

Undersøkelser av mindre renseanlegg i Morsa-prosjektet – gir resultatene grunnlag for å foreslå etterpolering?

Av Erik Johannessen, Arild Schanke Eikum og Mats Ek

Erik Johannessen er siv.ing og doktorgradsstipendiat ved UMB og gruppeleder for VA-prosess i COWI AS. Arild Schanke Eikum er PhD og Affiliate Professor ved University of Washington, Seattle, USA. Mats Ek er Tekn. Lic. og forsker ved IVL Svenska Miljøinstituttet AB, Stockholm, Sverige.

Innlegg på fagtreff i Norsk vannforening 12. oktober 2009

Sammendrag

På oppdrag fra Vannområdeutvalget Morsa og Naturvårdsverket i Sverige har COWI AS og IVL Svenska Miljøinstituttet AB utført en funksjonskontroll av 61 minirensesanlegg fra seks leverandører, samt to naturbaserte renseanlegg, som er installert i Vansjø- og Hobølvassdraget. De undersøkte anleggene har gjennomgående meget god renseevne for organisk stoff. Gjennomsnittlig utløpskonsentrasjon og medianverdi for organisk stoff målt som BOF_5 var henholdsvis ca. 18 mg/l og 6 mg/l, noe som er godt under kravet på 25 mg/l. Reduksjon av fosfor er forbedret siden pilotprosjektet, men fortsatt ikke fullt ut tilfredsstillende. Når man inkluderer resultater fra leverandørenes egen prøvetaking hadde ca. 50 av 91 anlegg tilfredsstillende renseeffekt.

Om lag 55 % av alle prøvene hadde utløpskonsentrasjoner lavere enn 1,0 mg Tot-P/l, som er kravet i lokal forskrift og myndighetenes godkjenningsordning. Det vil si at ca 45 % av prøvene ikke tilfredstilte myndighetenes krav. Gjennomsnittlig fosforkonsentrasjon for samtlige prøver var 1,8 mg Tot-P/l.

Innledning

Vansjø- og Hobølvassdraget (på folke- munne og i det etterfølgende kun kalt Morsa) spenner fra Enebakk i nord til Råde i sør, og har areal i kommunene Enebakk, Ski, Hobøl, Våler, Spydeberg, Moss, Rygge og Råde. I området er det for det meste spredt bosetting med intensiv landbruksaktivitet. Arealene ligger under marin grense, og består dermed for det meste av leire og skog på fjell. Av den grunn ligger forholdene ikke til rette for bruk av infiltrasjon som renseløsning, og det er installert mer enn

1500 minirensesanlegg i vassdraget, alle med krav om reduksjon av både organisk stoff og fosfor.

Denne undersøkelsen er en videreføring av et pilotprosjekt som blant annet ga en sterk indikasjon på at flere anlegg ikke oppfylte myndighetenes krav til fosforfjerning. Hensikten med denne undersøkelsen har vært å undersøke hvordan et større utvalg av anlegg av varierende type og størrelse fungerer i praksis etter noen års drift, og hva som bør vektlegges ved fremtidig tilsyn og kontroll. Videre har det vært en målsetting å forsøke å avdekke eventuelle drifts- og prosessmessige utfordringer knyttet til oppnåelse av renskrav, for om mulig å kunne forbedre disse. Undersøkelsen har ikke hatt som hensikt å rangere de ulike anleggstypene og er således ikke å betrakte som en test av de enkelte anleggstypene.

Totalt er det gjennomført over 250 anleggsbesøk, med 2-6 anleggsbesøk på det enkelte anlegg. Prøver fra ca. halvparten av anleggene ble analysert for SS, KOF, BOF_5 , Tot-P, $\text{PO}_4\text{-P}$, $\text{NO}_2/\text{NO}_3\text{-N}$ og $\text{NH}_4\text{-N}$. For de resterende anleggene ble det kun analysert på BOF_5 og Tot-P. Over 30 analyser av bakterieinnhold i det rensede vannet er også gjennomført. I tillegg har leverandørene supplert med egne prøver fra til sammen 30 anlegg.

