

Måling av forurensningstransport i pumpestasjoner og på innløp renseanlegg

Av Terje Hoel

Terje Hoel er siv.ing. ansatt
i Grøner Anlegg Miljø A/S

Denne artikkelen er hovedsaklig et sammen-
drag av Terje Hoel sin hove-oppgave.

1 Innledning

Myndigheter og anleggseiere har behov for å vite hvor mye av forurensningene som kommer fram til renseanlegg og om utslippskravene overholdes. Da er man nødt til måle vannføringer og ta prøver av avløpsvannet. Kjenner man konsentrasjonene på det vannet som passerer et punkt og total vannmengde i samme periode kan man beregne hvor stor forurensningstransporten har vært. Dersom usikkerheten i slike målinger er på et akseptabelt nivå kan kommunenes driftsavdelinger bruke dataene til å måle tilførsler, innlekking, prioritere tiltak og fastsette behovene for tiltak. Kapasitetsdata fra pumpestasjoner kan brukes til å bestemme når utbedrings-tiltak må settes inn på trykkledninger og pumper, samt måle transport-systemets funksjon i større detalj.

Innen fagområdene vannføringsmåling og prøvetaking er mye undersøkt og beskrevet tidligere, men det viser seg at kvalitetssikring av målinger og prøvetaking sjelden tas hensyn til. Målingene foregår i dag med stor usikkerhet fordi man ikke tar hensyn til de mange feilkildene som eksisterer.

Jeg har vært i kontakt med flere fagpersoner i Norge og utlandet, men med få unntak har det vært lite å hente når det gjelder prøvetaking og beregning av massetransport.

Det samme er tilfelle med de standarder og veiledere som burde vært til hjelp. Behovet for bedre rutiner og dokumentasjon er altså stort også internasjonalt. I litteraturen er prøvetaking stort sett beskrevet skjematisk og overfladisk.

2 Måling av pumpekapasitet

Ut fra historiske trendkurver vil det være mulig å avgjøre hvor ofte det er nødvendig å kalibrere kapasiteten i hver enkelt pumpestasjon. Det burde være i kommunenes interesse å lage historiske kapasitetskurver for pumpene sine. Ikke bare for å kjenne vannføringen i ledningsnettet, men også for å få vite når noe må skiftes på pumpa, når renseplugg bør kjøres i ledninger og om servicefolk fra pumpeleverandøren gjør jobben sin. Her er det også mulig å spare penger ved reklamasjon eller tidlig utbedring av pumper slik at energi-kostnader minimaliseres.

Alle pumpestasjoner er ulike når det gjelder hvordan kapasiteten forandrer

seg over pumpesyklusen. Det tar tid å akselerere vannet og kapasiteten er derfor lav til å begynne med selv om pumpene ikke har mykstart. Ved mine målinger var kapasiteten opptil 30% lavere de første 15 sekundene ellers, og varierte videre med så mye som 11%. Kapasiteten er altså ikke konstant selv om pumpene er kommet opp i maks. effekt. Dette viser hvor mye det kan bety for kalibreringsresultatet om en bare tar tiden under en del av pumpesyklusen.

Dersom målet med kapasitetsmålinger i pumpestasjoner er å beregne vannføring eller forurensningstransport, og ikke maks. pumpekapasitet, er det viktig at man måler snittkapasiteten over hele pumpens gangtid når man kalibrerer og beregner pumpenes kapasitet. Jo mindre del av reguleringsvolumet som pumpes ned ved kapasitetskontroll, jo større blir usikkerheten.

