



SPILDEVANDSKOMITEEN

ERFARINGSUDVEKSLING I VANDMILJØTEKNIKKEN **EVA**

NR. 2 • 27. ÅRGANG • APRIL 2014



Adresseliste for udvalgsmedlemmer

Mads Uggerby (formand)

EnviDan
Vejlssøvej 23, 8600 Silkeborg
e-mail: mau@envidan.dk
Tlf. 8722 8587

Jan Scheel

Niras
Vestre Havnepromenade 9, 9100 Aalborg
e-mail: jns@niras.dk
Tlf. 3078 7560

Sanne Lund (kasserer)

MOE A/S
Buddingevej 272, 2860 Søborg
e-mail: sal@moe.dk
Tlf. 2540 0246

Kjartan Gunnarsson Ravn

Vejle Spildevand A/S
Toldbodvej 20, 7100 Vejle
E-mail: kjara@vejlespildevand.dk
Tlf. 5118 1415

Lene Bassø

Aarhus Vand A/S
Bautavej 1, 8210 Århus V
e-mail: lba@aarhusvand.dk
Tlf. 8947 1142

Kristian Vestergaard

Ingeniørhøjskolen Aarhus Universitet
Energi- og miljødesign
Dalgas Avenue 2, 8000 Aarhus C
e-mail: kv@iha.dk
Tlf. 4189 3341

Niels Overgaard

Vandcenter Syd
Vandværksvej 7, 5000 Odense C
e-mail: nio@vandcenter.dk
Tlf. 6313 2326

Udgiver

Ingeniørforeningen, IDA – Spildevandskomiteen Erfaringsudveksling i Vandmiljøteknikken EVA

Hjemmeside

www.evanet.dk

E-mail

eva@evanet.dk

Dette blads redaktør

Mads Uggerby, mau@envidan.dk

Næste blads redaktør

Sanne Lund, sal@moe.dk

Deadline for indlæg

Primo august 2014

Næste blad forventes udgivet

Medio august 2014

Redaktion

Margrethe Nedergaard, mao@cowi.dk

Indhold

Leder	4
Indbydelse til Temadag	5
Formandens beretning	8
Referat fra årsmøde	9
Kalender	10
Hvilke krav skal vi som forsyningsselskaber stille til vores anlæg	
Aksel Kirkeby	11
”Offerledninger”	
En mulig løsning til bekæmpelse af svovlbrinte i afløbssystemer	
Jesper Walter-Rasmussen	14
Damhusledningen	
– Hvidovre	
Frank Hallig	16
Danmarks største afskærende ledningsanlægsprojekt	
Frank Jordt Kappel og Hanne Risbæk	20
Energiperspektivet	
– Hvad skal man vælge ...	
Michael Jersborg	22
Er luft i tryksatte systemer et reelt problem, eller er det et forbigående fænomen?	
Karsten Egebjerg	26

Leder

Et spændende år med klimatilpasningsplaner!

Vi er alle vant til, at det kan være vanskeligt at få planlagt og prioriteret sanerings tiltag i kloakken.

Hvordan skal vi prioritere, når der i de forskellige anlægselementer er problemstillinger relateret til hver især vigtige elementer som kvalitet, kapacitet og drift.

Nu har vi – udover spildevandsplanen – også fået en klimatilpasningsplan, som er med til at definere projekterne på årets anlægsplan/-budget. Og så var der lige det med finansieringen, hvad er det nu vi må og skal?

Og så kommer vandet på terræn, og de løsninger vi laver bliver synlige. Det er meget spændende, nu har vi længe arbejdet med løsninger under jorden, og uden den umiddelbare beskuelse fra borgeren. Det var måske en frihed, men det har til tider været ærgerligt, at vi ikke visuelt kunne vise vores kundskaber frem. Denne mulighed – og det store ansvar – får vi nu i fuld flor mulighed for at tage. Det er et stort ansvar der følger at lave terrænnære løsninger for overfladevand, med de umiddelbare risici der følger med den direkte eksponering overfor borgeren – dette såvel planlagt oversvømmelse som beredskab.

Klimaforandringerne giver os denne forandring i branchen, og det har vi allerede taget til os med mange spændende løsninger til følge.

Dette er emnet for den kommende EVA-temadag den 15. maj, hvor vi dels skal høre om de nye SVK-skrifter undervejs samt suge til os af erfaringer fra allerede udførte klimatilpasningsprojekter.

Vi håber at se rigtig mange på næste EVA-temadag den 15. maj i Nyborg.

Vel mødt!

EVA-udvalget indbyder til

EVA-temadag

Fra plan til projekt – realisering af klimatilpasningsplanerne

**Torsdag den 15. maj 2014
på Hotel Nyborg Strand**

Klimaprognoser, klimaforandringer, dimensioneringsforudsætninger, sikkerhedstillæg, tværfaglighed, borgerinddragelse, vandkvalitet, rekreative værdier, skadesrisiko osv.

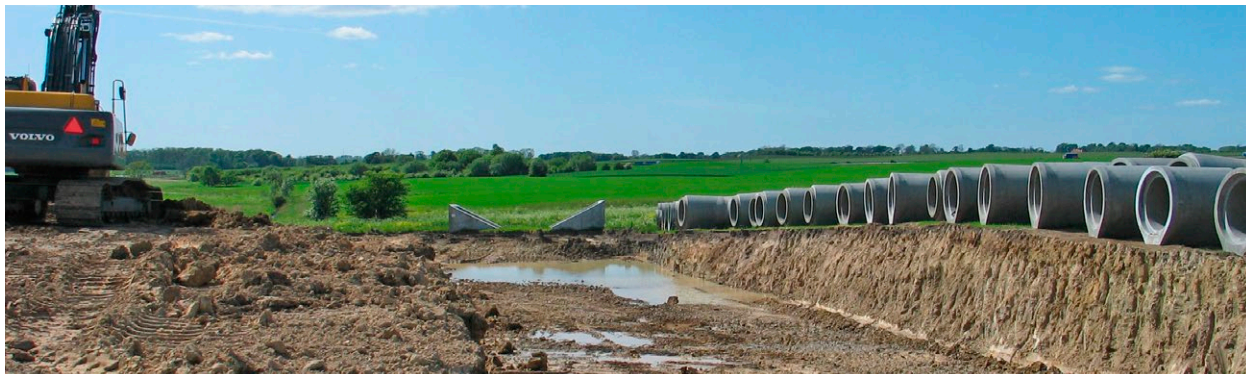
Dette er bare et udpluk af de ekspertiser vi skal have til at spille sammen, når vi skaber bæredygtige, flotte og effektive klimatilpasningsprojekter.

Gennem denne temadag skal vi om formiddagen have nyeste viden omkring den revisionsproces som aktuelt pågår omkring Spildevandskomiteens (SVK) skrift 28 og 29 omkring regndata og klimaændringer. Yderligere nyeste viden omkring nyt SVK skrift om serviceniveau for oversvømmelser på terræn. Herefter skal vi have en vurdering af ansvarsforhold og overblik over finansieringsreglerne for klimatilpasningsprojekter.

Eftermiddagens program indeholder en præsentation og gennemgang af 3 klimatilpasningsprojekter. Vi skal blandt andet høre, hvilke overvejelser, udfordringer og barrierer, der har været fra planlægning til projekt. Vi tager undervejs flere 'time-out', hvor vi sætter disse projekter i perspektiv ift. den nye bearbejdning af regndata, klimafaktorer og udarbejdelse af nyt skrift om serviceniveau for oversvømmelser på terræn – og ikke mindst de finansieringsmæssige udfordringer.

Vi håber at se rigtig mange på næste EVA-temadag den 15. maj i Nyborg.

Vel mødt!



Program

9:30 **Kaffe/te og rundstykker**

10:00 **Velkomst og indledning**

Jan Scheel, EVA-udvalget

10:10 **Revision af Spildevandskomiteens skrift 28 og 29**

Spildevandskomiteens skrift 28 omhandlende regional variation af ekstremregn i Danmark og skrift 29 omhandlende forventede ændringer i ekstremregn som følge af klimaændringer er under revision.

Vi skal høre omkring indholdet i det nye skrift, herunder om naturlige klimavariationer, nye dimensionsgivende regnintensiteter og klimafaktorer.

Ida Bülow Gregersen, PhD Student, DTU Environment

10:40 **Nyt skrift fra Spildevandskomiteens vedr. oversvømmelser på terræn**

I nær fremtid udgiver Spildevandskomiteen nyt skrift om service niveau for oversvømmelser på terræn.

Vi får en status på arbejdet med skriftet, herunder første udkast vedrørende principper, metoder og resultater.

Gitte Godsk Dalgaard, Chef for Plan og Projekt, Furesø Egedal Forsyning

11:10 **Beregning af skadesomkostninger ved oversvømmelse på terræn**

Som del af nyt skrift vedr. oversvømmelse på terræn bliver der udarbejdet anvisninger til fastlæggelse af skadesomkostningerne ved oversvømmelser på terræn.

Vi får en status og forventninger til dette arbejde, som vil blive en vigtig del af vores hverdag med de prognoser der foreligger for oversvømmelsesrisiko.

Anders Skovgård Olsen, Krüger

11:40 Ansvar og finansiering

Spildevandsforsyningerne har påtaget sig en meget stor del af rollen som 'klimatilpasser'.

Vi stiller spørgsmålet: Af hvem og hvordan varetages denne rolle bedst?

Finansieringen af klimatilpasningsprojekterne har også givet debat og nogle kommuner/forsyninger har udfordret lovgivningen konstruktivt, for at få realiseret gode klimatilpasningsprojekter. Hvordan skal vi forvente regelsættet omkring finansiering kommer til at se ud i fremtiden?

NN

12:00 Frokost**13:00 Naturgenopretning og klimatilpasning i Sillebro Ådal**

Hvad der begyndte som et mindre naturgenopretningsprojekt voksede til Danmarks arealmæssigt største natur- og klimatilpasningsprojekt.

Projektet strækker sig over en tre km lang ådal, Sillebro Ådal, fra Frederikssund bymidte til Frederikssundsvej. I alt 90 hektar.

Anna Tauby, Landskabsforvalter, NIRAS

13:40 Skybrudsplan for Amager og Christianshavn

Københavns og Frederiksberg Kommune har sammen lavet en skybrudsplan, som netop nu er ved at blive konkretiseret. Konkretiseringen består i at planlægge en ny skybruds-infrastruktur, som samlet set skal gøre byen mere robust over for skybrud.

Ezra Rémy, Envidan

14:20 Pause**14:40 KlimaByen i Middelfart' – Danmarks Smukkeste Klimatilpasning**

Byudvikling gennem klimatilpasning – det er mantraet for Danmarks nye storstillede klimatilpasningsprojekt i Middelfart. Med afsæt i fremtidens øgede nedbørsmængder har projektet som mål at udvikle nye innovative klimatilpasningsløsninger og -projekter gennem byudvikling i området omkring Kongebrovej i Middelfart. Projektet tænkes således at facilitere udviklingen af en klimarobust, smukkere og sjovere by ved at håndtere regnvandet på overfladen som supplement til rør i jorden.

Projektet gennemføres som et partnerskab mellem Realdania, Middelfart Spildevand A/S og Middelfart Kommune.

Helle Baker Norden, Arkitekt MAA, Middelfart Spildevand A/S

15:20 Afrunding og afsluttende bemærkninger

Jan Scheel, EVA-udvalget

15:30 Tak for denne gang og kom godt hjem**Deltagergebyr**

Medlem af EVA 1300 kr.

Øvrige 1500 kr.

Ingeniører,
Ikke medlem af IDA 3450 kr.

Studerende gratis

Tilmelding

Tilmeld dig på IDAs hjemmeside

**<http://ida.dk/arrangementer>
på arr. nr. 310778.**

Du kan også sende en mail til

moede@ida.dk

Hvor du opgiver

- Arrangement nr.
- Navn
- Adresse
- Tlf. nr.
- E-mail
- Helst fødselsdato
- Oplysning om du er ingeniør eller ej.

(Arrangementet er åbent for alle)

Formandens beretning

Den 6. februar 2014

Der har i det forgangne år kun været afholdt 3 temamøder med emnerne afløbsteknik i 3D, Klimatilpasning fra politik til praksis og Styring af afløbssystemer. Sidstnævnte blev som noget nyt afholdt på henholdsvis DTU og Aalborg Universitet.

