

VRIVESTFOLD

VIRKEMIDLER FOR REGIONAL FoU & INNOVASJON

Sluttrapport for BEDRIFTSPROSJEKT
VRI-B Vannrenseteknologi 2012/956

Økning av fosfortilgjengelighet fra kjemisk
slam ved kombinert bruk av organiske og
uorganiske fellingsmidler



Forord

Fosfor er et av de mest sentrale elementene i gjødsel til jordbruk som det ikke finnes erstatning til. Derfor må vi se nærmere på hvordan fosfor i avløpsslam kan brukes hensiktsmessig når naturressurser tar slutt. Flere undersøkelser viser at plantetilgjengelighet av fosfor i slam fra fellingsanlegg er betydelig lavere enn slam fra biologiske renseanlegg. Vurdering av metoder for å øke plantetilgjengelighet av fosfor i renseanlegg med felling er derfor meget viktig for Norge- et land som renser over 2/3 sitt avløpsvann med kjemiske metoder og hvor mer enn halvparten av slam benyttes i jordbruket.

Dette forprosjektet utreder en alternativ løsning for økning av plantetilgjengelighet av fosfor i avløpsslam ved bruk av kombinerte koagulanter. Forsøkene ble gjennomført ved Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB) av Harsha Ratnaweera, som også har utarbeidet rapporten.

Tønsberg Avløpsrenseanlegg IKS setter pris på VRI-Vestfold ordningen, som har gjort det mulig å utrede muligheter som kan danne grunnlag for et hovedprosjekt med flere partnere og finansierer.

Oslo, 15. november 2013

Jørgen Fidjeland
Tønsberg avløpsrenseanlegg IKS

Innhold

1. Formål med forprosjektet	4
2. Bakgrunn	5
3. Aktivitetsplan og utførte arbeid	6
4. Resultater	7
4.1 Molforhold mellom koagulanter og fosfor	7
4.2 Hvordan forbedre plantetilgjengelighet av fosfor	8
4.3 Er det virkelig mulig å redusere aluminium og jern innholdet i slam?	9
4.4 Potensialet dokumentert med labskala forsøk	9
5. Doseringsstyringskonseptet for å håndtere to kjemikalier	11
5.1 Doseringsstyringskonsept basert på flere parameter	11
5.2 Mulighet for å styre dosering av to kjemikalier	12
5.3 Pilotskala tester	12
6. Analyser av slamkvalitet	12
7. Økonomiske vurderinger	14
8. Veien videre	15
9. Konklusjon	15
10. Referanser	16

1. Formål med forprosjektet

Hovedmål:

Dokumentere et konsept for vesentlig økning av fosfortilgjengelighet i avløpsslam etter kjemiskfelling.

Delmål:

- Finne optimale forhold mellom organiske og uorganiske koagulanter mht. økt fosfortilgjengelighet på lab- og pilotskala
- Utrede et innovativt konsept som kan styre dosering av to koagulanter for å oppnå høyeste fosfortilgjengelighet i slam og samtidig sikre maksimal renseeffekt av avløp.
- Beregne reduksjon i slammengder og økte kostnader ifm. polymerer samt (forenklet) totaløkonomi i konseptet
- Planlegge et større forskningsprosjekt for å realisere konseptet, både i praksis og kommersielt.

2. Bakgrunn

Over 70% av kommunalt avløp i Norge renses med uorganiske koagulanter (Berge og Mellem, 2011) og årlig forbrukes ca 100 000 tonn (Brinchmann, 2012) uorganiske koagulanter, dvs aluminium eller jern- baserte produkter. Disse koagulantene fjerner fosfor meget effektivt fra avløpsvannet og løser dermed et meget alvorlig miljøproblem. Derfor har Norge satset tungt på kjemiskfelling som hoved rensemetode for kloakk for å håndtere eutrofiering av innsjø, hvor meget gode resultater er oppnådd, f.eks. Mjøsaaksjonen. Fosfor i kloakken bindes kjemisk med aluminium eller jern og overføres til slam, og dermed blir vannmiljø spart.

Men tidene forandrer seg. Fosfor er et av de mest sentrale elementene i gjødsel til jordbruk som det ikke finnes erstatning til. Forskere er enig i at det innen 30 år kan forekomme fosforknapphet i verden mht. jordbruk, og at fosfor som kommer fra naturen kan ta slutt i løpet av 30-50år. Derfor må vi se nærmere på hvordan fosfor i avløpsslam kan brukes hensiktsmessig når naturressurser tar slutt, og for å imøtekomme den mer nærliggende fosforkrisen, siden fosfor i avløpsslam er en av de viktigste og mest fornybare fosforkildene i verden.