Prosjektet er finansiert av SFT v/ Vannområdeutvalget Morsa i Norge og Naturvårdsverket i Sverige. Styringsgruppen har bestått av Helga Gunnarsdottir (Morsa), Eva Lotte Sandin (Naturvårdsverket), Gorm Gullberg (Våler kommune) og Håvard Hornæs (Fylkesmannen i Østfold).

Minirensesanleggstyper

Det er 6 typer minirensesanlegg som er dominerende i Morsa, og disse er illustrert i figur 1 nedenfor.

Anleggstypene Biovac og Zapf-Klaro er såkalte SBR-anlegg, etter det engelske uttrykket *Sequencing Batch Reactor* (norsk oversettelse Satsvis Bioreaktor). De har innebygget slamavskiller og eget reaksjonskammer, hvor både biologisk og kjemisk prosess foregår. Fellingskjemikalier tilsettes på slutten av luftperioden forut for sedimenteringsperioden. Avløpsvannet pumpes gjennom anlegget med en mammutpump, og lufttilførsel besørges av en blåsemaskin.

Odin maskin leverer en anleggstype basert på biologisk rensing i fastsittende biofilm. Biofilmen beluftes ved hjelp av blåsemaskin og bunnluftersystem. De har separat slamavskiller, og avløpsvannet renner med selvfall til en intern pumpestasjon, hvor vannet pumpes gjennom etterfølgende rensetrinn. Fellingskjemikalie for reduksjon av fosfor tilsettes før biotrinnet, og avskilling av slam skjer i en ettersedimenteringstank.

WehoMini har samme prinsipp mht. biologisk rensetrinn som Odin, dvs. fastsittende biofilm. Biofilmen beluftes ved hjelp av blåsemaskin og bunnluftersystem. De har også separat slamavskiller, og som en kan se av figuren ovenfor, består biotrinnet av tre etterfølgende kammer. Avløpsvannet pumpes gjennom biotrinnet ved en pumpe plassert rett etter slamavskilleren. Slammet som produseres i det biologiske rensetrinnet pumpes tilbake til slamavskilleren, og fellingskjemikalium tilsettes på slamreturen.



Figur 1. Vanlige minirensanlegg i Morsa, fra venstre øverst; Wallax, Biovac, Klargester, Odin, Zapf-Klaro og WehoMini.

Wallax er i utgangspunktet en anleggs-type som er utviklet for å fjerne fosfor. Her består det første trinnet av en slamavskiller som ligger rundt et kjemisk fellingsstrinn. Kjemikalier tilsettes et vippekar som ligger over forfellingstanken. Som biologisk rens-trinn har Wallax et etterfølgende nedgravd filter hvor avløpsvannet resirkuleres i ca. 1 døgn før det pumpes ut til resipient.

Klargester er et såkalt biorotoranlegg (fast biofilm som roterer rundt en akse), med integrert slamavskiller. Vannspeilet i slamavskilleren kommuniserer med 1. biorotorkammer, og vannet transporteres videre til 2. biorotorkammer og deretter til ettersedimentering med løfte-kopper. Fellingskjemikalium tilsettes ved utgangen av 2. biorotorkammer.

Samtlige anleggstyper benytter aluminiumsbaserte fellingskjemikalier.