Det var en succes at holde temamøder andre steder end på Hotel Nyborg Strand, hvorfor EVA-udvalget forventer at gentage dette når det giver mening i forhold til temadagens indhold. Møderne på universiteterne i 2013 havde både det sigte at understøtte udvalgets erklærede mål om, at bidrage aktivt til rekruttering af nye ingeniører til branchen samt at formidle den nyeste viden på området. Derudover selvfølgelig at lave et spændende temamøde for udvalgets medlemmer.

Formanden kunne endvidere berette, at EVA-udvalget har rundet 25 år. Dette jubilæum påregner udvalget at markere f.eks. i form af en artikel eller lignende, der samler op på de mange års aktiviteter.

Således kom vi vidt omkring – både fagligt og geografisk – i 2013.

Afslutningsvist takkede formanden for den forgangne periode som formand for udvalget samt de samlede 12 år i EVA-udvalgets bestyrelse.

Jan Nielsen, Formand

EVA-udvalget
Indbyder til Temadag

Ude af øje, ude af sind, ude af kontrol

Mandag den 11. marts på DTU i Lyngby
Onsdag den 13. marts på AAU i Aalborg



Afløbssystemer og retningstager tager måske ikke så meget i betragtning, når det handler om beskyttelse af miljøet og beskyttelse af beboere. Men det er vigtigt at være opmærksom på, at afløbssystemer og retningstager er vigtige for at sikre, at afløbet fungerer som det skal. Der er mange faktorer, der kan påvirke afløbssystemer og retningstager, og det er vigtigt at være opmærksom på disse faktorer. Der er mange faktorer, der kan påvirke afløbssystemer og retningstager, og det er vigtigt at være opmærksom på disse faktorer.

EVA-udvalget har bestemt indholdsprogrammet for 2014 og er i kontakt og samarbejde med medlemmerne af EVA-udvalget.

Som noget nyt vil vi invitere til et møde om 3D i Lyngby den 11. marts og på AAU i Aalborg den 13. marts.

EVA 2013 4

EVA-udvalget
Indbyder til Temadag

Afløbsteknik – nu også i 3D

Torsdag den 26. september 2013 på Hotel Nyborg Strand



3D værktøjer er nu brugt i projekter og vidner om, at mere og mere projekter og udførelser. Inden for afløbssystemer er det ikke så ualmindelig at bruge 3D værktøjer, hvilket betyder flere faktorer, der kan påvirke afløbssystemer og retningstager. Det er vigtigt at være opmærksom på disse faktorer.

Men man bør være opmærksom på, at 3D værktøjer og 3D modeller kan være en hjælp til at forstå, hvordan projekter og udførelser fungerer. Det er vigtigt at være opmærksom på disse faktorer.

3D modeller kan være en hjælp til at forstå, hvordan projekter og udførelser fungerer. Det er vigtigt at være opmærksom på disse faktorer.

EVA-udvalget byder på et spændende møde, hvor der er mulighed for at blive inspireret og lære mere.

Vil møde – og hør fra jeres 3D kollega!

EVA 2013 4

EVA-udvalget
Indbyder til Temadag

Klimatilpasning – fra politik til praksis

Torsdag den 30. maj 2013 på Hotel Nyborg Strand



Hjælp Regeringsrådgiverne at alle kommuner udføre en handlingsplan for klimatilpasning inden udgangen af 2013. I oktober 2012 fremlaet af Regeringsrådgiverne (Mila Aukens, tidligere miljøminister og miljøminister) og miljøministeren (Mila Aukens).

Formålet er at sikre, at der er en miljøbeskyttelse, herunder beskyttelse af miljøet og beskyttelse af miljøet. Det er vigtigt at være opmærksom på disse faktorer.

Lovforslaget foreslår at sikre, at der er en miljøbeskyttelse, herunder beskyttelse af miljøet og beskyttelse af miljøet. Det er vigtigt at være opmærksom på disse faktorer.

Efterfølgende vil der være mulighed for at sikre, at der er en miljøbeskyttelse, herunder beskyttelse af miljøet og beskyttelse af miljøet. Det er vigtigt at være opmærksom på disse faktorer.

Afhængig af kommuner der på denne måde kan sikre, at der er en miljøbeskyttelse, herunder beskyttelse af miljøet og beskyttelse af miljøet. Det er vigtigt at være opmærksom på disse faktorer.

Læs, hvis du er interesseret, på dit netværk – deltag i denne temadag i EVA.

EVA 2013 5

Referat fra årsmøde

Der blev afholdt årsmøde i EVA-regi den 6. februar 2014

Dagsordenen var ifølge vedtægterne

1. Valg af dirigent
 2. Bemærkninger til dagsordenen
 3. Formandens beretning
 4. Fremlæggelse af regnskab
 5. Valg af udvalgsmedlemmer
 6. Eventuelt
-
- Ad. 1. Bestyrelsen foreslog Mads Uggerby som dirigent. Han blev valgt.
 - Ad. 2. Dirigenten fastslog at generalforsamlingen var indkaldt i henhold til vedtægterne og spurgte salen om der var bemærkninger til dagsordenen.
Der var ingen bemærkninger.
 - Ad. 3. Formand Jan Nielsen fremlagde beretningen. Beretningen blev godkendt.
 - Ad. 4. Kasserer Sanne Lund fremlagde regnskabet og budget for kommende år.
Der har i 2013 været et overskud på godt 48 tkr. mod et budget på ca. 45 tkr.
Med udgangen af 2013 er udvalgets samlede kassebeholdning således ca. 104 tkr.
Budgettet for 2014 blev fremlagt, som forventes på niveau med 2013.
Regnskab og budget blev godkendt.
 - Ad. 5. Jan Scheel og Jan Nielsen var på valg. Jan Scheel modtog genvalg, mens Jan Nielsen ikke kunne genvælges jf. udvalgets vedtægter om antal valgperioder.
Der var kampvalg mellem Kjartan Gunnarsson Ravn og Anders Mønster Hjernø.
Kjartan Gunnarsson Ravn blev valgt efter afstemning blandt de fremmødte stemmeberettigede.
 - Ad. 6. Der var ikke indkommet punkter til eventuelt.

Herefter takkede dirigenten af for et godt og velholdt årsmøde.

Konstituering af bestyrelsen

Mads Uggerby orienterede om, at bestyrelsen havde konstitueret sig således:

- Formand: Mads Uggerby
- Næstformand: Sanne Lund
- Kasserer: Sanne Lund

Bestyrelsen havde valgt at oprette en næstformandspost som backup for den nyvalgte formand, der gik en snarlig fordobling af børneantallet i møde (fra 2 til 4).

Kalender

EVA-arrangementer

Faglige arrangementer for forår og sommer 2014

Der henvises i øvrigt til de respektive kursusudbyderes hjemmesider for ajourføring af kursusdatoer, yderligere information samt tilmelding.

EVA arrangementer

15. maj	EVA-temadag: Fra plan til projekt – realisering af klimatilpasningsplanerne
25. sep.	EVA-temadag

Danva arrangementer

12.-13. maj	Afløbssystemet, 2. modul
22.-23. maj	DANVA årsmøde 2014
19.-20. juni	Lægning og svejsning af PE-rør

Ferskvandscentret

5.- 6. maj 2014	Arbejds miljø i spildevandssektoren
22.- 23. maj 2014	Spildevandsafledning i det åbne land
2.- 4. juni 2014	Tilsyn med anlægsarbejder
10.-11. juni	Regnvandsbassiner
18.-19. juni	Tilslutningstilladelser til offentlig kloak

DHI

17.-18. sep.	MIKE URBAN Collection Systems
--------------	-------------------------------

Teknologisk Institut

6. maj - 13. juni	Klimatilpasningsuddannelse fra Teknologisk Institut
3. juni	Regnvand til tøjvask og toiletskyl
8.-12. sep.	Ugekursus i afløbssystemers opbygning og funktion

Hvilke krav skal vi som forsynings-selskaber stille til vores anlæg

Og får vi altid det vi forventer?

Af Driftsleder Aksel Kirkeby,
Svendborg Vand & Affald

Titlen på indlægget stiller skarpt på alle de forhold vi skal være opmærksomme på når vi bygger nyt.

Man kan lidt omvendt stille spørgsmålet:

Skal vi selv stille kravene til indretningen af vores anlæg, eller skal vi overlade det til leverandørens ideer og hans holdning til, hvad der er godt og skidt?

Vi skal selvsagt selv sætte standarden for hvordan vores anlæg indrettes, men det kan da ikke gøres uden et fornuftigt modspil fra andre aktører på området, det ville da være dumt ikke at udnytte de gode ideer der kunne komme.

Når det er sagt, så er der en række forhold vi skal have med når vi stiller krav, og her fylder specielt arbejdsmiljøet en del.

Jeg har en lang række meldinger fra driftsfolk på kurser på Ferskvandscentret der viser, at opmærksomheden på væsentlige ting i forhold til arbejdsmiljø lovgivning kunne være bedre.

Når man stiller skarpt på arbejdsmiljøloven kan man opleve:

- at der stadig er mange projekterende og rådgivere der endnu ikke har læst arbejdsmiljølovens § 33 og 33A
- <https://www.retsinformation.dk/Forms/r0710.aspx?id=133159>
- at mange endnu ikke efterlever Arbejdstilsynets "Bekendtgørelse om Kloakarbejde"
- <http://arbejdstilsynet.dk/da/regler/bekendtgorelser/k/sam-kloakarbejde-mv-473-.aspx>
- at mange ikke efterlever maskindirektivet
- <http://www.nytmaskindirektiv.dk/>
- at det stadig er mange misforståelser omkring CE – mærkning, det er rent faktisk en mærkning og IKKE en godkendelse, men der er stadig mange der reklamerer med at et produkt er "CE – godkendt"

- At økonomien i forhold til det budgetterede er skredet, og derfor afsluttes mange projekter så u hensigtsmæssigt at driften bliver dyrere i bygværkets levetid når driftsfolkene SKAL overholde arbejdstilsynets bestemmelser og arbejde på og i kloaksystemet.

Der har gennem en årrække været en god udvikling i spildevands selskaberne mod bedre arbejdsmiljø, og med gode pumpestationer med tørt opstillede pumper og andre forbedringer på arbejdsmiljøet, denne udvikling er – desværre – ved at vende til flere dykkede pumper, og med meget u hensigtsmæssige indretninger, som vil betyde meget ubehageligt arbejde når en spildevands medarbejder nødvendigvis skal ned i denne pumpestation for at udføre et stykke arbejde.

Spildevands arbejderne vil faktisk gerne efterhånden være fri for at stikke fingrene i andre folks spildevand og møg.....

Der er en lang række forhold omkring tunge løft, dårlige arbejdsstillinger, manglende fri plads foran eltavler o.s.v som burde være på plads, men som stadig opbygges fra nyt så arbejdsforholdene forringes for medarbejderne.

Man kan i mange tilfælde tvivle på værdien af den sikkerhedsvurdering som fabrikanten af en maskine skal lave som grundlag for en CE – mærkning (ikke en godkendelse), når maskinen åbenlyst er fremstillet med f.eks. tunge dele anbragt så det er umuligt at få dem ud af maskinen med lodrette løft fra en kran, eller meget u hensigtsmæssige løft som egentlig overtræder AT's regler om tunge løft. Manglende afstandskrav foran eltavler kan også være et problemområde.

Risikovurderingen burde vise problemer ved etablering af en pumpestation med ventiler anbragt i pumpeumpen på bagsiden af guiderørene, der vil i denne sammenhæng ikke være mulighed for at foretage lodret løft af en medarbejder i en sikkerheds sele hvis han får problemer, og her burde en reel risikovurdering vise behovet for en bedre indretning.

Det samme er tilfældet omkring tunge maskindele anbragt inde i et stativ så lodrette løft med talje / kran ikke er muligt.

Og her som i alle andre sammenhænge, man får hvad man betaler for, og et billigere indkøb er bestemt ikke lig med billigere drift – tvært imod, og det er de fleste enige om, men det kniber i denne forbindelse.