Kommunalt avløpsvann i Norge inneholder ca 3100t fosfor/år, hvorav 2500t/år går til kommunale rensesanlegg og 600t til rensesanlegg fra spredt bebyggelse. Disse slipper ut hhv. 800t/år og 400t/år fosfor til vann- og sjøresipienter (Grønlund, 2006). Resten, 1900 t/år, er estimert at havnes i slamfasen. Dette tilsvarer ca 17% av mineralgjødselforbruket i Norge (Bøen og Grønlund, 2008). Ca 2/3 del av avløpsslam brukes i jordbruket og det meste av resten av slammet brukes også i ulike former for jordforbedringsformål, noe som i utgangspunktet er veldig bra sett i verdens målestokk.

At mesteparten av det norske avløpsslammet brukes i jordbruket er bare en side av saken. Forskere fra Bioforsk m.fl. har i lengere tid dokumentert at det ikke er bare enkelt å bedømme at vi resirkulerer og gjenbrukes fosfor i jordbruket. «Gjødselsverdi av fosfor», som er en indikasjon av tilgjengelighet av fosfor til planter (P-AL) er sterkt redusert i slam fra anlegg med kjemiskfelling, særlig der aluminium og jernsalter er benyttet som fellingsmiddel. Resultat fra et forsøk viser at P-AL i aluminiumfelt slam var ca 10% og jernfelt slam var ca 24% i forhold til slam fra biologiske rensesanlegg (Krogstad, 2010). Selv om P-Al verdiene er avhengig av etterbehandling og målemetode er trenden er klar: slam fra norske rensesanlegg som bruker aluminium eller jern har svært lav gjødselsverdi ift. slam fra biologiske rensesanlegg eller kunstig gjødsel.

Kjemiskfelling av avløpsvann har en del utfordringer ift. biologisk rensing. Kjemiskfelling oppfattes til dels som lite naturlig og lite miljøvennlig fordi man tilsetter et kunstig fremstilt fremmedstoff til avløpsvannet som i tillegg produserer kjemisk slam, som aluminium eller jernhydroksid. I tillegg reduserer dette pH i prosessvannet, som kan påvirke negativt i etterfølgende rensesprosesser. Og ikke minst, fellingsanleggene må kjøpe fellingsmidler i evig tid mens til sammenligning trenger biologiske rensesanlegg hovedsakelig kun å tilføre luft, som styrer driftskostnadene. I tillegg krever nitrogenrenningskravene at aktuelle norske rensesanlegg uansett må ha biologiske trinn. Selv med en slik rekke ulemper er fordelene med kjemiskfelling så mange at de fleste rensesanlegg i Norge fortsatt har et fellingsstrinn. Det har også gjort Norge til mester av fellingsprosesser i avløpsrensing.

Slammet fra de fleste fellingsanlegg benyttes i jordbruk til tross for at mange bønder fortsatt er skeptisk. Den fortsatte mangel på betalingsvilje hos bøndene for avløpsslam bekrefter dette. Resultatene fra økende antall forsøk har nå satt søkelys på en ny ulempe med kjemiskfelling – den reelle verdi av slam i jordbruket – målt som plantetilgjengelighet av fosfor. Og saken får enda mer oppmerksomhet nå, da mange har begynt å snakke om en kommende fosforkrise.

Spørsmålet er såpass spisset nå at vi kan høre spørsmålet om fellingsanleggene bør konverteres til biologiske renseanlegg. Selv om en slik total forandring er lite trolig er det nyttig å se nærmere på hvorfor plantetilgjengeligheten blir så lav og hva en kan gjøre for å forbedre situasjonen.