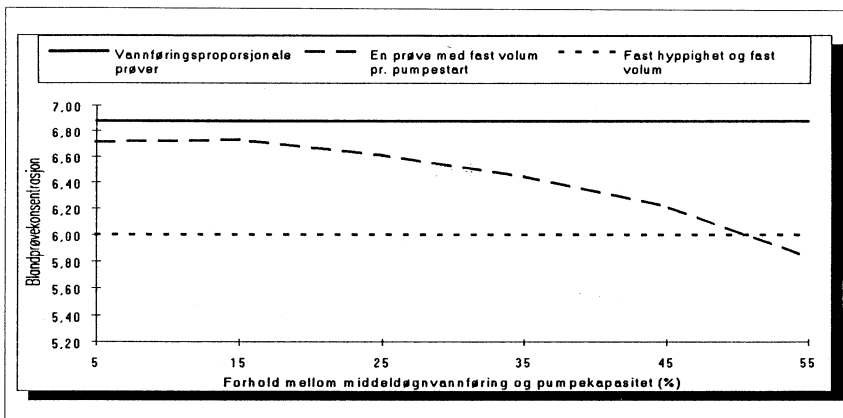
Da samlet kapasitet ved samtidig drift av parallellkoblede pumper i en stasjon utgjør 55-70% av de individuelle kapasitetene til sammen, betyr dette at alle pumper må kalibreres individuelt og for samtidig drift (det bør installeres driftstimetellere både for pumpene individuelt og felles). En slik kapasitetskalibrering bør gjøres minst 1 gang pr. år og helst 3-4 ganger for hver måling. Dette krever ressurser, det er normalt mulig å kalibrere kapasiteten i 3-5 pumpestasjoner på en dag. Dette vil være ressurser en har stor nytte av om anleggseierne bruker disse data bevisst til å tolke nettets oppførsel og dokumentere behov for tiltak.

3 Prøvetaking i pumpestasjoner

Ut i fra de prøvetakingstestene jeg har gjort i pumpestasjoner der det er analysert mhp. totalfosfor, virker det som om pumpesumper er et velegnet sted å ta ut prøver så lenge sugeslangen henger mellom pumpene og prøvene kun tas når pumpene går.

Ved automatisk prøvetaking er det nok enklest at prøvetakeren får signal om uttak hver gang en pumpe starter. Ved å ta ut en prøve pr. pumpestart vil vi i de fleste tilfeller få tilnærmet vannføringsproporsjonale blandprøver. Dette fordi pumpene starter oftere når tilrenningen er stor, såfremt tilrenningen er lav i forhold til pumpekapasiteten.

Som vi ser av figur 1 (neste side) er det bare bland-prøvekonsentrasjonen ved en prøve pr. pumpestart som endres når forholdet mellom middeldøgnvannføringen og pumpekapasiteten endres. Dette kommer av at antall prøver som tas ut er av-henig av hvor mange ganger pumpe starter. Når tilrenningen er liten vil det ta relativt lang tid mellom hver pumpe-start og samtidig vil pumpe bruke kort tid på å pumpe vannet videre, mens når tilrenningen nærmer seg pumpas kapasitet vil pumpe gå mer eller mindre kontinuerlig. Pga den store tilrenningen i forhold til pumpas kapasitet vil det ta relativt lang tid mellom hver pumpestart og samtidig vil pumpe bruke kort tid på å pumpe vannet videre, mens når tilrenningen nærmer seg pumpas kapasitet vil pumpe gå mer eller mindre kontinuerlig. Pga den store tilrenningen i forhold til



Figur 1. Virkning av endret forhold mellom middeldøgnvannføring og pumpekapasitet på blandprøvekonsentrasjonen ved ulike metoder for prøvetaking.

pumpas kapasitet vil det ta lang tid å tømme reguleringsvolumet i forhold til tida det tar å fylle det igjen.

Med en gjennomsnittlig tilrenning som utgjør mindre enn 15% av pumpekapasiteten har jeg i mine teoretiske beregninger oppnådd en feilmargen på 2%. Hvis vi antar at den vannføringsproporsjonale blandprøven er den korrekte vil dette bety at det er mulig å oppnå et godt resultat ved uttak av en prøve pr. pumpestart dersom tilrenningen er lav i forhold til pumpekapasiteten. Jo nærmere tilrenningen er pumpekapasiteten, jo dårligere blir blandprøveresultatet. Vi kan da sikre vannføringsproporsjonal prøvetaking ved å la prøvetakeren styres på tid, og bare regne med den tid pumpene går.