Pilotprosjekt

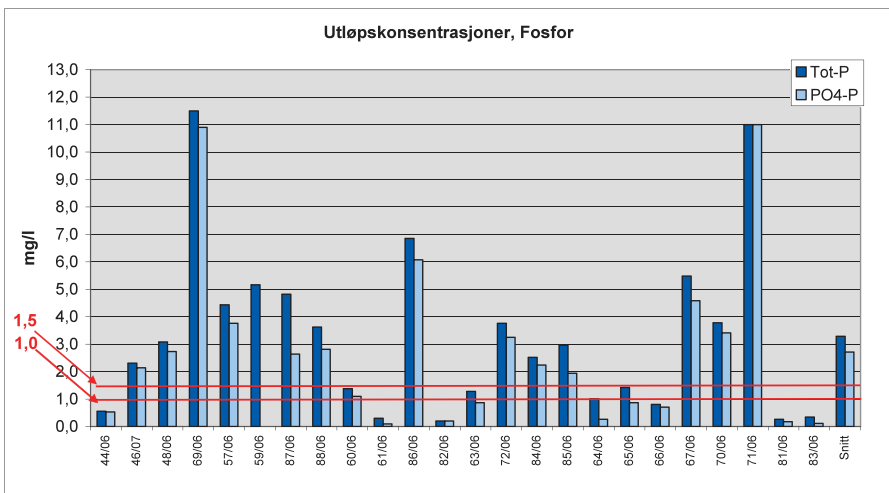
Høsten 2006 ble det gjennomført et pilotprosjekt i Morsa, hvor man bl.a. så på organisering av renseanlegg i spredt bebyggelse, samt at 24 minirensesanlegg ble undersøkt (Johannessen m.fl. 2007). Alle anleggstyper nevnt ovenfor ble undersøkt og én prøve ble sendt til akkreditert laboratorium for analyse av SS, KOF, BOF_5 , Tot-P, $\text{PO}_4\text{-P}$ og $\text{NO}_2/\text{NO}_3\text{-N}$. I tillegg ble temperatur, pH og oppløst oksygen (i biotrinnet) målt ved anleggsbesøkene.

Analysene viste relativt gode resultater mht. reduksjon av organisk stoff, med en gjennomsnittlig konsentrasjon på 11,0 mg BOF_5/l . Dessverre var ikke resultatene like tilfredsstillende mht. reduksjon av fosfor, med gjennomsnittlige utløpsverdier på henholdsvis 2,7 mg $\text{PO}_4\text{-P/l}$ og 3,3 mg Tot-P/l, figur 2.

Siden man kun tok én prøve av hvert anlegg, kan undersøkelsen ikke sies å være statistisk signifikant, men de høye verdiene ga grunn til bekymring. I Morsa var kravet at samtlige anlegg skulle være iht. klasse I i den tidligere typegodkjenningsordningen (DNV 1994), og av de 24 anleggene som ble undersøkt var det kun 6 prøver som viste tilfredsstillende reduksjon av fosfor.

Potensielle årsaker til variabel fosforrensing ble identifisert til å kunne være:

- Ikke tilfredsstillende koagulering/flokkulering/sedimentering
- Mulig frigjøring av fosfor fra slamavskiller
- Feil på utstyr / manglende kjemikalier
- Manglende slamtømming
- Ikke optimal fellings-pH
- For lav doseringsmengde
- Ikke tilfredsstillende innblanding av kjemikalier.



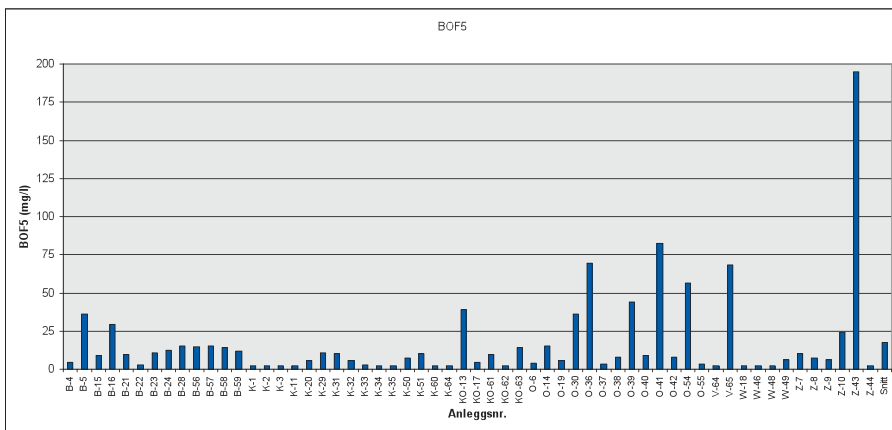
Figur 2. Utløpskonsentrasjoner for fosfor i prøver fra pilotprosjektet.

Funksjonskontroll

Som et resultat av funnene i pilotprosjektet ble det bevilget midler for en større undersøkelse: *Funksjonskontroll av renseanlegg i spredt bebyggelse i Morsa vassdraget* (Johannessen m.fl. 2008).

