregulering:

- Redusert energibehov
- Mengde tilpasset forbruk eller trykk i mottakende system
- Færre start og stopp av pumper
- NPSH på sugeside av Pumpe varierer i forhold turtall (vækehastighet gjennom Pumpe).

Trykkøkingsstasjon Pumpevirkningsgrad

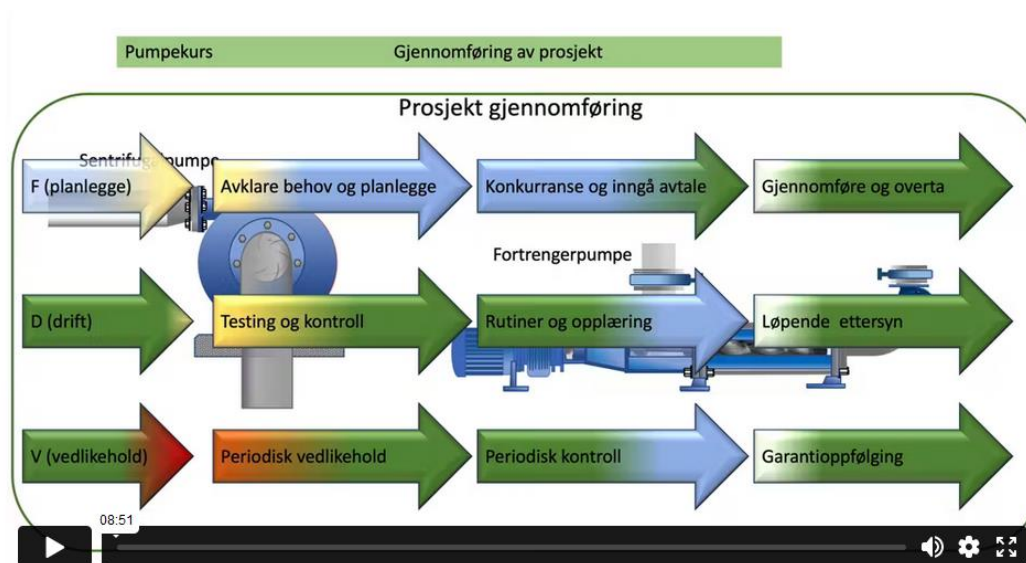
Virkningsgrad er forholdet mellom avgitt effekt og tilført effekt