3. Aktivitetsplan og utførte arbeid

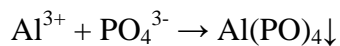
- Samle data fra minst 3 renseanlegg i Østlandet (flere fra Vestfold) om fellingsprosessen og slamkvalitet.
 - Avløpsvann fra Tønsberg RA, Lillevik RA, og Enga RA, Sandefjord samt Skiphelle RA, Drøbak ble utvalgt til forsøk.
- Gjennomføre jar-tester med ulike avløpsvann og serier med organiske koagulanter for å dokumentere mulighetene for kombinert felling.
 - Systematiske serier av jar-tester ble gjennomført med gode resultater.
- Utvikle doseringsstyringskonseptet for å håndtere to kjemikalier.
 - DOSCON styringssystem for kjemikaliedosering ble valgt og funksjonalitet for å ha dosering av to kjemikalier ble vurdert og dokumentert.
- Gjennomføre pilotskala tester.
 - Pilotskala tester ble planlagt men ikke gjennomført, grunnet for omfattende tilpasningsbehov i stor skala.
- Analyser av slamkvalitet (vekstforsøk skal ikke utføres pga. tidsrammen).
 - En alternativ metode for vurdering av plantetilgjengelighet av fosfor dokumentert av andre forskergrupper i Norge ble brukt i vurdering av slamkvalitet.
- Økonomiske beregninger.
 - Gjennomført.
- Utarbeidelse av grunnlag for et større og langsiktig prosjekt, og evt. kommersialiseringspotensiale.
 - Fullskala verifiseringstester er planlagt.

4. Resultater

4.1 Molforhold mellom koagulanter og fosfor

Fosfor fjernes etter flere mekanismer ved kjemiskfelling: Løst fosfat fjernes hovedsakelig via utfelling som aluminiumfosfat eller jernfosfat. I tillegg kan en del av fosfatet fjernes ved adsorpsjon av fosfationer til utfelte hydroksid produkter samt ved kompleksdannelse med metallhydroksider. Partikulær fosfor fjernes hovedsakelig gjennom de fire mest kjente fellingsmekanismene for fjerning av partikulære materialer: dobbeltlagskomprimering, adsorpsjon-ladningsnøytralisering, brobygging og omsvøping, hvorav adsorpsjon-ladningsnøytralisering og omsvøping er mest aktuelle for norske avløpsrenseanlegg.

Støkiometriske molforhold i reaksjonen mellom aluminium (eller jern) med fosfat er 1:1, etter følgende ligning:

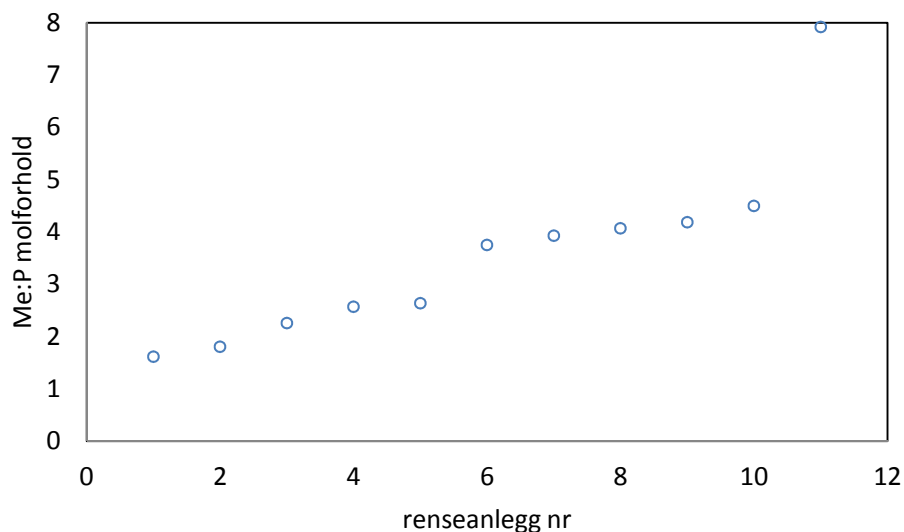


Støkiometrisk sett, trengs kun 1 mol aluminium eller fosfor for å fjerne 1 mol fosfor. Det antas at det dominerende utfellingsproduktet ikke er et rent aluminiumfosfat, men et kompleks. Likevel viser tall fra norske renseanlegg til vesentlig høyere forbruk av fellingsmidler (fig 1), og noen ganger over 7.

At molforholdene blir over 1 er ikke overraskende. Når man tilsetter aluminium eller jernsalt (koagulant) til vann, foregår tre prosesser:

- (a) utfelling av hydroksid
- (b) utfelling av fosfat
- (c) en liten andel som går uten reaksjon – inerte fraksjon av koagulant.

Utfelling av hydroksid og fosfat skjer samtidig og er konkurrerende reaksjoner. Dette er hovedbegrunnelsen for at en i praksis alltid må regne med å bruke høyere enn 1:1 forhold.