Det stilles krav til reduksjon av organisk stoff målt som BOF_5 i Forurensningsforskriftens §12. I Lokal forskrift for Morsa er dette kvantifisert som maksimal utløpskonsentrasjon på 25 mg

BOF_5/l . Figuren nedenfor viser utløpskonsentrasjonene for BOF_5 , for de anleggene som er undersøkt av COWI/IVL. Som figuren viser er det gjennomgående tilfredsstillende ytelse mht. reduksjon av BOF_5 . Gjennomsnittlige utløpskonsentrasjon var på 18 mg BOF_5/l (std.avvik +/- 30), og av 61 anlegg hadde 51 gjennomsnittlige utløpskonsentrasjoner under grenseverdien på 25 mg BOF_5/l , dvs. 84 % av anleggene tilfredsstillende kravet, figur 3.



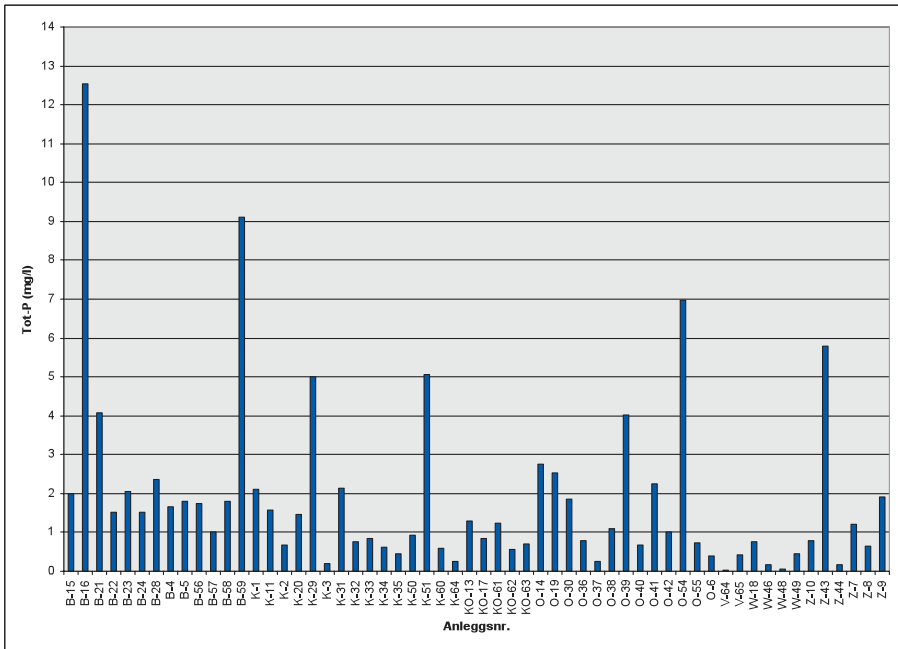
Figur 3. Gjennomsnittlige utløpskonsentrasjoner (2-6 prøver/anl.) av BOF_5 for anlegg besøkt av COWI / IVL 2007/08 (Rød strek angir grenseverdi i lokal forskrift; 25 mg BOF_5/l).

Nedre deteksjonsgrense ved analysemetode benyttet av AnalyCen (nå: Eurofins) for BOF_5 er 2,0 mg/l. Av totalt 181 analyseresultater for BOF_5 er 49 resultater (27 %) oppgitt fra AnalyCen å være 2,0 mg/l eller <2,0 mg/l. I resultatsammenstillingen er disse lagt inn som 2,0 mg/l. Dvs. i realiteten vil den gjennomsnittlige utløpskonsentrasjonen være noe lavere.

Variasjonen er imidlertid forholdsvis stor med maksimalverdi på 240 mg/l og minimum under 2 mg/l. Ser man bort

fra det ene anlegget med høyest gjennomsnittsverdier i figuren nedenfor er imidlertid variasjon langt mindre, med maksimalverdi på ca. 80 mg/l.

Det stilles krav til reduksjon av fosfor målt som Tot-P i Forurensningsforskriftens §12. I Lokal forskrift for Morsa er dette kvantifisert som maksimal utløpskonsentrasjon på 1,0 mg Tot-P/l. Figuren nedenfor viser utløpskonsentrasjonene for Tot-P, for de anleggene som er undersøkt av COWI/IVL.