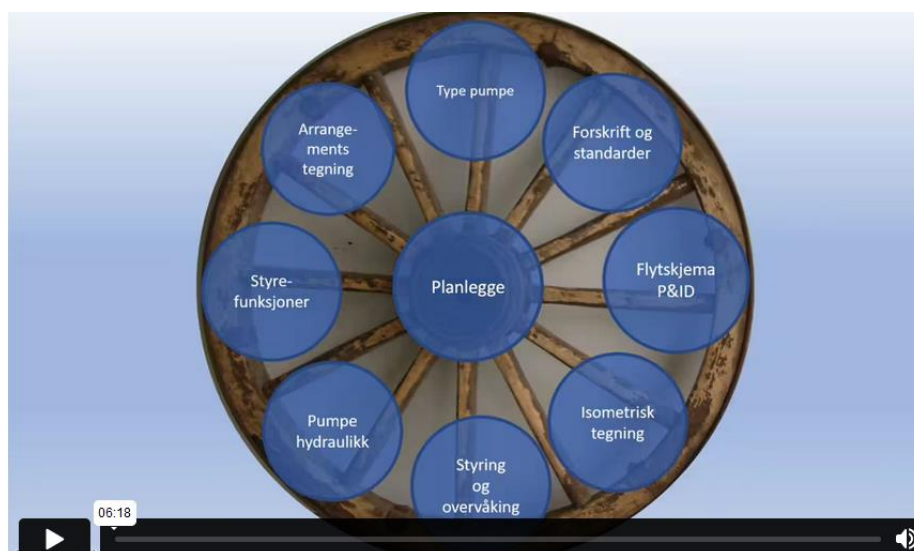
Prosjektgjennomføring del 1

Om du skal planlegge nytt, eller oppgradere eksisterende anlegg, er det viktig med en god beskrivelse. I video tar vi en systematisk gjennomgang av en slik prosjekterings prosess med bruk av P&ID (rør og instrumentdiagram), isometriske tegning, valg av styrefunksjon, aktuelle standarder og maskindirektiv samt pumpespesifikasjon. Videre at en må skaffe oversikt med tanke på minimum tilgjengelig plass med rørføringer innløp/utløpsrør som grunnlag til å arrangere nytt pumpearrangement. Husk behov for tilgang til å utøve vedlikehold og tilsyn, ta stilling til om det er behov for løfteutstyr som skal benyttes ved montering og senere vedlikehold. Det er viktig at anleggseier avklarer om leveranse er delt med en leverandør av pumpe og en annen for montering av pumpe og rør, eller det baseres på en leverandør. Avtal gjerne felles befaring for interesserte leverandører. **Viktig** at leverandør skal kontrollere mål og mulig plassering før endelig bestilling.



Prosjektering – gjennomføring del 2

I denne videoen ser vi på pumpehydraulikk og arrangementstegninger.



Prosjektering styring og overvåking



Pumpekurs	Drift	Byggeform tørroppstilt dykkpumpe med positivt tilløp	Mottakende system
Aktuelle løsninger i avløpspumpestasjoner			
• Akkumulering av slam i bunn av reservoar • Delstrøm fra trykkside av pumpe tilbake til sump • Sekvens: pumpe starter, returspileventil åpner og returnfører avløp til sump og skaper omrøring			

09:05

Mulig sugehøyde og pumpens trykk, mengde og arbeid

I forbindelse med pumpearrangement er det viktig å skille mellom teoretisk og mulig sugehøyde når pumpe har negativt innløp. Videre ser vi på pumpens driftspunkt og beregner “arbeid” pumpen utfører.

Sentrifugalpumpe

Byggeform

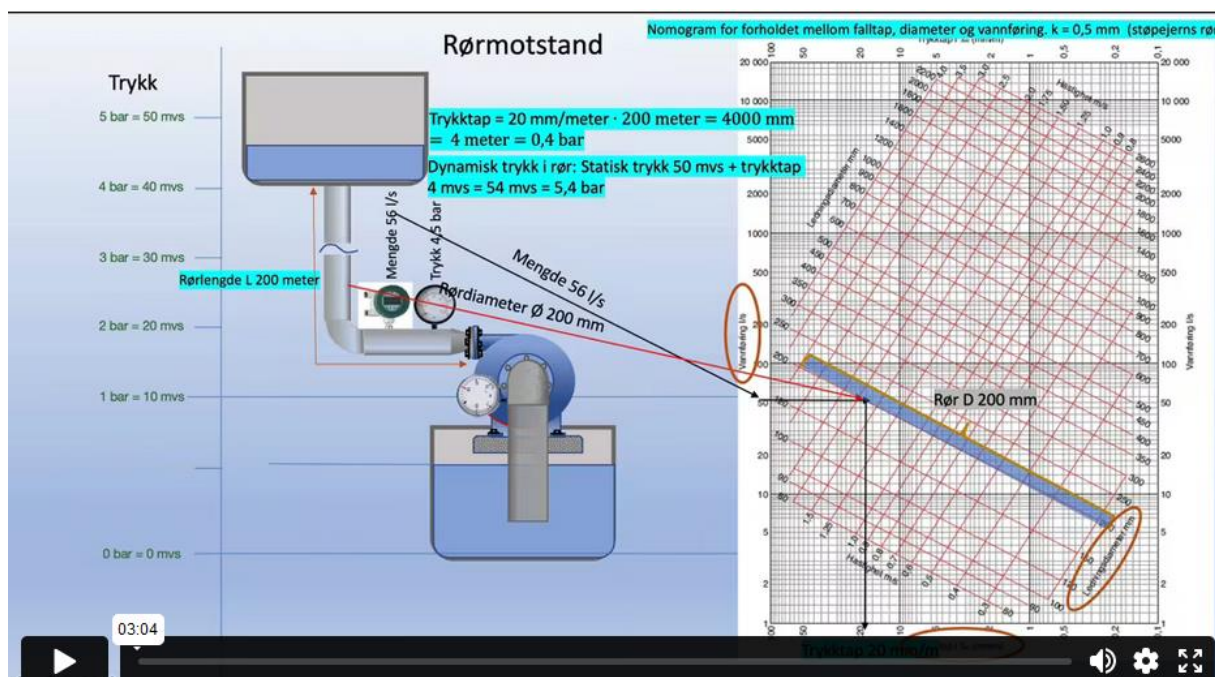
- Horizontal split case (motor, kobling og pumpe)
- Vertikal (krever mindre areal)
- Horizontal block (pumpehjul sitter på motoraksel uten kobling)
- Inline (inn og ut på linje)