Den nye trend er at nedlægge renselanlæg for at effektivisere driften, og at spildevandsplanernes gennemførelse betyder kloaksystemet udvides ud i yderområderne, og det kan i mange sammenhænge være meget fornuftigt, både set ud fra ideen om at få billigere drifts omkostninger, men også at miljøbelastningen fra spildevand i det åbne land bliver mindre.

Men, har vi nu taget alle forhold i betragtning?

Måske ikke altid, og specielt svovlbrente giver stigende driftsproblemer og dermed omkostninger.

Svovlbrente er som bekendt en særdeles ildelugtende og meget giftig luftart, som samtidig tærer på væsentlige dele af vores anlæg og elsystemer, men som også generer vores omgivelser. Luftarten forekommer ofte i spildevands sammenhænge hvor der er lange

opholdstider f.eks. i lange trykledninger hvor der opstår iltfrie forhold, så svovlbrinte producerende bakterier kan trives.

Men, der skal være plads til at implementere nye foranstaltninger, og her er det vigtigt at tænke pladsen og mulige foranstaltninger ind i indretningen af nye pumpestationer, det vil bidrage til den billigst mulige drift.

Et punkt som tæring i kloakrør skaber store udgifter for spildevandsselskaberne. Et andet indlæg på temadagen drejede sig om brug af "offerledninger" af beton som et led i svovlbrintebekæmpelse.

Der er ingen tvivl om, at der skal tænkes nyt i forhold til svovlbrintebekæmpelse, men man skal også indtænke driftsomkostninger. Her er offerledninger absolut nytænkning, og det er en mulighed der skal prøves, men man skal også regne med at udskiftningen af offerledningen så bliver til en driftsudgift.

Man skal også regne med, at nogle af de ledninger vi nu oplever ødelagt af svovlbrinte og udskiftet med en plastledning af en eller anden slags rent faktisk har fungeret som en offerledning, og at svovlbrinten stadig forekommer, men tilstedeværelsen mærkes så blot på et senere tidspunkt / sted i ledningsnettet, og kan så gøre skade på et nyt sted.

Placeringen af oppumpningsbrønden i forhold til beboelse kan være problematisk, idet den omrøring der foregår når spildevandet kommer fra trykledningen vil frigøre svovlbrinte, og det kan være temmelig generende for nærliggende boliger.

Vores borgere og kunder vil ikke længere finde sig i alvorlige lugtgener, og det skal de jo for så vidt heller ikke, man kan jo også sige at svovlbrinten er ligeså giftig for dem som for spildevandsarbejderen.

Man er nødt til i højere grad at indregne dette i nye spildevans anlæg, idet det i modsat fald vil være driften der skal betale for udgiften, og det betyder så højere driftsudgifter.

Og spildevands selskaberne måles af staten på billigst mulige driftsudgifter, men ikke på anlægsudgifter.

Anlægsudgifter kan man jævnfør aktieselskabsloven afskrive på, men det kan man IKKE på driftsudgifter.

Det er et problem, at mange rådgivere har en anden opfattelse af et kloaksystems funktion, end driftens erfaringer, og det må vi naturligvis arbejde med i form af videns – og erfarings deling, og dette ansvar er naturligvis rettet både mod driftsfolkene og mod anlægsfolkene. Bedre udveksling af driftserfaringer kan kun betyde bedre anlæg med billigere driftsudgifter.

I den sidste ende drejer det sig om, at vi stiller præcise krav til, hvordan projektet skal opbygges, og disse krav skal være så præcise, at det er entreprenørens dygtighed der afgør hvem der vinder opgaven, og ikke en eller anden ide om hvordan det kan gøres, men som ikke nødvendigvis passer ind i den ide udbyderen havde med projektet både med hensyn til funktion og driftsomkostninger.

Svovlbrinte kan bekæmpes på flere måder:

- Med kemikalier
- Med luft
 - Tilsat i pumpeump for at skabe omrøring og iltning
 - Tilsat i trykledning dels for at fjerne spilevandet i trykledning dels for at give et tilskud af ilt til det tilbageværende spildevand
- Med luftarter som f.eks. Ilt eller Ozon for at forhindre tilstande med iltfrie forhold
- Rensning af trykledninger med rensegris eller spulinger af trykledninger for at fjerne biofilm i røret hvor svovlbrinten kan dannes
- Lugtgener kan bekæmpes med forskellige former for filtrering af udluftnings luften, men det fjernet ikke årsagen til generne.

”Offerledninger”

En mulig løsning til bekæmpelse af svovlbrinte i afløbssystemer

Af Projektleder Jesper Walter-Rasmussen,
MOE A/S

Spildevand har generelt fået en længere opholdstid i kloaksystemer, hvilket bidrager til udvikling af den giftige gasart svovlbrinte. En mulig løsning af problemet kan være de såkaldte ”offerledninger”. Med henblik på at undersøge og afdække, hvorvidt offerledninger kan være et løsningsalternativ til håndtering af svovlbrinte har MOE derfor igangsat et forskningsprojekt i samarbejde med Kolding Spildevand, Aalborg Universitet, Vandcenter Syd og Ikast Betonvarefabrik.

Svovlbrinteproblematikken

I løbet af de seneste år har EU's vandrammedirektiv og dermed vandmiljøhandlingsplanen medført en centralisering for rensningen af spildevandet og der stilles krav til kloakering af det åbne land. Dette har resulteret i, at spildevandet i højere grad skal transporteres over længere strækninger, hvorved ilten i trykledningerne slipper op, og der i stedet dannes svovlbrinte. Den giftige gasart er stærkt ildelugtende, men kan herudover være yderst sundhedsfarlig i større koncentrationer. Der er foretaget målinger i kloakrør, der viser i flere situationer en koncentration på op mod 1000 ppm, hvilket udgør en livstruende dosis ved indånding. Man har indtil videre forsøgt at komme svovlbrinten til livs ved at tilsætte spildevandet kemikalier eller indblæse luft i trykledningen. Fælles for begge metoder er at driftsudgiften er meget stor. Der er derfor et behov for nye og mere miljøvenlige løsningsmodeller. Her kunne offerledningen måske vise sig at være et prisvenligt og langt mere bæredygtigt alternativ.

Idéen bag offerledningen

Som navnet antyder, er en offerledning en ledning som ”ofres”. Ledningen består af en betonblanding, der kan neutralisere svovlbrinten, samtidig med at betonen nedbrydes under processen. I 2010 etableredes den første offerledning i samarbejde med Høje Taastrup Kloakforsyning i et grønt område i udkanten af byen. Ledningsstrækningen var en 22 meter lang ø300 betonledning med en godstykkelse på 74 mm, hvilket er mere end standard godstykkelsen på 54 mm. Da MOE to år efter kunne bedømme resultaterne, viste det sig, at ledningerne inde i landsbyen ikke havde taget skade, hvilket ellers ville være tilfældet, hvis ikke offerledningen havde været der. Derimod kunne MOE via tv-inspektionen dokumentere, at svovlbrinten i stedet havde ædt 4 millimeter af betonen i offerledningen. Samtidig var beboerne forskånet fra diverse lugtgener i løbet af de to år. ”Oftringen” havde således haft den ønskede effekt.



Offerledning i Hjarup.



Offerledning i Almind.



Offerledning i Aller.

Et Forskningsprojekt bliver til

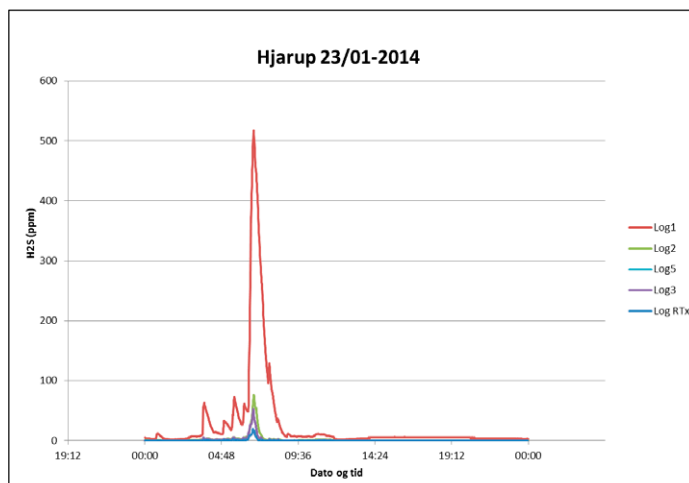
På baggrund af disse positive erfaringer tog MOE efterfølgende kontakt til Jes Vollertsen fra Aalborg Universitet, der ligeledes kunne se muligheden i forskningsprojektet. MOE havde på daværende tidspunkt allerede drøftet idéen med projektchefen fra Ikast Betonvarefabrik. Vi fik samtidig henvendelser fra Kolding Spildevand og fra Vandcenter Syd, der ligeledes kunne se potentialet i innovation på denne front. Vi er derfor nu 5 partnere, der er gået sammen om at lave et forskningsprojekt, hvor vi bla. tester 3 offerledninger i Kolding (Hjarup, Almin og Aller) samt 2 på Fyn (Veflinge og Bogense), over en fem-årig periode. Vores foreløbige tests viser allerede, at hvis man har en oppumpningsbrønd, hvor man har målt op mod 5-600 ppm svovlbrinte, så kan man efter 50 meter i offerledning se en reduktion, ned til 19 ppm. Vi regner endda med, at tallet vil falde yderligere til omkring 1 ppm, når vi kommer længere ind i foråret 2014.

Offerledningen er på nuværende tidspunkt ikke fuld "funktionsdygtig", da de svovlbrintenedbrydende mikroorganismer endnu ikke har etableret sig fuldt ud. Der er dog stadig visse udfordringer forbundet med offerledningen som koncept, da holdbarheden selvsagt kan vise sig at være et problem, når betonen nedbrydes.

Den anden hovedaktivitet i projektet er derfor at tage udgangspunkt i viden inden for mikrobiologi og kemi i forsøget på at udvikle forskellige betonblandinger, som både er modstandsdygtige overfor syreangreb, men samtidig kan danne grobund for de svovlbrintenedbrydende organismer som omsætter kalken i betonen og derved nedbryder den høje koncentration af svovlbrinte i luften.

Det overordnede formål med forskningsprojektet er hermed at finde en løsning, der formår at kombinere bæredygtighed med et vedvarende fokus på de økonomiske aspekter ved en effektiv bekæmpelse af svovlbrinten.

Der er et stort behov for innovation på dette område, da der ligeledes er tale om en global udfordring. Der kan derfor vise sig at være et internationalt marked for denne teknologi på længere sigt.



Offerledning ved Sengeløse.



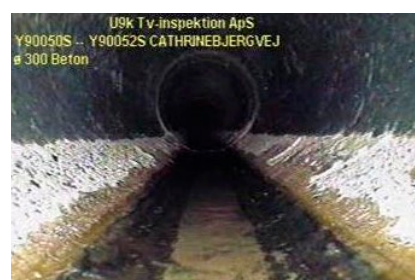
Foto af ofringen.



Oppumpningsbrønd for offerledning.



Inspektionsbrønd for test.



Damhusledningen

Hvidovre

Af Senior Projektchef Frank Hallig, Rambøll

For at sikre badevandskvaliteten i Køge Bugt samt reducere risikoen for oversvømmelse af et større boligkvarter i Hvidovre anlægger HOFOR en ø 2,5 m tunneleret kloakledning samt en stor pumpestation.

Forhistorien

Den gamle del af Hvidovre Kommune, som er etableret i begyndelsen af forrige århundrede, ligger meget lavt og tæt på Damhusåen. Området er fælleskloakeret og har overløb til Damhusåen, der også afvander en stor del af det vestlige København. Damhusåen har udløb til Kalveboderne. Boligkvarteret i Hvidovre bliver jævnligt oversvømmet, når det regner kraftigt. Årsagen til oversvømmelserne er dels at vandet stuver op i afløbssystemet, dels at Damhusåen går over sine bredder. I 2011 åbnede Hvidovre Kommune en ny badestrand ved Lodsparken. Stranden er beliggende ca. 1 km fra Damhusåens udløb til Kalveboderne, hvorfor overløb fra kloaksystemet til Damhusåen medfører rødt flag på stranden (stranden lukkes).