Figur 4. Gjennomsnittlige utløpskonsentrasjoner (2-6 prøver/anl.) av Tot-P for anlegg besøkt av COWI / IVL 2007/08 (Rød strek angir grenseverdi i lokal forskrift; 1,0 mg Tot-P/l).

Som figur 4 viser er utløpskonsentrasjonene gjennomgående for høye i forhold til krav i Lokal forskrift, med en gjennomsnittlig utløpskonsentrasjon på 1,8 mg Tot-P/l for samtlige prøver. Medianverdien for samtlige prøver var på 0,9 mg/l. Forutsatt den Lokale forskriftens krav på 1,0 mg Tot-P i utløpskonsentrasjon, målt som årsgjennomsnitt, overholder 26 anlegg dette kravet (gjennomsnittlige målinger pr. anlegg). Maksimalverdi målt (på enkeltprøve) ligger på 17,8 mg/l og minimum 0,01mg/l. Det er viktig å understreke at dette ikke betyr at anleggene ikke fungerer. Målsetningen til Morsa tilsvare ca. 90 % reduksjon, og

avhengig av hvilket tall som benyttes for innløpskonsentrasjon (10 - 15 mg tot-P/l), representerer resultatene i gjennomsnitt en reduksjon av fosfor i størrelsesorden 82 - 88 %.

Ser man også på medianverdien som ligger på 0,9 mg tot-P/l betyr dette at 50 % av anleggene hadde lavere utløpskonsentrasjoner for tot-P enn dette. I tabell 1 nedenfor er det vist prosentvis andel av prøvene som ligger under visse utløpskonsentrasjoner for sentrale parametere. Tabellen viser at for eksempel 70 % av prøvene har lavere konsentrasjoner enn 1,5 mg tot-P/l.

Andel prøver med konsentrasjon lavere enn	Tot-P (mg/l)	BOF ₅ (mg/l)
Median	0,9	6,0
60%-percentil	1,2	8,0
70%-percentil	1,5	11,0
80%-percentil	2,2	19,0
90%-percentil	4,7	42,0

Tabell 1. Prosentvis andel prøver med lavere konsentrasjon enn angitte verdier.

Utfelling av ortofosfat (PO₄-P) er langt bedre enn tidligere, med en gjennomsnittlig utløpskonsentrasjon på 0,3 mg PO₄-P/l mot 2,7 mg PO₄-P/l i pilotprosjektet. Dette er et direkte resultat av tiltak gjennomført av leverandørene, hvor doseringsmengder er økt, samt at enkelte leverandører har endret doseringspunkt i renseanlegget. Dvs. for lav doseringsmengde og ikke tilfredsstillende innblanding av kjemikalier har trolig påvirket resultatene mindre enn hva tilfellet var i pilotprosjektet.

Økt kjemikaliedosering og mer effektiv innblanding fører til økt slamproduksjon. Dette har trolig påvirket anleggenes ytelse i form av større innhold av suspendert stoff (SS), med etterfølgende redusert avskilling for de anleggstypene som har begrensninger i avskillingskapasitet. Dette er sannsynligvis en medvirkende årsak til at Tot-P konsentrasjonen ikke er redusert tilsvarende som for ortofosfat. Et annet viktig aspekt med økt slamproduksjon er selvsagt at dette reduserer lagringskapasiteten for utfelt slam, og uten at dette resulterer i hyppigere slamtømming vil dette også kunne føre til økt SS i utløpsvannet og også høyere partikulær fosforandel. Manglen-

de/ mangelfull slamtømming kan derfor også være en medvirkende årsak til at høye SS og Tot-P konsentrasjoner forekommer i utløpsvannet.