Vi ser også at man, basert på mine valgte verdier for fordeling av masse-transport over døgnet, gjør en feil på 13% dersom man tar ut prøvene med fast hyppighet og volum (tidspropor-

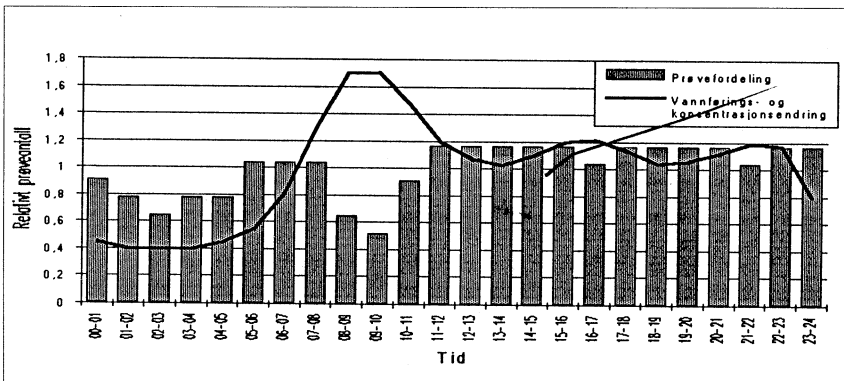
sjonalt) istedenfor vannføringsproporsjonalt.

Når tilrenningen utgjør 50% av pumpekapasiteten ligger den gjennomsnittlige feilen på 12%. Nedenfor er det vist hvordan prøveuttaket arter seg over døgnet for dette tenkte tilfellet.

Figur 2 illustrerer godt hvordan uttak av en prøve pr. pumpestart kan bli utrolig galt dersom pumpekapasiteten er lav i forhold til tilrenningen. Som vi ser tas det ut få prøver når vannføringen (og konsentrasjonene) er stor. Dette kommer av at det tar lang tid for pumpe å tømme reguleringsmagasinet når tilrenningen er nesten like stor som pumpekapasiteten. Selv om sumpas fylles raskt opp igjen blir antallet pumpestarter færre i denne perioden.

4 Prøvetaking på innløp renseanlegg

Vannføringsmålere bør plasseres foran prøvetakere fordi de krever rolige



Figur 2. Prøveantallsfordeling ved uttak av en prøve med fast volum pr. pumpestart sett i forhold til vannførings- og konsentrasjonsvariasjonene.

strømningsforhold i motsetning til prøvetaking som krever totalomblandede forhold som kan fremtvinges ved turbulent strømming.

Det gis i litteraturen en rekke eksempler på at det er svært vanskelig å få til total omblanding i en kanal. Dette gjør det vanskelig å ta ut prøver i ett punkt som skal være representative for hele tverrsnittet.

Variasjonene har vært større for innholdet av suspendert stoff enn for totalfosfor både ved uttak fra dunk og fra kanal. Dette tyder på at det største problemet med prøvetaking er å få tatt ut prøver som er representative mhp. partikkelinnholdet.

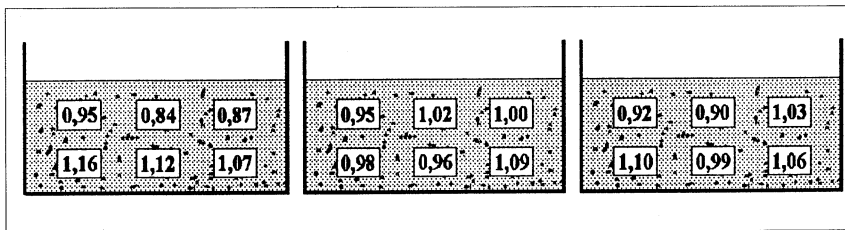
I figur 3 og 4 på neste side er det vist et eksempel på hvordan turbulensskapende skjermer har bedret forholdene for uttak av en representativ prøve over kanaltverrsnittet /1/. Tallene i fir-kanten viser hva SS-konsentrasjonen var på det angitte uttaksstedet i forhold til gjennomsnittet over tverrsnittet.