Baggrund

Det fælleskloakerede afløbssystem i Hvidovre er anlagt i perioden 1920 til 1950 med mulighed for at aflaste overløbsvand til Damhusåen. Overløbsbygværkerne er typisk dimensioneret, så der sker overløb, når belastningen af systemet er 3 eller 4 gange større end den maksimale spildevandsmængde. Flere boliger og større befæstede arealer i området medfører, at dimensioneringskriteriet er overskredet. Der sker derfor overløb til Damhusåen rigtigt ofte. Afledningen af vand fra området langs Damhusåen sker fra mindre oplande, hvorfra vandet ledes til en afskærende fælleskommunal ledning langs Damhusåens østside – på Københavns side af åen. Fra den afskærende ledning pumpes vandet til Damhusåens Renseanlæg. Vandet fra det sydligste område i Hvidovre – ud mod Kalveboderne – ledes til Åmarkens Pumpestation, hvorfra det ligeledes pumpes til Damhusåens Renseanlæg. Terrænet på Københavnersiden af Damhusåen ligger lidt højere end på Hvidovre siden, hvorfor der hyppigst sker oversvømmelse i Hvidovre.

Hvidovre Kommune har med baggrund i ovenstående besluttet at gennemføre en udbygning af afløbssystemet langs med Damhusåen med følgende formål:

1. Overløb af opblandet regn- og spildevand til Damhusåen og dermed Kalveboderne reduceres væsentligt – til maksimalt 5 gange pr. år.
2. Vandkvaliteten forbedres, så der opnås badevandskvalitet ved Lodsparken, og maksimalt mistes 4 badedage pr. år på grund af aflastninger.
3. Antal og konsekvenser af lokale kælderoversvømmelser reduceres ved at opmagasinere mere vand og lede det hurtigere væk fra lokalområderne.
4. Hvidovre Kommunes serviceniveau på afløbsområdet overholdes i overensstemmelse med kommunens vedtagne strategi for kloakområdet.



Oversigtskort med ledningsanlæg og adgangsskakte.

En lang række mulige løsninger er vurderet: bassiner, øge dimensionerne af ledningsanlægget, pumpestationer mv. Resultatet af disse overvejelser og beregninger er følgende løsning:

1. Etablering af en 4 km. lang ny afskærende ledning i dimensionen \varnothing 2.500 mm – \varnothing 1.200 mm langs Damhusåen. Vandet fra deloplandene ledes til denne ledning, dvs. frakobles den fælleskommunale ledning. Herved bliver stuvningen i Hvidovres afløbssystem uafhængigt af de øvrige oplande, der er tilsluttet den fælleskommunale ledning.
2. Etablering af ca. 1 km ledningsanlæg i dimensionerne \varnothing 400 mm til \varnothing 1.200 mm ledning, der leder vandet til den afskærende ledning.
3. Bassinledningen ender i den eksisterende Åmarkens Pumpestation, som i denne forbindelse udvides betydeligt.

HOFOR har valgt at udbyde ovenstående i to selvstændige entrepriser – ledningsanlæg hhv. pumpestation.

Ledningsanlæg

Projektet for ledningsanlægget går under fællesbetegnelsen "Damhusledningen – Hvidovre". Damhusledningen – Hvidovre Sektion I etableres ved tunnelering, hvorimod sideledninger til denne etableres ved traditionel opgravning. I det følgende fokuseres på den tunnelerede ledning.

Mod syd ved Åmarkens Pumpestation har den tunnelerede ledning bundkote ca. 8 m under terræn og stiger mod nord, hvor den har bundkote ca. 5 m under terræn. De sydligste ca. 1.500 m er \varnothing 2.500 mm og de nordligste 500 m er \varnothing 2.000 mm.

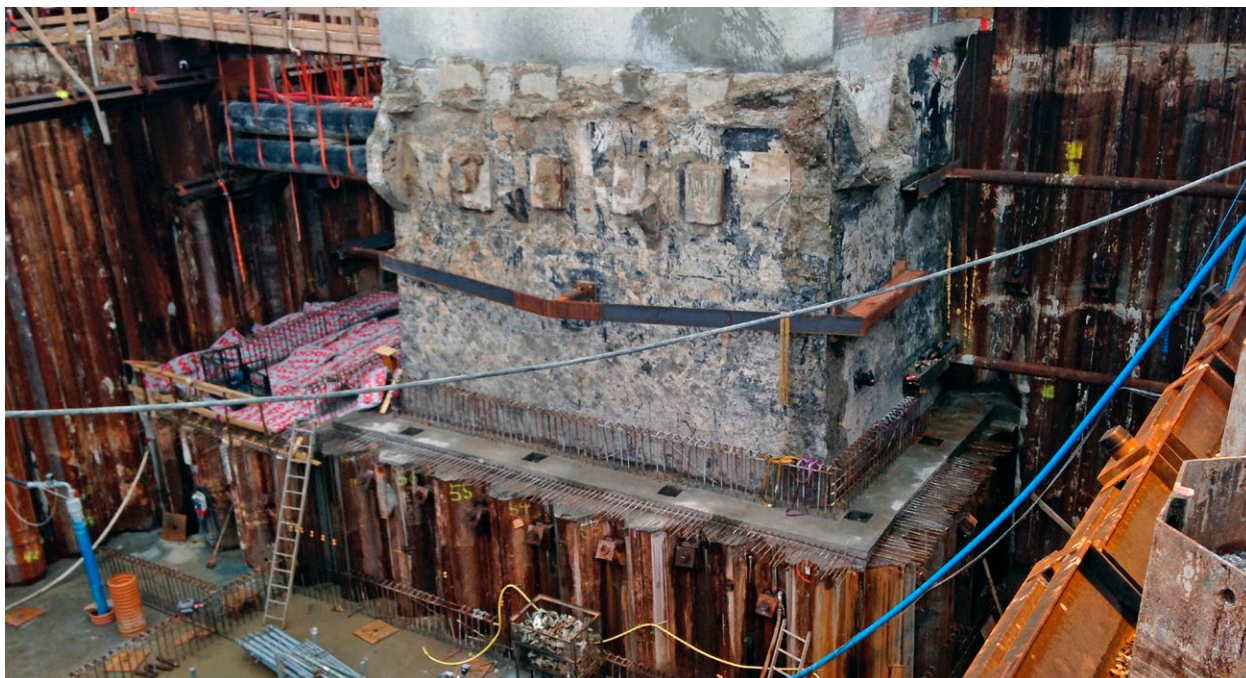
Fakta om Damhusledningen, Sektion I:

1.500 m tunneleret \varnothing 2.500 mm ledning og 500 m tunneleret \varnothing 2.000 mm ledning – disse ledninger har et samlet bassinvolumen på 9.000 m³

1.000 m ledning ved traditionel opgravning i dimensionerne \varnothing 1.200 til \varnothing 400 mm

10 m dyb spildevandpumpestation med en kapacitet på 1.600 l/s

Aflastningspumpestation med en kapacitet på 10.000 l/s.



Åmarkens Pumpestation – byggegrube.
Bemærk at den eksisterende pumpestation har fået "mavebælte" så konstruktionen ikke kollapser.

Tunneleringen udføres ved, at der indledningsvis etableres 7 sende- og modtagegruber. Entreprenøren har valgt at udføre disse byggegruber vha. sekantpæle, dvs. lodrette betonpæle, hvoraf enkelte er armerede. Når der graves ud til byggegruberne udføres grundvandssænkning, og der udstøbes en bundplade tørt. Bundpladen fastgøres vha. jordankre, og når bundpladen er hærdet, slukkes grundvandssænkningen.

Tunnelboremaskinen installeres i byggegruben, og grundvandet sænkes i den periode, maskinen går gennem sekantpælene. Når maskinen er kommet et stykke ind, etableres der tryk bag boremaskinen således at grundvandssænkningen kan stoppes igen. Når tunnelmaskinen nærmer sig modtagegruben, sænkes grundvandet lokalt om denne, og tunnelmaskinen borer gennem sekantpælevæggen.

Tunnelboremaskinen, der anvendes på denne opgave, er med åben tryksat front. Dvs. at der holdes et overtryk ude i maskinens front, hvorved grundvand holdes ude. Ude i den tryksatte front sidder en mand og graver materialet ud og kommer det over i en vogn. Når vognen er fuld, åbnes en luge til trykudligningskabinen. Denne kabine har samme tryk som ude ved fronten. Lugen mod fronten lukkes og trykket udlignes, hvorefter lugen i den anden ende kan åbnes. Efterhånden som der graves ud, trykkes maskinen fremad, og der skubbes nye rør i fra afsendergruben.

Når den tunnelerede ledning er etableret, tilsluttes det eksisterende afløbssystem til denne. For at øge kapaciteten af det eksisterende afløbssystem øges ledningsdimensionerne flere steder. Disse ledninger etableres ved traditionel opgravning.

Pumpestationen

Den tunnelerede ledning ender ved den eksisterende Åmarkens Pumpestation. I forbindelse med denne etableres to nye pumpestationer, dels en dyb pumpestation,

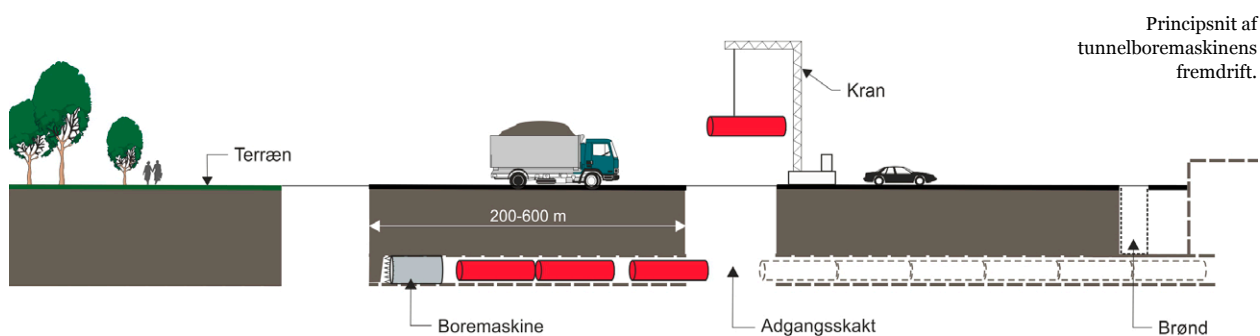


Tunnelboremaskinen installeret i byggegruben.

der modtager den daglige spildevandsstrøm fra den tunnelerede ledning, dels en højere pumpestation – aflastningspumpestationen – der i forbindelse med regn pumper opblandet regn- og spildevand ud i Damhusåen.

Den nye ca. 10 m dybe spildevandspumpestation udstyres med 4 pumper, der hver har en kapacitet på 400 l/s, og som pumper spildevandet til Renseanlæg Damhusåen.

De hydrauliske beregninger, der er udført, viser, at det ikke er tilstrækkeligt at etablere et overløb ved gravitation til Damhusåen. Årsagen til dette er en kombination af meget lavt terræn og stuvning i Damhusåen i forbindelse med regn. Der etableres derfor en aflastningspumpestation, der træder i kraft i tilfælde af opstuvning i afløbssystemet, som følge af kraftig regn. Aflastningspumpestationen er udstyret med 2 pumper hver med en kapacitet på 2.500 l/s. Pumpestationen er forberedt til, at der kan installeres endnu 2 pumper med samme kapacitet, således at aflastningspumpestationens samlede kapacitet bliver på 10.000 l/s. Aflastningspumpestationen sikrer ligeledes, at der kan aflastes/pumpes til Damhusåen ved en fremtidig vandstandsstigning på 1 m og i tillæg højvande på 1 m, dvs. en samlet forøgelse af vandspejlet på 2 m i Kalveboderne.



Danmarks største afskærende ledningsanlægsprojekt

Af Afdelingschef Frank Jordt Kappel og Maskiningeniør Hanne Risbæk

I sensommeren 2011 vandt Grontmij i totalentreprise med TC Anlæg og Grundfos rådgiveropgaven med at centralisere spildevandsrensningen i Faaborg Kommune for FFV Faaborg Spildevand A/S. Det var et spændende og intenst projektføreløb, som blev afsluttet ved afleveringen af projektet til bygherren den 12. december 2012.