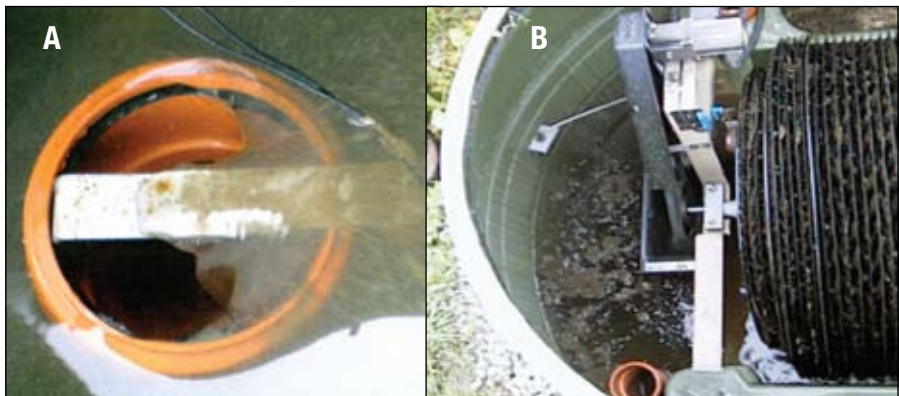
Kun ca. 30 % av anleggene driftes innenfor optimal fellings-pH (mellom 6 og 7). Dette kan skyldes overdosering av fellingskjemikalier, redusert pH pga. nitrifikasjon eller naturlig lav pH i råvannet. Sistnevnte årsak anses som lite sannsynlig da råvann enten er kommunalt vann hvor pH kontrolleres, eller fra grunnvannsbrønn som normalt har nøytral til høy pH. Innhold av NH₄-N kan brukes som et mål på grad av nitrifikasjon. I innløpsvannet er det forventet at en stor andel av nitrogenet foreligger som NH₄-N. Lave konsentrasjoner av NH₄-N i utløpsvannet kan derfor tolkes som høy grad av nitrifikasjon. Nitrifikasjon er en prosess som forbruker alkalitet, og dersom vannet har lav bufferkapasitet vil pH synke, og dersom kjemikalier tilsettes etter en slik prosess kan dette senke pH betydelig. Undersøkelsen viser at NH₄-N konsentrasjonene synker med lavere pH ved mange anlegg. Samtidig ser man en del relativt høye PO₄-P verdier ved lav pH verdi. Dette kan tolkes som at anleggenes koaguleringspro-

sess er negativt påvirket av pH som er redusert pga. en kombinasjon av nitrifikasjon og kjemikaliedosering. $\text{PO}_4\text{-P}$ varierer imidlertid sterkt uansett pH verdi, slik at det er ikke mulig å konkludere med bakgrunn i datagrunnlaget.

Undersøkelsen viser at det er et behov økt kunnskap innen flere områder. Bl.a. er det i årets undersøkelse gjort undersøkelser i 11 slamavskillere for å se om man kunne finne tegn på utlekking av fosfor fra sedimentert slam. Til forskjell fra større sentrale renseanlegg oppbevares slammet i et minirensanlegg i prosesslinjen, fra slamtømming til slamtømming. Normalt intervall mellom slamtømminger er ca. ett år, men kan også være betydelig lenger. En hypotese er derfor at det pga. den lange lagringstiden i prosesslinja, vil noe av den fosforen som er bundet til partikulært materiale, enten ved fysisk/kjemiske forbindelser eller som bestanddel av organisk materiale, bli omdannet og frigjort til vannfasen som løst fosfor. Undersøkelsen viste forhøyde verdier i ett anlegg. I dette an-

legget viste 3 prøver $\text{PO}_4\text{-P}$ konsentrasjoner på 13-14 mg/l. Dette antyder at utlekking av fosfor kan være et problem på noen anlegg. Imidlertid er datagrunnlaget for lite til å gi noen entydig konklusjon, og problemstillingen bør sees i sammenheng med doseringsmengde og hyppighet av slamtømming, og det er behov for ytterligere undersøkelser angående dette.

Et annet område som bør prioriteres i det videre arbeidet er å utvikle validerte prøvetakingsmetoder. I forbindelse med utarbeidelse av denne rapporten og vurdering av datagrunnlaget, er prøvetakingsmetoden benyttet (stikkprøver) debattert inngående. Alle metoder for prøvetaking har sine usikkerheter, og det er ikke entydig faglig enighet om optimal prøvetakingsmetode for disse anleggstypene. I forbindelse med innføring av nytt tilsyns- og kontrollregime, ved innføring av ny lokal forskrift Morsa, er det igangsatt et forprosjekt med mål om å få etablert validerte prøvetakingsmetoder for den enkelte anleggstypen.