Det man med en gang registrerer er at SS-konsentrasjonen er mye mer homogen i de tilfellene der skjermer sørger for god omblanding. Det virker også som SS-innholdet er høyere langs bunnen av kanalen i prøvetilfellene uten skjermer. Største avvik fra gjennomsnittet over tverrsnittet er uten omblanding på hele 16%, mens avviket er på bare 2% med skjermer.

Dette viser hvor viktig det er å sørge for god omblanding på uttaksstedet hvis man skal ta ut prøver i ett punkt som skal være representative for hele tverrsnittet. Dette eksempelet er vel og merke det som har gitt det suverent beste totalomblandingsresultatet av hva som er referert i litteraturen. Normalt må man nok regne med en variasjon over tverrsnittet på 5-10% selv om tiltak er satt inn.

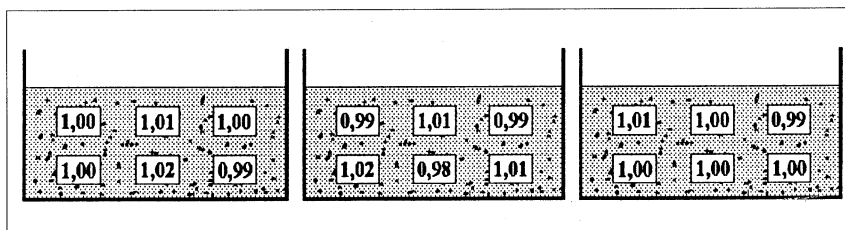
Den faktiske variasjonen i avløpsvannets sammensetning er den største usikkerheten ved prøvetaking i strømmende vann. Her bør det gjøres en kartlegging i forhold til konstante skikt-

Uten skjermer



Figur 3 Tverrsnittvariasjoner uten skjermer

Med skjermer



Figur 4 Tverrsnittvariasjoner med turbulensskapende skjermer

ninger horisontalt og vertikalt, samt at prøvetakingspunktet ikke må være påvirket av driftsforhold som f.eks. intermitterende rister som vil gi endringer i partikkelinnholdet og forurensningskonsentrasjoner i vannet over svært kort tid.

For å få troverdige data må det enkelte renseanlegg foreta kartlegging av innløpsforhold, eventuell kanalskifting før prøvetakingspunkt velges og eventuelle tiltak gjennomføres.

5 Krav til hastighet i prøvetakerens sugeslange

I litteraturen hersker det uenighet om hvor stor vannhastigheten må være i sugeslangen for at man skal unngå partikkelfraksjonering under transport fram til prøvetakeren. Det er imidlertid

enighet om at inntakshastigheten må være minst like stor som vannhastigheten i kanalen.

Etter våre målinger, er ikke sugeshastigheten så kritisk som litteraturen stiller som minstekrav. Tvert imot vil en for høy hastighet være mer kritisk enn om vi ligger noe under de krevde 0.5 eller 1.0 m/s. Vi har ikke funnet grunnlag for å si at hastigheter på 0.3 m/s har betydning for resultatet for prøvetakingen.

Normalt vil sugeshastigheter på under 0.4 m/s gi for høye verdier, mens vi får for lave verdier om vi kommer opp i hastigheter på over 0.9 m/s. Det ser ut som hastigheter mellom 0.5 og 0.7 m/s er ideelle for stillestående vannflater.

Når det gjelder strømmende vann, bør sugeshastigheten være minst like

stor som vannets hastighet i kanal/strøm. Dette blir i praksis vanskelig og for store avvik representerer her en usikkerhet vi i dette arbeidet ikke har sett nærmere på.