Sentrifugalpumpe: en roterende impeller (løpehjul) øker trykket i en væske
Sentrifugalkraft suger væske fra pumpens sugeside, øker trykket og lever den på trykksiden



Rørmotstand

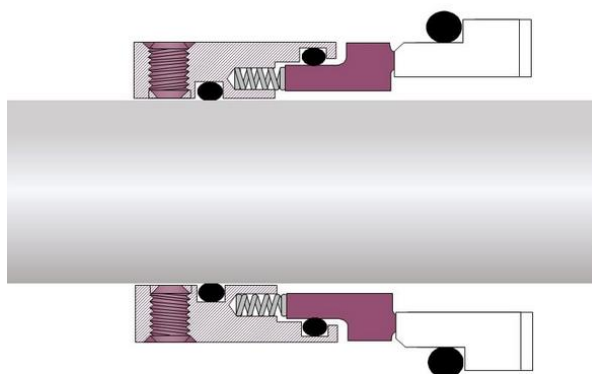
I video presenteres beregning av hastighet og motstand i rør. Med tanke på hastighet i rør er det viktig å være oppmerksom på minimums hastighet for å ivareta selvreins, eller med andre ord unngå sedimentering i rør eksempelvis ved pumping av avløp.



Akseltetninger

Mekaniske tetninger er et stort og omfattende tema. Akseltetninger har etter hvert utviklet seg til å være standard løsninger på pumper i moderne prosessanlegg, det finnes mange produsenter som har utviklet sine løsninger. Etter å ha gjennomført akseltetningsleksjon, med flere videoer der kursdeltaker gis viktig kunnskap, er målsetting at en er i stand til å beskrive og velge riktig løsning tilpasset aktuell pumpe.

Praktisk oppgave når du har gjennomført leksjon akseltetninger: Akseltetninger er en viktig funksjonell del på ei pumpe. Har du erfaring som viser at levetid på akseltetninger kan variere fra pumpe til pumpe? Dersom svaret er ja kan vurdere hvorfor.



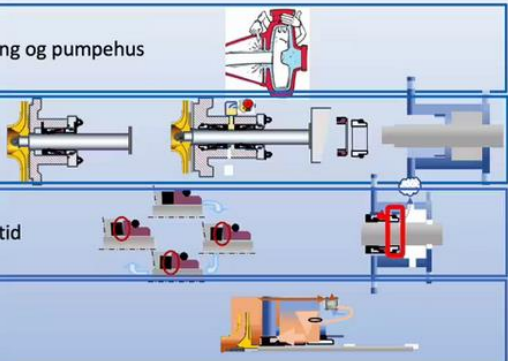
Akseltetning – innledning

En mekanisk akseltetning fungerer ved at to ekstremt plane overflater, en roterende og en statisk halvdel (den ene fjærbelastet), arbeider mot hverandre med formål å hindre uønsket lekkasje fra akselinnføring i pumpehus. Akseltetninger kan leveres i materialtyper som tilpasses mediets egenskaper i forhold til kjemisk sammensetning og temperatur. Det kan vises til mange produsenter og leverandører av mekaniske akseltetninger.



Mekaniske akseltetninger er et stort og sammensatt tema som ofte glemmes i forbindelse med prosjektering av pumper. I leksjon akseltetninger inngår følgende videoer:

- Mekanisk akseltetning kontrollerer lekkasje mellom aksling og pumpehus
- Enkel eller dobbeltetning, overvåking og montering
- Driftsforhold mekaniske akseltetninger, og forventet levetid
- Kjøling av tetning er viktig



01:08

01 Mekaniske akseltetninger, alternative løsninger

Det finnes mange produsenter som har utviklet sine løsninger. I video innleder vi akseltetnings leksjon med å gi en oversikt med tanke på alternative løsninger.