Figur 5a Slamflukt og Figur 5b flyteslam i anlegg med uheldige driftsbetingelser.

Driftsforstyrrelser eller uheldige driftsbetingelser kan også påvirke anleggenes ytelse mht. reduksjon av fosfor. Typiske eksempler på dette er slamflukt og flyteslam, som illustrert i figurene 5 a og b foran.

Manglende kjemikalier, defekte pumper og kompressorer eller andre defekte komponenter, samt ansamlinger av slam og annen skitt er også potensielle årsaker til variabel ytelse på anleggene. Alle disse kan kun henspeiles til anleggenes drift og vedlikehold.

Konklusjoner fra funksjonskontrollen

Basert på det arbeidet som er utført er det truffet følgende hovedkonklusjoner:

- Minirensanlegg er funksjonsdyktige anlegg for reduksjon av både organisk stoff og fosfor. Denne undersøkelsen viser at samtlige anleggstyper, ved riktig driftsoppfølging, er i stand til å møte myndighetenes krav for begge parametere.
- Årets resultater viser en klar forbedring i forhold til resultatene fra pilotprosjektet i 2006. Forbedringen må ses på som en effekt av pilotprosjektet, og er et direkte resultat av tiltak utført av leverandørene. Dette understreker at tilsyn og kontroll er viktig for å opprettholde en kontinuerlig god ytelse på anleggene.
- Det er fortsatt behov for økt kunnskap vedrørende bruk av minirensanlegg i spredt bebyggelse, og det anbefales at videre undersøkelser og utvikling gjennomføres.

Gir resultatene grunnlag for å foreslå etterpolering?

Noen vil muligens hevde at resultatene fra denne undersøkelsen skulle motivere for etterpolering ved hjelp av bedre partikkelavskilling for å redusere fosforutslippene. Som en generell betraktning til spørsmålet om hvorvidt resultatene gir grunnlag for å foreslå etterpolering vil vi hevde at konklusjonene tilsier at man ikke må legge seg på en slik linje. Vi mener at det heller bør være fortsatt / økt fokus på kunnskapsoppbygging og oppfølging av drift og vedlikehold. Skal man i det hele tatt vurdere etterpolering på disse anleggene, må dette sees i sammenheng med potensielle årsaker til de anleggene med relativt høye utløpsverdier for fosfor og hvilken kost/nytte etterpolering har for resipienten.

Som vi har beskrevet ovenfor er det ikke slik at anleggene ikke fungerer overhodet, og resultatene viser at man ligger på renseeffekter i størrelsesorden 82-88 %. En evt. etterpolering i Morsa området vil pålegge anleggseierne betydelige kostnader, da grunnen ikke er egnet for etterpolering ved hjelp av infiltrasjon i grunnen, og gevinsten er relativt marginal.

Vi henleder derfor i stedet oppmerksomheten mot at man fra pilotprosjektet og til nå har sett en merkbar forbedring. Denne forbedringen må ses på som et resultat av sterkt fokus i bransjen. Ved å gjennomføre kontroller av anleggene, slik man har lagt opp til i Morsa med innføring av ny lokal forskrift (utslippskontroll minimum hvert 2. år), har vi store forhåpninger om at ytelsen på anleggene fortsatt vil forbedres i årene som kommer.

Undersøkelsen har også avdekket kunnskapsbehov, noe som fremtidig forskning og opplæring vil være med på å dekke. Undertegnede føler derfor at det er prematurt å konkludere med etterpolering, og mener at de tiltak som er satt i gang (ny lokal forskrift og kunnskapsoppbygging) må få lov til å vise effekter før en går til et slikt drastisk skritt i Morsa.

Referanser

Johannessen E., Eikum A.S. og Ovell L., *Optimal organisering og funksjonskontroll av renseanlegg i spredt bebyggelse*. COWI-prosjektrapport for Morsa, 2007.

Johannessen E., Eikum A.S., Ek M., Ovell L. og Junestedt C., *Funksjonskontroll av renseanlegg i spredt bebyggelse i Morsavassdraget*. COWI- prosjektrapport for Morsa, 2008.