Projektet gik i korte træk ud på at nedlægge 3 renseanlæg i henholdsvis Nørre Broby, Hillerslev og Korinth, etablere 3 stk. ca. 3.000 m³ sparebassiner med skyllesystemer samt etablere ca. 40 km afskærende trykledninger i dimensioner op til Ø400 mm inkl. 7 pumpestationer, hvoraf de 5 er indbyrdes forbundne i et samlet netværk.

Grontmij har stået for selve projekteringsdelen, som blandt andet bestod i at fastlægge tracéet, udarbejde et idéforslag til trykgravitationsledning fra hovedpumpestation samt modellere trykgravitationsløsningen.

Tekniske og energirigtige løsninger

Vi står et helt projektføreløb senere og en del erfaringer rigere siden projektets opstartworkshop den 1. og 2. september 2011, hvor alle projektets parter var samlet for at afstemme hinandens forventninger til projektet og samarbejdet. Løsninger og nye måder at tilgå projektet på har været vendt og drejet mange gange undervejs i projektteamet med det mål at sikre bygherren energirigtige, fremtidssikrede og driftsøkonomiske løsninger i hele projektet.

"I samspil med de øvrige samarbejdspartnere i projektet har vi tænkt nye tekniske og energirigtige løsninger ind i projektet. For eksempel har vi anvendt en trykgravitationsløsning i stedet for på traditionel vis at pumpe spildevandet en ekstra gang. Denne løsning har sikret Faaborg Spildevand en årlig energibesparelse på cirka 300.000,- kr.", fortæller afdelingschef Frank Jordt Kappel.

"Fra 6 af de 7 pumpestationer udgår der to trykledninger. Den ene trykledning bliver anvendt i tørvejrssituationer, og begge ledninger bliver anvendt i regnsituationer. Dette giver også et lavere energiforbrug fremfor kun at anvende en ledning", fortsætter maskiningeniør Hanne Risbæk.



Avanceret pumpestyring

Driftsøkonomien har også været et vigtigt parameter i selve pumpestyringen, som til dato må betragtes at være en af Danmarks mest avancerede. Hele det afskærende system bliver betragtet som en enhed, der overordnet samstyres via netværksforbindelser. Pumpestyringen har for eksempel indbyggede automatiske funktioner til blandt andet skylning af trykledninger og renholdelse af pumpesump samt automatisk afhjælpning af tilstopningsproblemer. Disse funktioner medvirker til energioptimal drift af de enkelte pumper og dermed lavere driftsomkostninger. Herudover er styringen fremtidssikret, idet det for eksempel er muligt at prioritere recipienternes robusthed i tilfælde af overløb. Hver pumpestation er også udstyret med en regnmåler, som på sigt kan inddrages i den effektfulde og avancerede styring.

”For os har det vigtigste i projektet været at betragte pumpesystemet som en helhed. Vi har arbejdet med nye tankegange omkring, hvordan overløbshændelser kan prioriteres, ligesom vi trods en geografisk spredning på pumpestationerne har udnyttet og prioriteret det samlede bassinvolumen optimalt. Det har været et utroligt spændende projekt at løse i samarbejde med projektets parter”, slutter Hanne og Frank.

Vil du vide mere om vores løsninger inden for afskærende ledningsanlæg, er du meget velkommen til at kontakte os.



Energiperspektivet

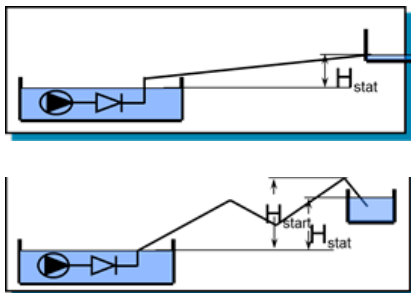
Hvad skal man vælge...

Af Teknisk Chef Michael Jersborg
Xylem Water Solutions Denmark

Når beslutningen er taget om at nedlægge et rens anlæg, for at pumpe spildevandet videre til et større centralt rens anlæg, er der flere overvejelser, der skal tages i betragtning.

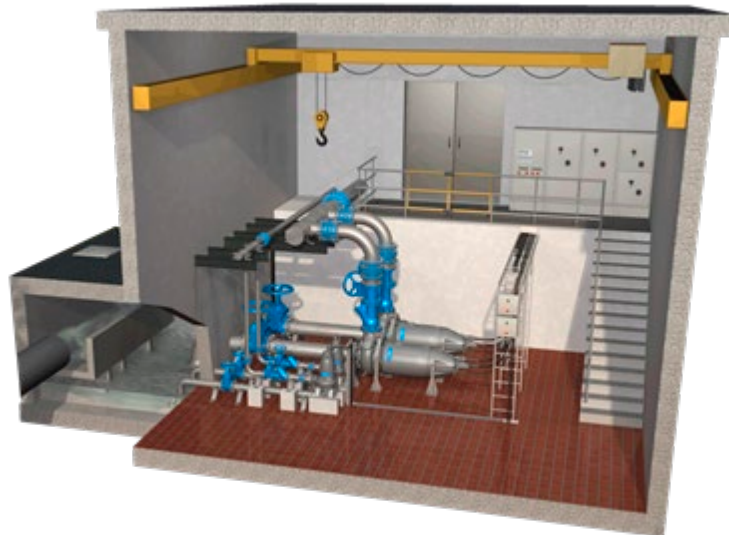
Først er der selve anlægsinvesteringen af pumpestationen. Det skal besluttes, om det skal være en station med dykkede eller tørt opstillede pumper og hvordan selve pumpestationen skal udformes. Man skal umiddelbart ikke gå efter den billigste løsning, da det er vigtigt, at man får en pumpestation med den største driftssikkerhed og som samtidig er mest energioptimal.

I henhold til nedenstående "fig. 1" vil de væsentlige udgifter til en pumpestation igennem dens levetid (LCC) udgøre ca. 23 % til installationen, 29 % til drift og vedligehold samt 32 % til energiomkostninger. Omkostningerne til selve installationen afgøres af, hvordan man ønsker pumpestationen udformet. Der er som udgangspunkt ikke nogen ide i at minere omkostningerne til dette, da det er af væsentlig betydning, at man får en pumpestation, der er optimal mht. servicering, renholdelse og daglig vedligehold. Endvidere er der en række lovkrav, der skal overholdes omkring arbejds- og adgangsforhold. Når man udbyder leverance af en pumpestation, bør drift og vedligehold (bl.a. priser på reservedele) ikke være et tungtvejende udbudsparameter. Der er i dag en pæn håndfuld aktører/pumpeleverandører på markedet, der alle leverer kvalitetsprodukter. På den lange bane vil omkostninger til reservedele fra disse leverandører stort set være ens, da det hovedsagligt er selve mediet og driftstiden, der afgør hvor mange og hvor tit, der skal anvendes nye reservedele. Der kan dog være tale om, hvor nemt det er at adskille pumper og udskifte reservedele "set ud fra et tidsperspektiv", men denne omkostning har ikke den store indflydelse, når man ser på den samlede omkostningscirkel. Energiforbruget er derimod en vigtig parameter, da det er den, der har den største indflydelse på omkostningscirklen og samtidig kan give anledning til en væsentlig merudgift, såfremt pumperne ikke er udlagt korrekt.



Udlægning af pumper og trykledninger

Første punkt ved udlægning af pumperne er at beslutte, hvilken vej trykledningen skal gå for at komme fra A til B. Det er ikke altid entydigt, at den korteste vej er den bedste. Såfremt den korteste vej kræver, at man skal over en eller flere højdepunkter, kan det være en bedre løsning at lægge en lidt længere trykledning for at komme uden om højdepunkter, da trykhøjden har en væsentlig indflydelse på pumpernes energiforbrug. Endvidere vil der ved en trykledning med flere top og lavpunkter være risiko for, at der kan samle sig luftlommer i de enkelte toppunkter. Luftlommer vil at andet lige give anledning til større modtryk,

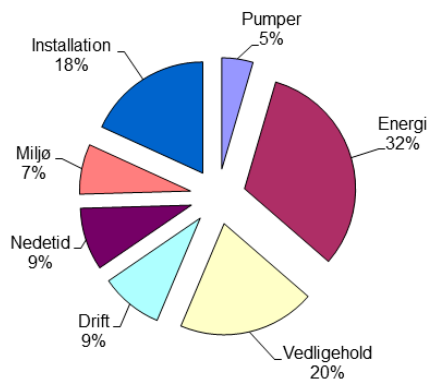


som pumperne skal overvinde med dertil hørende højere energiforbrug. Såfremt man ikke har mulighed for at eliminere evt. toppunkter, skal man vurdere, om det kan betale sig at afsætte udluftningsventiler, eller om man skal bruge den ekstra energi, det koster at lade pumperne overvinde evt. luftlommer. Ved risiko for toppunkter og luftlommer mv. skal man endvidere tage højde for, hvilken indflydelse dette kan have på evt. trykstødsforhold.

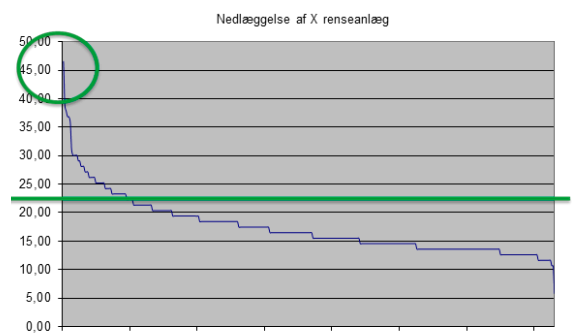
Hvad skal pumpeydelsen være? Såfremt man nedlægger et mindre renseanlæg for at pumpe spildevandet videre, skal pumperne selvfølgelig kunne flytte den vandmængde der til dagligt bliver ledt til renseanlægget. Som udgangspunkt bør man udtage/samle måleresultater af det daglige tilløb til renseanlægget. Jo længere tidshorisont man har mulighed for at samle målinger over, jo bedre overblik vil man kunne få af tilløbets variationer over tid. I nedenstående eksempel "fig. 2" er der f.eks. målt over et år (365 dage). Eksemplet viser, at spidsbelastningen (den maksimale tilløbsmængde) vil være ca. 45-50 l/s. Det vil dog ikke være den ydelse, som pumperne rent energimæssigt skal udlægges for, da driftstiden ved denne belastning kun forekommer få dage om året. Man bør derimod skære kurven der, hvor man dækker 80-90 % af året – i dette tilfælde ved 20-25 l/s -og finde pumper, der har et lavt specifikt energiforbrug ved dette punkt. Herefter skal man så forholde sig til, hvordan man får pumpet spildevandet væk ved spidsbelastningerne. Såfremt man har valgt pumper, der er nedreguleret med frekvensomformer til ydelsen omkring de 20-25 l/s, kan det være, at det er muligt at pumpe spidsbelastningerne ved 50 Hz eller måske endda køre oversynkront for at opnå ydelsen, såfremt motorstørrelser er udlagt til at kunne klare dette. Det er også muligt, at man installerer en eller to ekstra pumper, der alene har til formål at klare spidsbelastningerne. Endvidere er der også løsningen med at samle spildevandet, der kommer ved spidsbelastning i bassiner og dermed afvente, med at pumpe det videre til belastningen er nede under de 20-25 l/s. Dermed får man også pumpet spidsbelastningen væk ved en lav specifik energi.

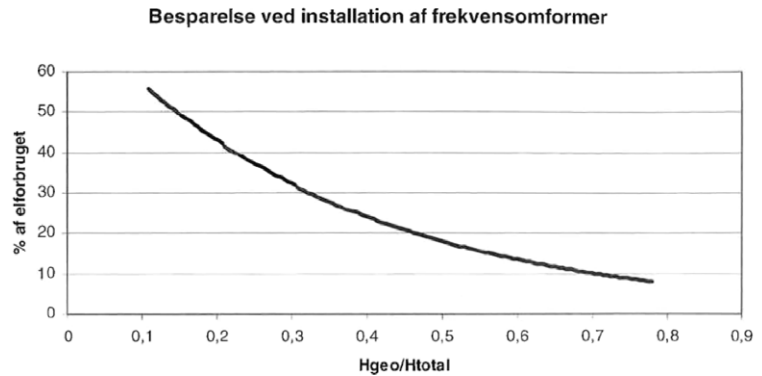
Valg af trykledningsdimension vil være et produkt af ovenstående overvejelser omkring pumpeydelse. Da det er en fordel at bede pumpeleverandøren om at udlægge pumper med bedste/laveste specifikke energi ud fra evt. målte tilløbsmængder, bør det samtidig være op til pumpeleverandøren at beslutte, hvilken størrelse trykledning, der er den optimale. Det er derfor ikke nogen fordel at lægge trykledninger i jorden, før man har konsulteret sin pumpeleverandør.