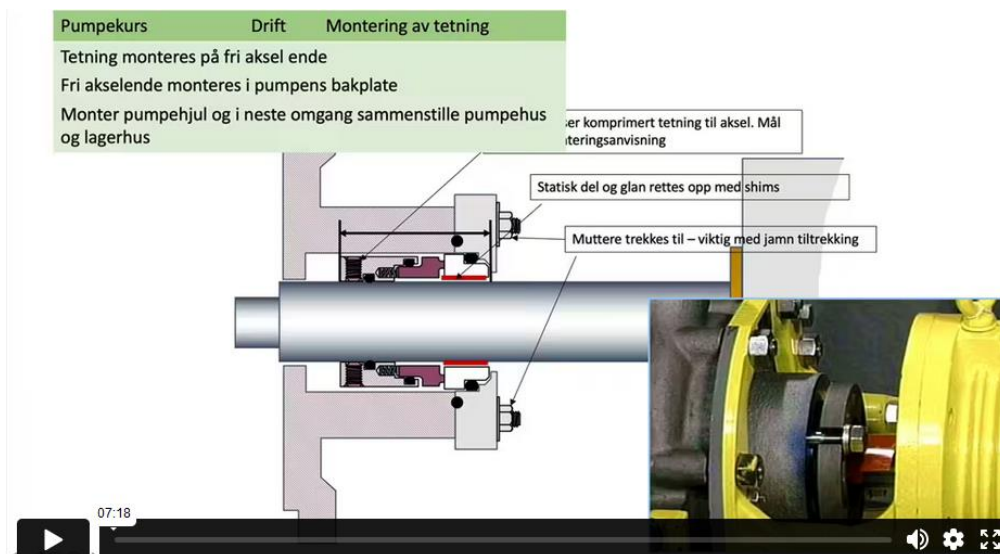
Pumpekurs Drift Akseltetning – forskjellige utførelser

Statisk tetningsdel del med sekundærtetning og tetteflate	Statisk tetningsdel del med sekundærtetning og tetteflate	Statisk tetningsdel del med sekundærtetning og tetteflate	Statisk tetningsdel del med sekundærtetning og tetteflate
			
Roterende del med gummibelg, holder, fjær og tetteflate. Sekundærtetning ivaretas av gummibelg	Roterende del med fjær, holder og tetteflate. Sekundærtetning (o-ring) er skjult inne holder	Roterende del med stålbelt, holder og tetteflate. Sekundærtetning (o-ring) er skjult inne holder	Roterende del med små fjærer skjult mellom indre og ytre ring, holder og tetteflate. Sekundærtetning (o-ring) er skjult inne holder