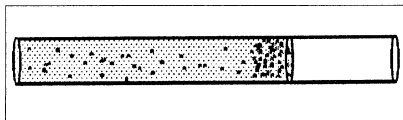
Prøvetaking fra stillestående vann med vakuumpåprøvetaker har vist at sugehastigheten betyr lite for konsentrasjonene så lenge prøvetakeren ikke presses mot sin ytegrense. Med dette utstyret var derfor virkningen av partikkelproppen (partikkelansamling foran vann som suges opp i en slange, vist i figur 5) neglisjerbar.

I et noe mer konsentrert avløpsvann enn vanlig (SS-innhold på 700 mg/l) viste det seg at en sugehastighet på 0,35 m/s var tilstrekkelig med en slangepumpeprøvetaker for at man kunne se bort i fra virkningen av partikkelproppen.

Vakuumpåprøvetakere er sannsynligvis, basert på egne erfaringer og uttalelser i litteraturen, bedre egnet enn slangepumpeprøvetakere ved prøvetaking fra kanal der avløpsvannet har en viss hastighet. Dette kommer av at vakuumpåprøvetakerene kan opereres med en mye høyere sugehastighet enn slangepumpeprøvetakerene. Mine målinger i ren-nende avløpsvann har vist at det nok er riktig som det står i en del litteratur at sugehastigheten må være lik eller noe større enn vannhastigheten i kanalen.

6. Andre forhold det er dokumentert har stor betydning

I litteraturen er det også påvist at det har stor betydning med hvilken vinkel inn-



Figur 5 Prinsippskisse av "partikkelpropp" i sugeslange

taket plasseres i forhold til strømningsretningen i kanalen.

Det virker i litteraturen som det er ønskelig med en slangediameter større enn 9 mm for å unngå tiltetting og at større partikler blir diskriminert i prøven. Dette stemmer bra overens med det jeg har funnet ut. Mine målinger viser ihvertfall at 6 mm indre diameter på sugeslangen er for lite.

Prøver må lagres mørkt og kjølig, men man må likevel regne med at konsentrasjonsverdiene endrer seg med bortimot 5% ved 2 døgns lagring for SS og organisk stoff /2/. En kan heller ikke forvente en bedre analyseusikkerhet enn 15% fra laboratoriet sin side. Dette avhenger selvfølgelig av hvilken parameter det skal analyseres på /3/.

Et av de store problemene ved uttak av vannføringsproporsjonale prøver er å få programmert prøvetakeren til å gjøre akkurat som en vil. De fleste automatiske prøvetakere har riktignok muligheten til å ta imot impulser fra en vannføringsmåler eller pumpestasjon. Problemet oppstår gjerne dersom man ønsker å utføre noe annet enn det er lagt opp til i prøvetakerens standardprogram. Viktigst her er muligheten til uttak av tidsproporsjonale prøver der tiden bare løper så lenge pumpene går (tilnærmet vannføringsproporsjonalt).

7 Beregnede usikkerheter ved måling av forurensnings-transport

Dagens målinger av vannføring fra avløpspumpestasjoner gjennomføres trolig innenfor en total usikkerhet på 25%, avhengig av arbeidsinnsats og om stasjonene har innløpsventil eller ikke. Beregning av massetransport foregår i dag hovedsakelig i forbindelse med renseanlegg og skjer da innenfor en usikkerhet på omlag 50%. Det tilsvarende usikkerhetstall for masse-transport fra pumpestasjoner ligger antagelig noe lavere, i størrelsesorden 30%.