Figur 1.



Figur 2.





Figur 3.

Skal man frekvensregulere...?

Taler man om lange afskærende trykledninger, så er det som udgangspunkt en fordel at frekvensregulere sine pumper med mindre, at man har et forholdsvis meget højt geometrisk løft. Nedenstående tabel (fig. 3) viser muligheden for besparelse af energiforbrug alt efter, hvor stor andel den geometriske løftehøjde andrager af det samlede modtryk. Det vil sige, at jo mindre den geometriske løftehøjde andrager, jo større sandsynlighed for energi besparelse.

Udbuddet

Man har nu valgt, hvordan pumpestationen skal opbygges og fundet intervaller for pumpeydelse og skal nu have udbudt pumpestationen og valgt den rette løsning. For at kunne vælge den rigtige løsning, bør man som minimum have belyst følgende forhold; Beregninger af ydelser ved forskellige scenarier (daglig belastning, spidsbelastning mm.). Dvs. er pumperne udlagt til at kunne håndtere den beregnede/oplyste tilløbsmængde.

- Er det en driftssikker løsning..? Har man sørget for at oplyse de indbudte om spildevandets sammensætning/beskaffenhed, og er de indbudte pumpeleverandører nogle af de anerkendte aktører på markedet, bør der ikke stilles spørgsmål ved driftssikkerheden. Som tidligere nævnt, bør prisen på reservedele og øvrige vedligeholdelsesomkostninger heller ikke være et større indsatspunkt i en udbudsrunde.
- Der skal vedlægges trykstødsberegninger samt beregninger for eliminering af trykstød, såfremt der er risiko for, at dette skulle forekomme.
- Der skal vedlægges beregninger af evt. forekomst af luftlommer. Såfremt beregningerne viser, at der er risiko for luftlommer, skal der endvidere udføres konsekvensberegninger for disse. Det vil sige, hvilken indflydelse har det rent energimæssigt, såfremt pumperne skal overvinde luftlommer og kan det energimæssigt/anlægsøkonomisk svare sig at afsætte udluftninger på trykledningen.
- Sidst men ikke mindst, skal der vedlægges dokumenterede beregninger af løsning med det laveste energiforbrug ud fra de stillede kriterier.



Energi, energi, energi...

Ved dokumentation af det specifikke energiforbrug, skal den oplyste effekt altid være P1 den optagne effekt eller den tilførte effekt, om man vil. Det skal være den effekt, der tilføres pumpe igennem pumpekablet, - den effekt der trækkes ud af tavlen. Hvor meget effekt, der skal til for at drive hydraulikdelen eller for at drive motoren alene, er i og for sig uvedkommende. Det drejer sig ene og alene om, hvor mange kW der skal betales for hos el-forsyningselskabet.

Skal man så anvende energi spare motorer...? Ja det skal man vel i princippet, for det er jo den vej udviklingen går. Og det giver jo altid god mening at spare på energien. Men... det skal dokumenteres, at det så også er den bedste løsning. For en forbedring af motorens virkningsgrad med 3-4 % er ikke ensbetydende med, at den samlede motor og hydrauliske del også kommer ud med den samlede bedste virkningsgrad. Samtidig skal man også huske at tage i betragtning, at en pumpe med energi spare motor kan være op til 15-20 % dyrere i anskaffelse end en pumpe med standard motor. Men uanset hvilken type motor man vælger, skal man huske, at det er den samlede/total virkningsgrad der er af betydning.

Efter leveringen...

Pumpesystemet er leveret og pumpestationen er sat i drift. Der har været økonomiske udgifter til bl.a. ingeniører, entreprenører, pumpeleverandører og mange flere samt ikke mindst forsyningens egne ressourcer. Pumpestationen er opbygget og trykledningen lagt efter de stillede krav i udbudsmaterialet ganske givet med henvisninger til alle gældende normer og anvisninger. Det er derfor af vital betydning, at der også bliver stillet krav til en eftervisning af pumpernes energiforbrug. Som tidligere nævnt, kommer energiforbruget til at udgøre ca. 32 % af pumpestationens omkostning i dens levetid. Så hvis man har stillet krav (evt. energibod) til energiforbruget i udbudsmaterialet, så skal det selvfølgelig også eftervises af leverandøren. Hvorfor ellers stille krav...?

Bør energiforbrug ikke have større vægtning end anlægskostninger i tildelingskriterier ved udbud..?

Energien..... hele livet...

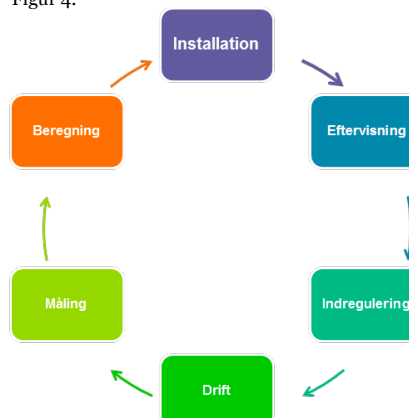
Men at forlade sig på en energieftervisning umiddelbart ved aflevering/overtagelse af pumpestationen er ikke nok. Der kan i pumpestationens levetid sagtens ske større ændringer i oplandet/tilløbet, ligesom at der kan have været usikkerhed omkring de dimensiongivende data. Ud af nedenstående (fig. 4) har vi givet et forslag til, hvordan vi ser at pumperne løbende bør efterses/vurderes.

- Installation. Pumperne er installeret og idriftsat.
- Eftervisning. Det beregnede/garanterede energiforbrug eftervises.
- Indregulering. Finjustering af evt. Hz i frekvensomformer eller niveauer for start og stop i sumpen indreguleres til optimal drift.
- Drift. Den daglige drift igangsættes og pumpestationen kører med de almindelige/foreskrevne serviceeftersyn mv.
- Måling. Efter en given periode eller såfremt man ved at der er sket væsentlige ændringer i stationens tilløb, foretages der målinger på pumpernes drift. Det vil sige drift timer, antal starter, energiforbrug mv.
- Beregning. Såfremt ovenstående målinger viser, at der er sket væsentlige ændringer fra udgangspunktet, foretages der nye beregninger om hvorvidt det kan betale sig at ændre niveauer i sumpen, Hz i frekvensomformer, pumpehjulstørrelser eller måske skift af pumpetype for at optimere energiforbruget i forhold til den nye status.
- Installation. Såfremt beregningerne viser at det kan betale sig at gøre ændringer/indgreb i stationen foretages dette.

Herefter kører cirklen igen med eftervisning af ændringerne, evt. mindre indregulering, drift osv. osv.



Figur 4.



Er luft i tryksatte systemer et reelt problem, eller er det et forbigående fænomen?

Af Projektleder Karsten Egebjerg, Krüger

Når Luftlommer i spildevandssystemer.

Luftlommer er et udbredt problem i mange tryksatte spildevandssystemer, og tendensen er stigende, hvilket hovedsagligt skyldes den øgede centralisering af spildevandsrensningen. Fænomenet har betydning for de tryksatte systemers funktion, driftssikkerhed og ikke mindst driftsøkonomi, hvorfor der er betydelig fokus på problemstillingerne.

Luft er ikke skadelig eller generende i sig selv, men deres tendens til at samle sig i toppunkterne, kan resultere i omfattende driftsproblemer, og i mange situationer også betydelige økonomiske konsekvenser. Luftlommer er generelt en meget kompleks problemstilling, da årsagerne kan være vanskelige at identificere.

Blandt planlæggere og projekterende er der derfor ofte udbredt bekymring for de udfordringer, som luftlommer i tryksatte systemer kan medføre. Årsagen til bekymringerne, kan ofte tilskrives usikkerhed om hvorvidt luftlommer i et givet system vil udvikle sig til et problem, og hvorledes det i givet fald kan løses.

Til trods for, at universiteter og forskningsinstitutioner gennem mange år har arbejdet med problematikkerne, er der endnu ikke fremkommet fuldgældige metoder til forudsigelse og afhjælpning af problemerne.

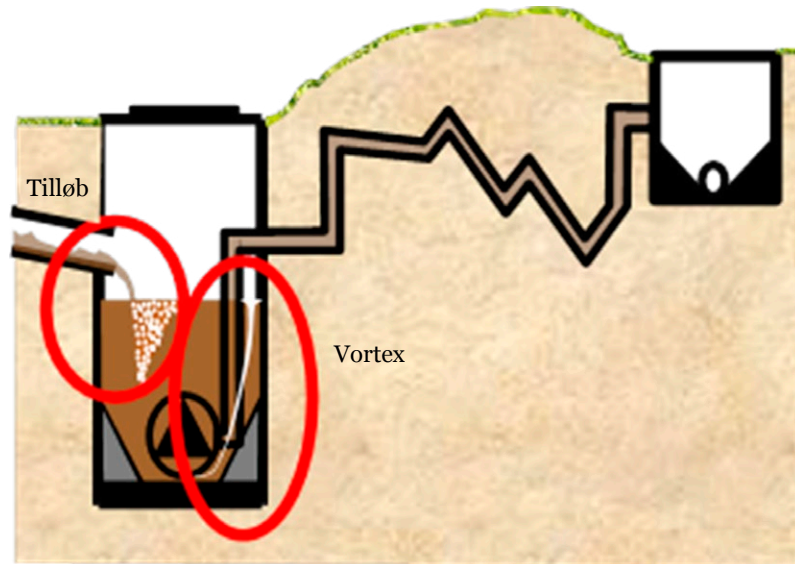
Udtrykket "luftlomme" refererer til et større sammenhængende luftvolumin, hvis bevægelsesmønster og –hastighed kan afvige fra mediets, mens udtrykket "luftboble" refererer til mindre usammenhængende bobler, der generelt bevæger sig med tilnærmelsesvis samme hastighed som pumpemediet, hvorfor de løbende transporteres bort.

Konsekvensen af luftlommer i tryksatte spildevandssystemer er mangfoldige.

De almindeligste gener er:

- Reduceret systemvirkningsgrad
- Øget systemmodstand/øget energiforbrug
- Uforudsigelig trykstødsforløb
- Fysiske skader på pumper, ledningsanlæg, m.v.

Konsekvenserne af de uforudsigelige strømningsforhold som luftlommer kan resultere i er mangfoldige, men typisk vil de voldsomme tryksvingninger som luftlommerne resulterer i, have karakter af destruktive trykstød, ofte i kombination med betydelige undertryk, evt. fuldkommen vacuum.



Da luftlommernes omfang og placering kan være vanskelig at forudsige, er det ikke muligt at forudsige konsekvenserne, men det er et faktum, at forekomsten af luftlommer altid vil øge systemmodstanden og dermed energiforbruget og i sidste ende vil det forkorte systemets levetid.

Årsagen til luft spildevandssystemer

Der er mange potentielle kilder til luftlommer i pumpesystemet, og det er som oftest en kombination af flere forhold, der resulterer i kritiske tilstande.

De almindeligste årsager til luft i tryksatte systemer skyldes uhensigtsmæssigt design, bl.a.:

- Uhensigtsmæssig design af sump og indløbsforhold, så sumpen tilføres store mængder luft
- Opholdstiden i sumpen er ikke tilstrækkelig til at sikre en effektiv evakuering af luften, inden den når pumpeindløbet
- Turbulent strømning i sumpen frem til indløbet i pumpen, forårsaget af uhensigtsmæssig udformning af banketter og andre forhindringer, så der er risiko for at der trækkes luft ind pumpen – vortex
- Uhensigtsmæssig fyldning af trykledningen ved ibrugtagningen
- Ubalance mellem strømningshastigheden i pumpesystemet, ledningens faldforhold og luftlommernes placering og udstrækning under almindeligt forekommende driftsforhold
- Hæverteffekt grundet uhensigtsmæssig tracé, evt. i kombination med ukontrolbar inert i mediet ved pumpestop
- Indsugning gennem utætte rør- og flangesamlinger (gummiringssamlinger, pakninger, etc.)
- Frigivelse af luftbobler bundet til partikler i spildevandet, evt. forstærket af varierende trykgradient påvirkninger
- Kemiske og biologiske processer i trykledningen.