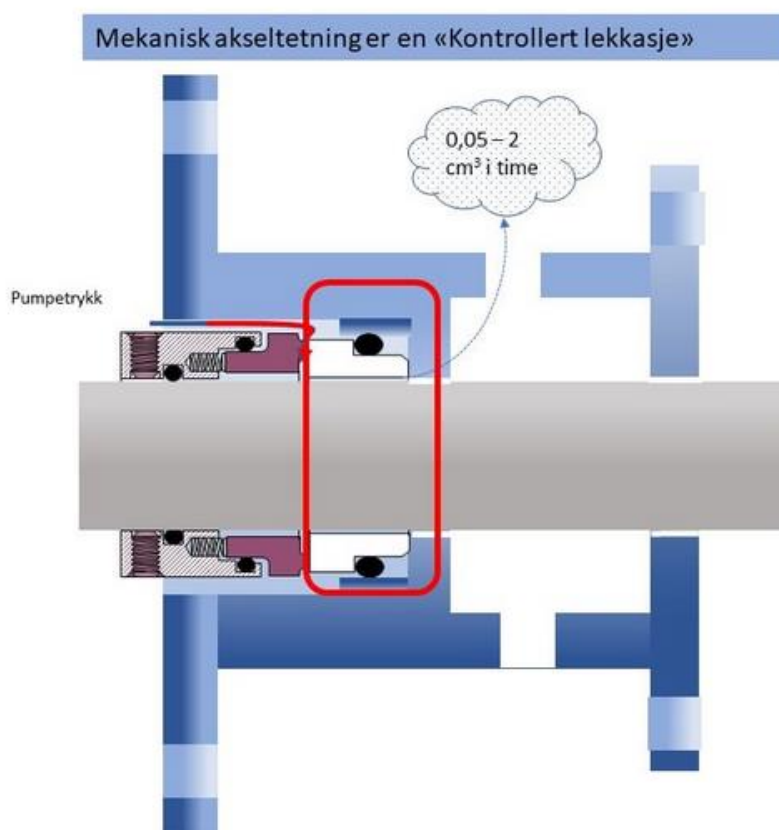
05:45

02 Alternative tetningsløsninger i pumpe

I video ser vi på alternative tetningsløsninger med enkel eller dobbel –tetning. Dobbelt tetning benyttes ved høye trykk, men også der det er viktig å unngå ukontrollert lekkasje til atmosfære, eksempelvis ved pumping av brannfarlig væske. Sistnevnte løsning krever kanskje overvåking som gir alarm dersom det oppstår lekkasje.

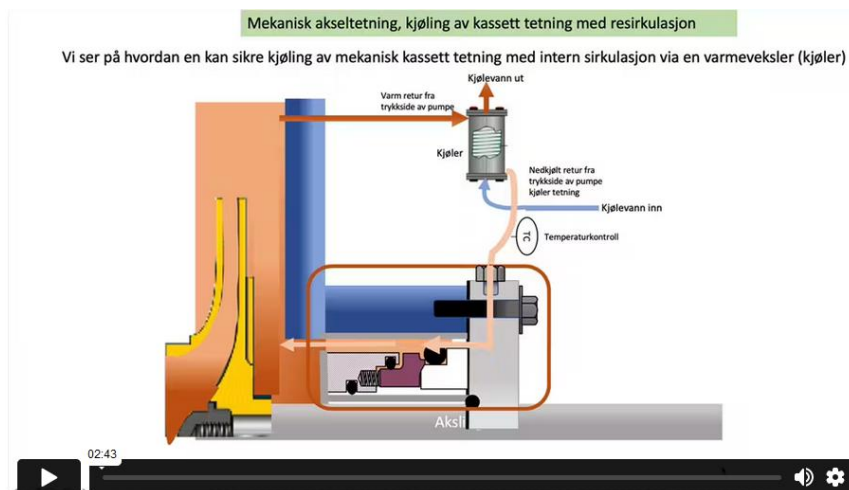


03 Driftsforhold mekaniske akseltetninger



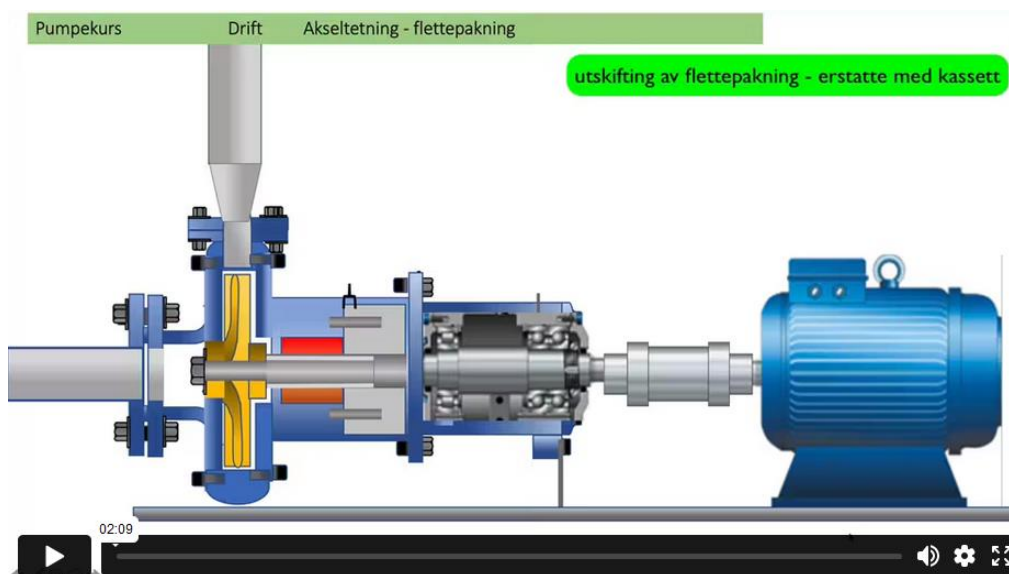
04 Kjøling av mekanisk akseltetning

Under drift genereres det varme mellom roterende og statisk tetningsdel. Det er derfor viktig at varmen ledes vekk fra tetningsdelene for å unngå tetningshavari. I video vises det derfor alternative løsninger for å kjøle akseltetning.