Mine beregninger tyder på at *det er mulig* å gjennomføre måling av vannføringer fra pumpestasjoner innenfor en usikkerhet på 5%. Massetransporten bør det være mulig å beregne innenfor en usikkerhet på 20%. På renseanlegg er det vanskeligere å gjennomføre beregninger av tilførsler. Dette skyldes de usikkerheter skiktninger i innløpskanaler og forholdet mellom sugeshastighet og vannhastighet i kanalen gir. Det bør likevel om disse feilkildene kartlegges på forhånd være mulig å gjennomføre tilførselsberegninger innenfor en usikkerhet på 30%. Denne beregningen er noe usikker, da jeg ikke har full kontroll på alle variable. Usikkerhetstallene for massetransporten inneholder da også feil ved analysearbeidet og forutsetter dessuten at de foreslåtte prosedyrer følges /4/.

8 Konklusjon

Miljøvernmyndighetene bør kreve at

kvalitetssikring gjennomføres ved all beregning av tilførsler. Alle som bruker data fra avløpsmålinger har fram til idag akseptert data med svært stor unøyaktighet som grunnlag for beslutninger som dels har store økonomiske konsekvenser.

Dersom man skal kunne få usikkerheter ved beregning av massetransport ned på det nivået som er beregnet her, ville det kanskje være en ide at myndighetene stilte krav om at alle som skal utføre prøvetaking i avløpsanlegg først må gjennomgå et opplæringskurs for at de målingene den enkelte utfører skal bli godkjent.

Dersom en skal analysere prøver på suspendert stoff vil det være vanskelig å holde seg innenfor de nevnte usikkerheter for massetransport. Sannsynligvis er det mulig å oppnå enda bedre resultater enn skissert dersom en bruker totalfosfor som parameter.

Det anbefales at alle som skal gjennomføre målinger på avløpsanlegg setter opp prosedyrer. Da deler av de prosedyrer som er anbefalt tidligere, hviler på usikre betingelser, og dels er foretatt under for lite kontrollerte betingelser, er det viktig at de prosedyrer som etterhvert brukes blir oppdatert med nye erfaringer og dokumentasjoner.

Hovedårsaken til de unødvendig store usikkerheter skyldes at vi ikke tar oss tid til å kartlegge usikkerheter som er relativt åpenbare, samt at det ikke eksisterer prosedyrer som kan følges. Bare ved å sette opp prosedyrer som omfatter de mest åpenbare forhold som

er beskrevet innenfor litteraturen allerede, vil usikkerheter bli dramatisk forbedret. Spesielt ved innløpet til rensesanlegg er det viktig at det lages prosedyrer som kartlegger slike faktiske variasjoner og at det velges prøvetakingspunkt og -prosedyrer som er optimale. Dette er et omfattende arbeide, men det er her nødvendig for å få fram resultater som kan brukes til sitt rette formål.

På grunn av tildels ukontrollerte variasjoner i avløpsanlegg har det ikke vært mulig å stille spesifikke krav til utstyr og gjennomføring av prøvetaking.

Forhåpentligvis er dette materialet likevel en god start til å få utført slike målinger under kontrollerte betingelser i tiden framover. Det virker som kravene til sugehastighet er høyst forskjellig avhengig av prøvetakingsprinsipp, slangediameter og sammensetning av prøvemedit. Dette betyr at det er en vanskelig og omfattende jobb å stille spesifikke krav til utstyret.

REFERANSER

1. *Graff O.*

"Undersøkelse av åtte inter-mittente prøvetagere for avløpsvann"
Papirindustriens Forskningsinstitutt
Nordmiljø 80 Rapport nr. 2A:9

2. *Ofte J., Thorvaldsen. J.*

"Veiledning for prøvetaking ved avløpsrensesanlegg"
Statens Forurensningstilsyn 1988, TA
514 Revidert utgave

3. *Rensvik H.*

"Feilkildevurdering og dataanalyse ved kontroll av industriutslipp", Veiledning nr. 2, 1985 NTNF's Utvalg for utvikling og kontroll av industriens rens tiltak
ISBN 82-77224-124-2

4. *Hoel T.*

"Kvalitetssikring av vannføringsmålinger og prøvetaking i avløpsanlegg"
Hovedoppgave ved Institutt for Vassbygging NTH, D1-1993-18