Den lange række af ovenstående årsager kan i de fleste projekter elimineres allerede på projekteringsstadiet, mens andre kan afhjælpes ved anvendelse af en velegnet anlægs-metode. Efterfølgende vil nogle af de væsentligste forhold blive gennemgået.



Udformning af tilløbsforholdene

Den hyppigste årsag til dannelsen af problematiske luftansamlinger, er uhensigtsmæssig udformning af indløbet. I mange tilfælde er tilløbsrøret blot afsluttet i siden af sumpen over vandspejlet, for at opnå frit udløb, og dermed undgå risikoen for tilbagestuvning.

Det betyder, at tilløbsvandet falder frit ned i sumpen, hvorved der føres store luftmængder ned i mediet.

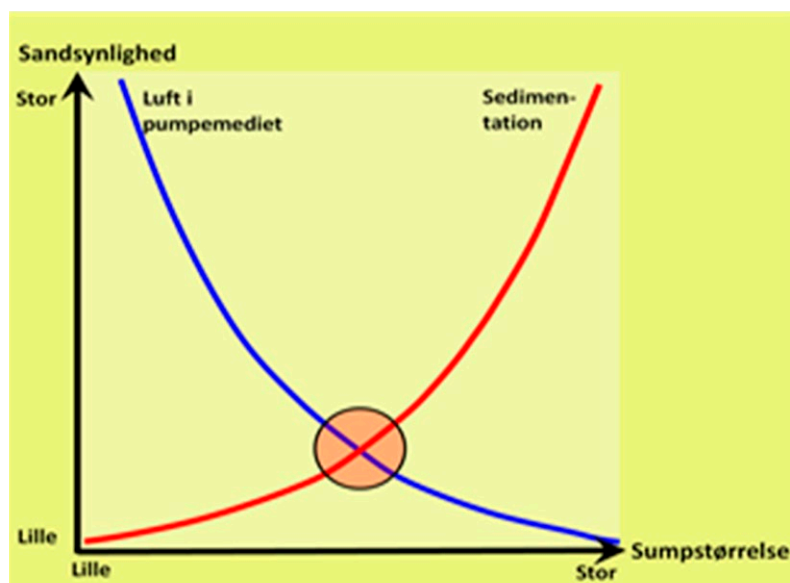
Hvis indløbet til sumpen er placeret højt over vandspejlet, er det betydelige mængder luft der tilføres pumpemediet. Luftmængden øges yderligere såfremt tilløbshastigheden er høj.

Såfremt opholdstiden i sumpen ikke er tilstrækkelig til at sikre en effektiv afluftning, af den indpiskede luft, vil luften blive ført til pumpens indløb og videre til trykledningen. For at minimere dette, skal pumpeumpen dimensioneres og designes, så der er sammenhæng mellem faldhøjde, tilløbsmængde og -hastighed, samt de fysiske forhold i sumpen.

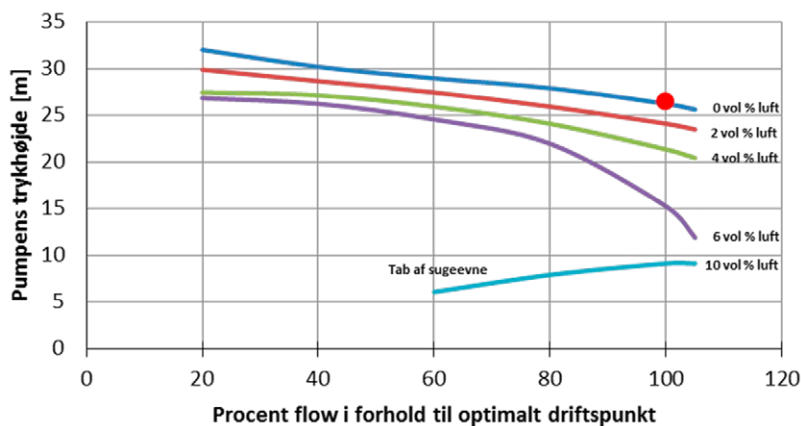
For at nedbringe mængden af luft der er knyttet til tilløbsforholdene, er der især 3 tiltag der kan anvendes, nemlig:

- Minimere antallet af indløb
- Montere prelplader foran tilløbene
- Tilstrækkelig opholdstid.

For at sikre en effektiv afluftning af vandet, bør opholdstiden i sumpen være så lang, at den tilførte luftmængde kan nå at stige op til overfladen, men samtidig må den ikke være så stor, at der sker sedimentation i "døde" områder.



Eksempel på lufts betydning for dannelse af pumpetryk



Sumpens udformning og vortex

Udformningen af sumpe er af stor betydning for pumpestationers funktionalitet og driftsøkonomi. I uohensigtsmæssigt udformede sumpe, er der betydelig risiko for vortex, hvilket bl.a. kan resultere i:

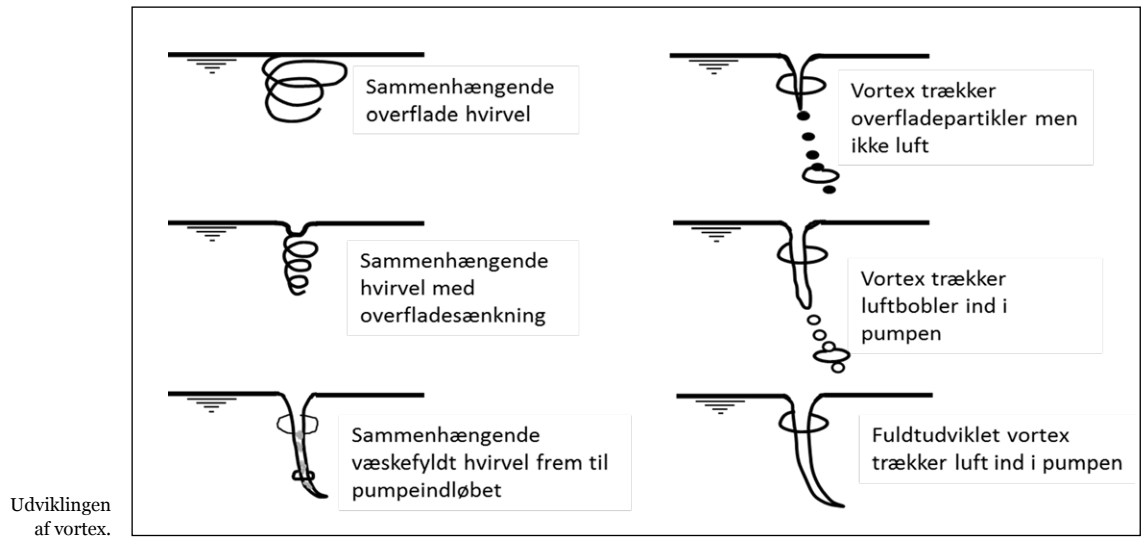
- Reduceret pumpevirkningsgrad
- Øget vibrationsniveau i og omkring pumpen
- Risiko for "for-rotation" af mediet, hvilket øger risikoen for vortex.

I større pumpestationer kan det vise sig hensigtsmæssigt at gennemføre CFD-simuleringer, **Computational Fluid Dynamics**, af strømningerne i sumpen, så obstruktioner der har ugunstig indflydelse på strømningsforholdene identificeres.

I mindre pumpestationer, vil CFD-analyser almindeligvis være for omkostningstunge at gennemføre, når udbyttet sammenholdes med konsekvenserne. Derfor designes mindre pumpestationer ofte på grundlag af erfaringer og gennemprøvede løsninger.

Design af mindre sumpe tager ofte udgangspunkt erfaringer, og typisk nogle af følgende kriterier:

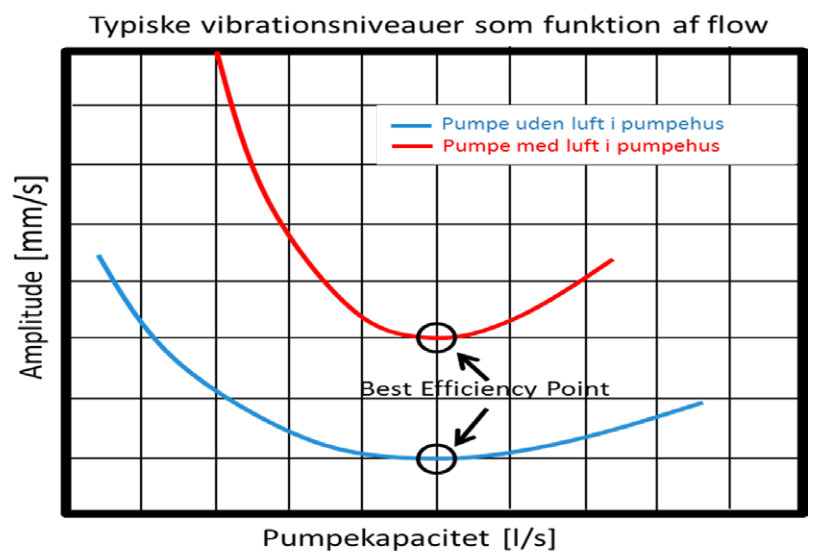
- Sumpen forsynes med banketter, som reducerer bundarealet, så sumpbunden løbende renholdes. Banketternes hældning bør være $>45^\circ$, af hensyn til selvrensningsevnen
- Antallet af tilløb skal være mindst mulig
- Tilløb skal føres ind langt fra pumperne
- Tilløb skal føres ned i sumpens vandvolumen med mindst mulig luftindblanding.
Anvend preplader eller nedføringsrør
- Opholdstiden i sumpen skal være tilstrækkelig til at sikre afluftning
- Flowet frem til pumperne skal være uden hvirvler uanset vandstand
- Afstanden fra pumpens indløb til faste genstande i sumpen skal være tilstrækkelig til at sikre symmetrisk strømning frem til pumpeindløbet, uanset vandstand
- Der må ikke opstå sugetragte/vortex, der suger luft fra overfladen, uanset vandstand
- Overfladen skal løbende skimmes eller omrøres, så der ikke opbygges et flydelag.



Luft i pumpehuset

I pumpestationer med dykkede pumper, samt i en del pumpestationer med tørtopstillede pumper, placeres pumperne opretstående, vertikalt. Det er derfor et udbredt fænomen, at der vedvarende er en luftlomme i den øverste del af pumpehuset, som kan nå 10-30 % ned på pumpehjulet. Luftlommens indvirkning på funktionaliteten og virkningsgraden afhænger af luftlommens udstrækning, men der er erfaring for, at der ofte er virkningsgradstab på 3-5 %, og der er eksempler på meget større tab. Problemet kan helt eller delvis afhjælpes ved, at pumperne monteres skråt, eller vandretliggende.

Udover nedsat virkningsgrad, kan luftlommer i toppen af pumpehuse resultere i kritiske vibrationer, som udover at beskadige pumpen også kan være ødelæggende for andre installationer. I svære tilfælde kan vibrationerne forplante sig til omgivelserne, til stor gene for nærområdet.



Kavitationserosion på pumpehjul og/eller i pumpehuse er ligeledes et almindeligt forekommende fænomen, der kan forværres af luftlommer. Kavitationserosion kan bl.a. forårsage ubalance i pumpehjulet, hvilket øger vibrationsniveauet.

Vibrationer udmattelsespåvirker alle konstruktioner, og kan antage et omfang som på kort tid kan ødelægge akseltætninger og lejer, samt resultere i udmattelsesbrud i stålkonstruktioner. Det er derfor vigtigt, at der under projekteringen tages højde for luftlommer i pumpehuset og/eller i pumpeafgangen.

Hvis det ikke er muligt at undgå ophobning af luftlommer i pumpehuset/pumpeafgangen, bør der installeres en automatudluffer, som sikrer at den ophobede luft fjernes.