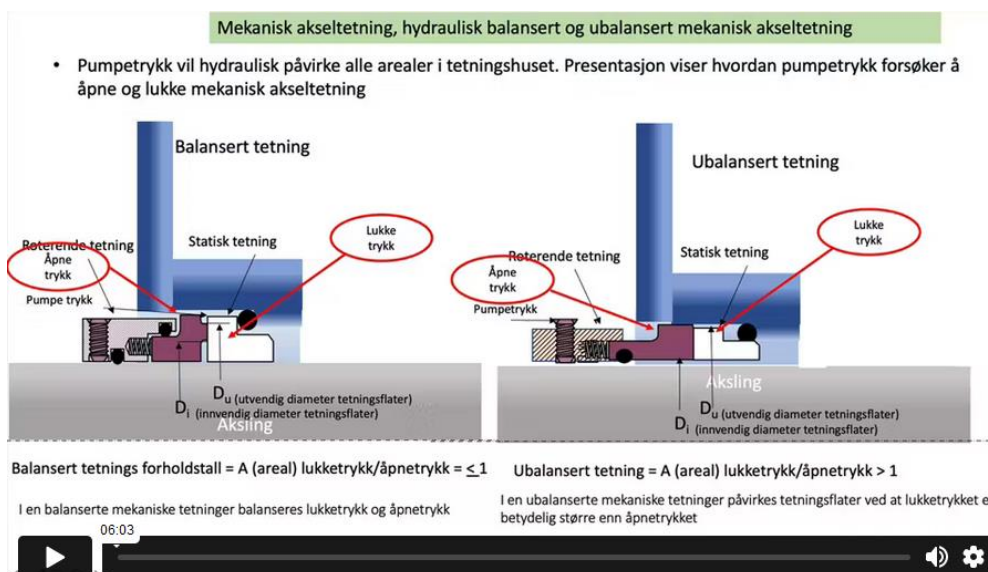


05 Flettepakning kan erstattes med kassett tetning

Flettepakning som akseltetning fungerer, men krever mye vedlikehold. Ved valg av ny pumpe, eller rehabilitering av gammel pumpe, bør en derfor velge mekanisk akseltetning. I video viser vi derfor hvordan en monterer nye flettepakninger, men også hvordan en kan erstatte flettepakning med mekanisk kassett tetning. Forskjellige leverandører tilbyr sine løsninger, i video benytter vi derfor en tetnings illustrasjon.