Luft i trykledningssystemet

Uanset hvilke tiltag der gennemføres for at forebygge luft i trykledningssystemer, er det usandsynligt, at der over tid ikke føres luftbobler videre med mediet. Derfor er det vigtigt at planlægge og etablere transportsystemer med omtanke.

I systemer som er i kontinuerlig drift, er der mindre tilbøjelighed til at luftboblerne samles til generende luftlommer, end tilfældet er i systemer med interval drift. Hvis interval driften resulterer i længerevarende stilstandsperioder, er der øget risiko for at boblerne klumper sig sammen til større sammenhængende luftlommer, som langsomt bevæger sig mod eventuelle lokale toppunkter.

Da mange tryksatte spildevandssystemer er etableret med et eller flere lokale toppunkter, f.eks. på grund af topografien, krydsning af infrastrukturer og vandløb, udførelsesmetode, etc., er det ofte ikke muligt at etablere jævnt stigende ledninger. Derfor er der risiko for, at der i toppunkterne samles større luftlommer, som vil resultere i øget systemmodstand og energiforbrug, samt reduceret flow.

Næst efter hel- og delblokering i pumper, er luftlommer i toppunkter den væsentligste årsag til reduceret hydraulisk kapacitet og øget energiforbrug.

Da problemstillingerne er yderst komplekse, er det vanskeligt at opstille faste regler for hvorledes dannelsen af luftlommer kan forebygges, så transportsystemerne er velfungerende under varierende belastningsforhold.

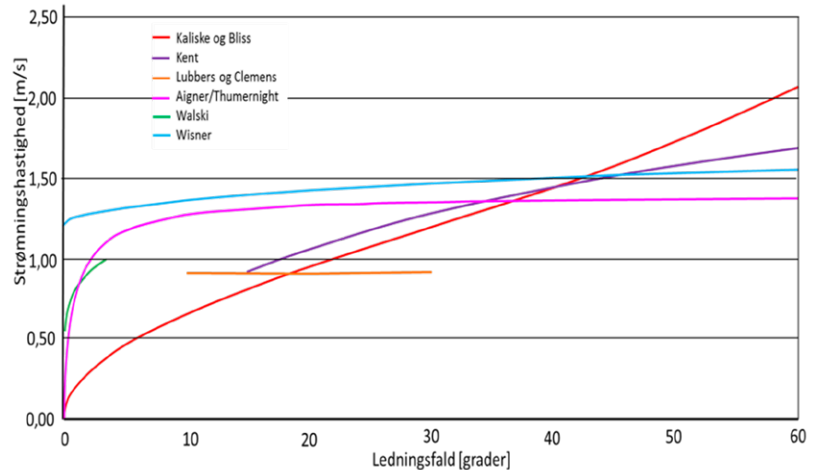
Da luftlommer har været problematiske al den tid der har eksisteret tryksatte ledninger, er der blevet arbejdet systematisk med problemstillingerne gennem mange år. Forskere har forsøgt at udarbejde modeller og regelsæt til forudsigelse af luftlommernes størrelse og placering, samt værktøjer til afklaring af hvorledes luft problemerne kan elimineres, men det er endnu ikke lykkedes at skabe et almengyldigt grundlag, som kan bruges i hverdagen.

Hydraulikkerne Kaliske og Bliss, Wisner m.fl. har udarbejdet teorier for selvudluftningshastigheder i trykledninger som funktion af ledningsfaldet og hastighed, men der er betydelig forskel på deres resultater.



Selvudluftningshastigheden i forskellige forskningsprojekter

Til trods for resultaternes forskellighed, viser figuren entydigt, at selvudluftningshastigheden stiger ved øget ledningsfald.



PE100 PN10	≤ 5°	5° til 25°
50 mm	0,39 m/s 0	,59 m/s
63 mm	0,44 m/s 0	,66 m/s
75 mm	0,48 m/s 0	,73 m/s
110 mm	0,53 m/s 0	,79 m/s
160 mm	0,59 m/s 0	,88 m/s
200 mm	0,71 m/s 1	,06 m/s
250 mm	0,79 m/s 1	,18 m/s
315 mm	0,88 m/s 1	,32 m/s

Omsat til dagligt brug resulterer det i ovenstående hastigheder.

Andre hydraulikere anfører, at fjernelseshastigheden for luftlommer kan findes som en funktion af ledningsfald og -diameter.

$v_{\text{fjerne}} \geq 0,6(gD)^{1/2}$ for ledningsfald ≤ 5°, og

$v_{\text{fjerne}} \geq 0,9(gD)^{1/2}$ for ledningsfald fra 5° til 25°

Derfor bør det tilstræbes at etablere tryksatte systemer med jævnt stigende ledninger, så luften løbende fjernes ad naturlig vej. Hvis det ikke er muligt, kan det være nødvendigt at installere udstyr der kan sikre fjernelse af luftlommerne i toppunkterne.

Ud- og indluftningsventiler

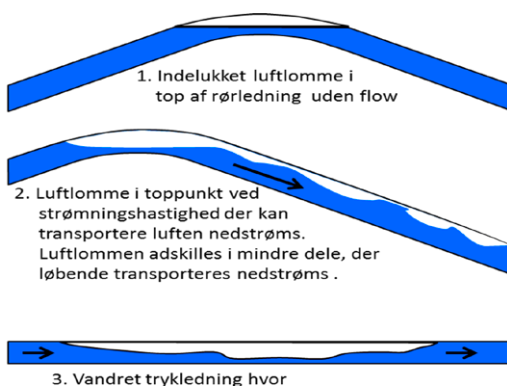
Såfremt trykledningen ikke er jævnt stigende frem til oppumpningsbrønden, vil langt de fleste tryksatte systemer blive udsat for generende luftlommer, med varierende intervaller. Det er derfor vigtigt, at luftproblematikken inddrages allerede i den indledende planlægningsfase.

Hvis en luftlomme i et toppunkt er så stor, at den øger systemmodstanden, bliver den et problem, da pumpekapaciteten så påvirkes. Hvis pumpetrykket er tilstrækkeligt til at overvinde de akkumulerede tab i trykledningen, og strømningshastigheden er tilstrækkelig til at føre luften nedstrøms, vil luftlommen løbende blive revet med af det strømmende medie.

Når en pumpe starter opbygges der i den indledende fase tryk i ledningssystemet, og i takt med at pumpetrykket øges komprimeres luftlommerne. Når pumpetrykket overstiger det tryk der er nødvendigt for at mediet kan strømme, påvirkes luftlommen. Hvis hastigheden er tilstrækkelig høj, vil luftlommen blive revet med af det strømmende medie. Hvis pumpen derimod ikke kan levere et pumpetryk, som er større end den samlede systemmodstand (ledningruheden, geometrisk højdeforskel, effekten af luftens opadstigende kraft, etc.), vil der ikke være noget flow i systemet.

I forbindelse med trykprøvning af trykledninger skal alle luftlommer i ledningssystemet fjernes. Det er derfor udbredt praksis, at alle toppunkter forsynes med manuelle udluftningsventiler, så trykprøvningen kan gennemføres korrekt.

Manuel udluftning er imidlertid ikke tilstrækkelig til at sikre et velfungerende tryksat system, da der som nævnt vedvarende tilføres større eller mindre mængder luft. Derfor anvendes der i mange toppunkter ventiler som automatisk fjerner uønskede luftlommer når de når toppunktet, og dermed forebygger ophobning af kritiske lommer.



Der er flere typer automatiske udluftningsventiler, men den mest udbredte er en kombinationsventil, som både tillader ind- og udluftning. Fordelen ved en ind- og udluftningsventil er, at den udover at aflede luftlommer også tillader at der føres luft ind i trykledningen når der opstår lave tryk, dvs. den forebygger vakuum, og dermed reduceres risikoen for komplet kollaps af ledningen, buckling.

Hvordan kan vi håndtere problemstillingen

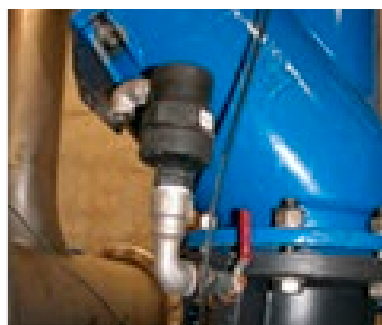
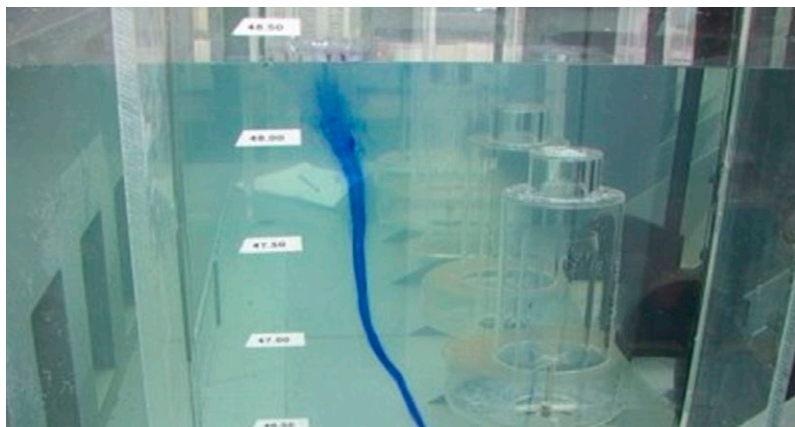
Selv om vi gør vort yderste for at undgå luft i de tryksatte systemer, vil der uundgåeligt ledes luft til trykledningssystemet, da der i alt spildevand er luftlommer bundet på partiklerne. Derfor bør planlæggerne på et meget tidligt tidspunkt i projekteringsfasen, vurdere konsekvenserne af problemstillingen.

Gennemførelse af risikoanalyser i den indledende planlægningsfase, kan derfor være et nyttigt redskab til at evaluere problemstillingerne og om nødvendigt udarbejde alternative løsninger.

Håndteringen af luftproblematikkerne kan opdeles i 3 områder, nemlig det der vedrører.

- Luft til pumperne, f.eks. via vortex.
- Ophobning af luftlommer i pumpe-huset, ved kontraventiler, i toppen af manifold etc. i umiddelbar nærhed af pumpestationen.
- Ophobning af luftlommer i trykledningens toppunkter.

Da kompleksiteten ved luftlommer i tyksatte systemer er stor, er det meget vanskeligt at afhjælpe konstaterede problemer. Afhjælpningstiltag må derfor i de fleste situationer anses for værende symptombehandling, og ikke reelle løsninger.



TIPS

til et driftssikkert system

Sump

- Færrest mulige tilløb til sumpen
- Minimer luftmængden der indblandes i mediet i sumpen, anvend prelplader
- Sørg for ordentlige stømningsforhold i sumpen
- Pumpens afstand til faste genstande skal være tilstrækkelig til at sikre symmetriske strømningsforhold
- Ved større pumper anbefales det at anvende en kegle under indløbet for at optimere strømningsforløbet.

Pumpeplacering

- Anvend gerne horisontalt opstillede pumper
- Hvis der anvendes vertikalt opstillede pumper, skal det sikres at de er selvudluftende. Hvis pumperne ikke er selvudluftende bør der etableres automatisk udluftning af pumpehuset. Dykkede pumper kan alternativt placeres ud af lod, så udløbet er det højeste
- Afstande til faste genstande i sumpen, f.eks. bundplade, vægge etc. skal være så stor, at der ikke opstår kritisk høje periferihastigheder i pumpeindløbet
- Stopkoten skal være så højt over pumpeindløbet, at der ikke opstår vortex.

Trykledningsudformning

- Pumperne skal have tilstrækkeligt trykoverskud til at overvinde den øgede systemmodstand som luftlommer resulterer i
- Undgå lokale toppunkter, hvor luftlommer kan ophobes. Overvej alternative tracéer eller anlægsmetoder
- Der skal kunne opnås hastigheder som er tilstrækkelig høj til at medrive ophobede luftlommer
- Hvis lokale toppunkter er uundgåelige, bør de forberedes for installation af automatiske ind- og udluftere
- Vær forsigtig med dimensionering af ind- og udluftningsventilerne, da det kan have markant betydning for trykstøds størrelse.