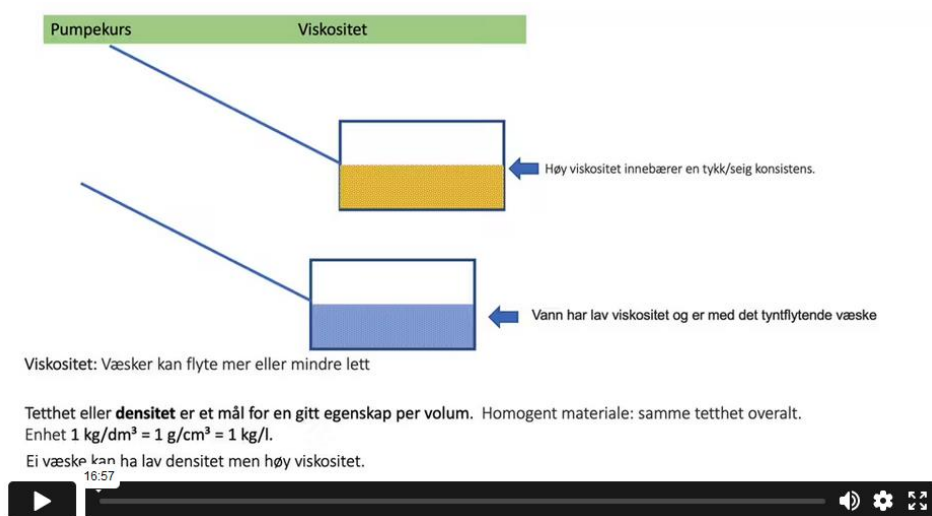


03 Akseltetninger



Pumpemedium, viskositet og aktuelle pumpeløsninger

Viskositeten i væsker er viktig faktor under planlegging og drift av pumpe-installasjoner. Viskositeten er et mål på væskens strømningsmotstand. Væsker med høy viskositet har større strømningsmotstand, og er ikke lett deformeres ved fysisk stress, mens væsker med lav viskositet er “tynne” og strømme lett. Viskositeten av væsker kan finnes ved hjelp av et instrument kjent som en viskosimeter, av hvilke det finnes mange forskjellige typer. I tilfeller hvor mindre nøyaktige målinger er akseptable, kan viskositet også måles ved hjelp av enkle gravitasjon-baserte enheter. I forbindelse med avløp benyttes TS som måleparameter i forhold til mediets konsistens og pumpbarhet.



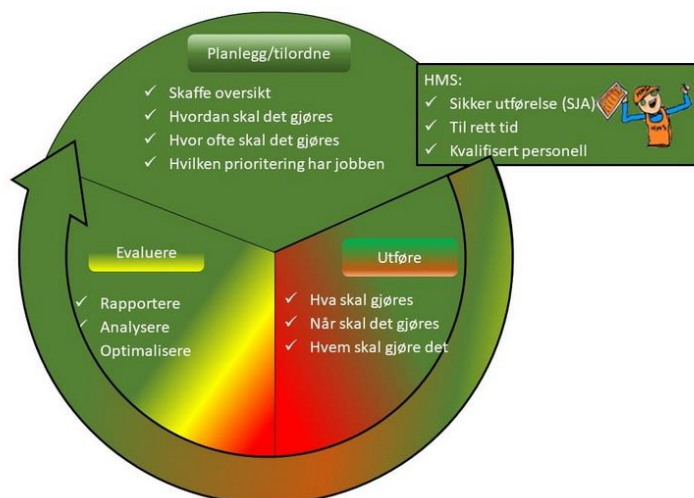
Tilstandsbasert vedlikehold

I drift av forskjellige anlegg blir en stadig stilt ovenfor krav om bedring av produktivitet og effektivitet uten at kvaliteten på produkt og tjenester til kundene skal endres. Gjennom å systematisere drift og vedlikehold kombineres erfaring og nye arbeidsmetoder som tar i bruk framtidsrettet datateknologi. Oversikt over anlegg og utstyr, konkrete arbeidsrutiner og klare målsettinger er noen av nøklene til å lykkes.

Praktisk oppgave etter at du har gjennomført leksjon tilstandsbasert vedlikehold: Tilstandsbasert vedlikehold innebærer at en kan forutse rett tidspunkt for vedlikehold, et vedlikeholdssystem som reduserer uforutsette hendelser. Har du inntrykk av at det er mange ikke planlagte aksjoner i ditt anlegg?



Organisering av vedlikehold

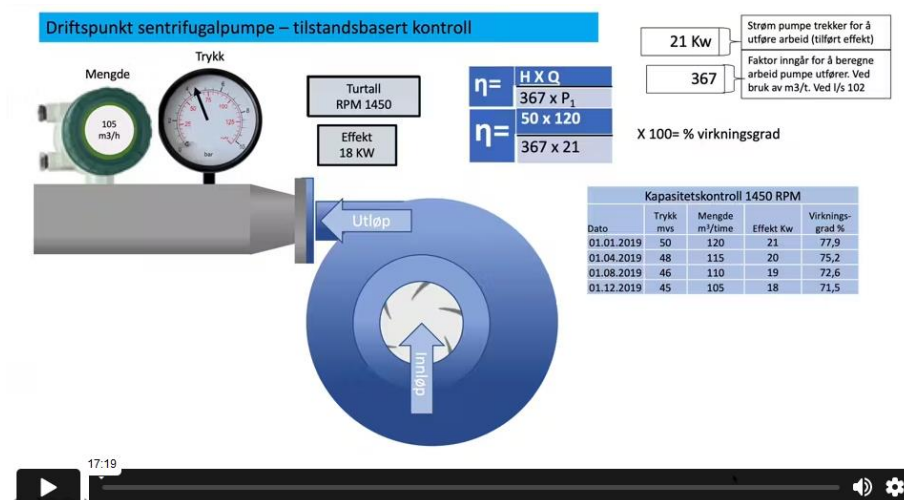


Vedlikeholdssystem

Tilstandsbasert vedlikehold

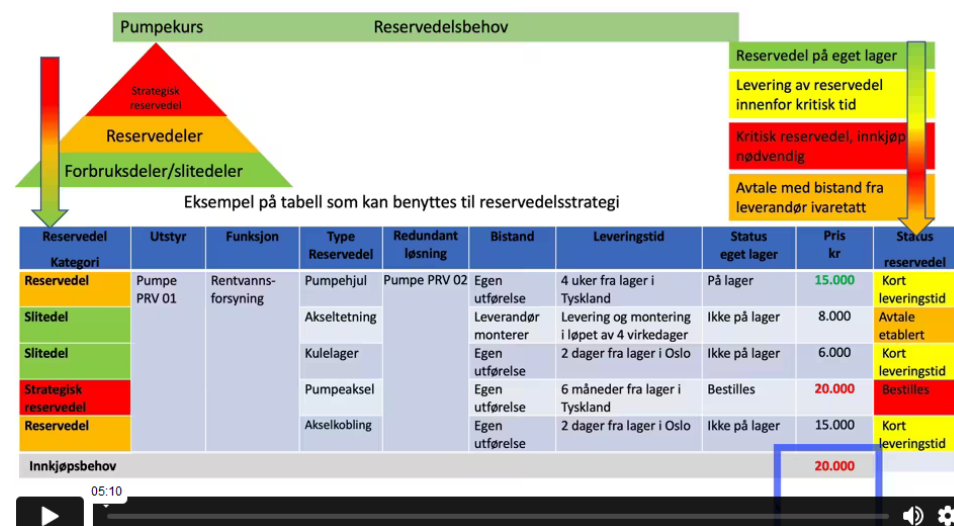
I drift av forskjellige anlegg blir en stadig stilt ovenfor krav om bedring av produktivitet og effektivitet uten at kvaliteten på produkt og tjenester til kundene skal endres. Gjennom å systematisere drift og vedlikehold kombineres erfaring og nye arbeidsmetoder som tar i bruk framtidsrettet datateknologi. Oversikt over anlegg og utstyr, konkrete arbeidsrutiner og klare målsettinger er noen av nøklene til å lykkes.

Drift- og Vedlikeholdssystem (DV-system) gir mulighet for effektiv planlegging, organisering og oppfølging av utført drift og vedlikehold. Ved å utnytte registrerte data vil det være mulig å ta korrekte beslutninger om valg av funksjonsnivå for ulike anlegg og samtidig finne de mest kostnadseffektive tiltak for å opprettholde eller øke nivået. Ved bruk av DV system kan en i neste omgang ivareta en kostnadseffektivt reservedelsstrategi. Ved å overvåke status på anlegg, delsystemer og utstyr kan en på rett tidspunkt bestille tjenester og utstyr for å gjennomføre korrigerende tiltak. I to påfølgende videoer presenterer vi hvordan en kan ivareta tilstandsbasert vedlikehold, der en forenklet måte å benytte pålitelighetsstyrt vedlikehold ved å gjennomgå de syv grunnleggende vedlikeholds samt reservedelsstrategi





Pumpekurs – prosjektering, drift og vedlikehold



Lager og vibrasjonskontroll av roterende utstyr

Tilstandskontroll med lagerkontroll-teknikker gir ekstremt lange forvarslings tider, som maksimerer planleggingshorisonten for vedlikehold og reparasjon. Dette medfører full utnyttelse av maskinens levetid, reduserte reparasjonskostnader og minimerer konsekvensen for uplanlagt stillstand. I video presenteres SPM (støt puls metoden) med egne illustrasjoner, vi besøker Trehørningen Energisentral der automatiser Dagfinn Henriksen viser hvordan han arbeider i felt med periodiske SPM målinger der håndholdt utstyr benyttes, vi ser også på et eksempel der det er etablert kontinuerlige SPM målinger.



Smøring og vedlikehold av pumpelagre

Type smøresystem og vedlikehold i forbindelse med pumpens lagre er avgjørende viktig for optimal drift av pumpe. I video vises alternative løsninger med tanke på smøresystem for pumpens lagre. Etter mange års erfaring tillater utvikler av kurs seg til å peke på at oljesmurte lagre i horisontaloppstilte pumper er en optimal løsning. Dette fordi en har erfart at en slik løsning har gitt mange års kontinuerlig drift av pumper uten problem med lagre.