Figur 1. Estimert molforhold mellom fjernet fosfor og tilsatte fellingskjemikalier i utvalgte renseanlegg (data fra 2011 og 2012, basert på ulike årsrapporter og informasjon fra RA)

Optimal fellingsdose er avhengig av en rekke faktorer: vannmengde, pH, partikkel og fosfatinnholdet er de mest kritiske. De aller fleste renseanlegg benytter kun mengde proporsjonal dosering – i beste fall med pH overstyring. Da er det forklarlig at dosen, og dermed også molforholdet, blir høyere enn nødvendig. Nedre Romerike Avløpsselskap IKS Lillestrøm har i fire år benyttet et doseringssystem basert på flere parametere og molforholdene var ca 1,8 i 2011 (Ratnaweera, 2012). De fleste anlegg hadde molforhold i området 2.5-4.5 mens ett anlegg hadde meget høyt, nesten på 8. En annen studie viser at molforholdene varierte nesten opptil 26 (Krogstad, 2010).

I realiteten blir disse tallene enda høyere. Tallene er basert på totalfosformengder som ble fjernet fra innløpet til utløpet og ikke bare i løpet av fellingstrinnet. Dersom vi antar at andre prosesser fjerner 50% totalfosfor kan molforholdene bli dobbelt så høye som de presenteres i fig. 1.

4.2 Hvordan forbedre plantetilgjengelighet av fosfor

Det pågår aktiv forskning innen hvordan plantetilgjengelighet kan økes i koagulert slam. Forskningen fokuserer hovedsakelig på videre behandling av utfelt slam, både ved ulik tilsetning og ulike behandlingsprosesser. Resultatene varierer, men det er rapportert at plantetilgjengeligheten kan økes noe med slike behandlingsprosesser.

Det finnes et alternativt konsept for å forbedre plantetilgjengeligheten ved å forsøke å redusere aluminium eller jern innholdet i slammet ved reduksjon av selve tilførselen av disse «problemstoffene». Organiske koagulanter (kationiske polymerer), kan fungere som effektive koagulanter i partikkelfjerning, da de kan fjerne partikler via to fellingsmekanismer – adsorpsjon-ladningsnøytralisering og brobygging. Organiske polymerer benyttes i koaguleringsprosesser for drikkevann og prosessvann i noen land. Disse koagulantene kan ikke fjerne løst fosfat effektivt og benyttes derfor ikke i kommunal avløpsrensing. Dersom en kan benytte organiske polymerer til å fjerne partikulære materiale kan det tenkes at hvis fraksjonen av uorganiske koagulanter som ellers forbrukes for fjerning av partikulære materiale kan reduseres, kan fraksjonen tilgjengelig for fosforfjerning økes. En slik løsning vil kunne halvere (eller enda mer?) aluminium eller jern innholdet i avløpsslam – og dermed øke plantetilgjengeligheten.

Ideen om kombinert felling med organiske og uorganiske koagulanter er ikke nytt. Allerede på 1990- tallene ble det gjort forsøk på kombinert felling. Hovedbegrunnelsen for disse forsøkene var å redusere slam mengde, da reduksjon av uorganiske koagulanter ville redusere mengde hydroksid i slammet. Dessverre ble ikke disse ideene videreført langt nok til at renseanlegg benyttet det som deres driftspraksis.

Nå har tidene forandret seg, og med ambisjoner om å øke plantetilgjengeligheten i slam fra fellingsanleggene finnes det ytterligere grunner til å studere mulighetene nærmere.

4.3 Er det virkelig mulig å redusere aluminium og jern innholdet i slam?

Teoretisk sett er det ingen tvil om at dette er mulig. Partikulært materiale kan fjernes ved koagulering med uorganiske koagulanter eller organiske koagulanter, eller med en kombinasjon. Bruken av organiske koagulanter gir også en rekke fordeler i tillegg til økning av plantetilgjengelighet av fosfor: mindre slam, mindre avhengighet av fellings-pH, ingen reduksjon av pH, mer kompakt slam – og dermed muligens forminskede behov for flokkulenter og kjemikalier i slamavvanningsprosesser, osv.

Men i praksis kan det være flere utfordringer: Ingen studier er gjennomført om påvirkning av organiske koagulanter på konkurransen mellom partikkel- og fosforfjerningsreaksjonene som er omtalt tidligere; det sikreste er å kjøre en to-steps fellingsprosess der det først koaguleres med organiske koagulanter og det rensede vannet deretter koaguleres med uorganiske koagulanter – men det vil kreve betydelige infrastrukturendringer i nåværende fellingsanlegg; håndtering av to koagulanter og tilhørende utrustninger, samt andre økonomiske faktorer (f.eks. organiske koagulanter er vesentlig dyrere enn uorganiske koagulanter til tross for at det benyttes en lavere dose).

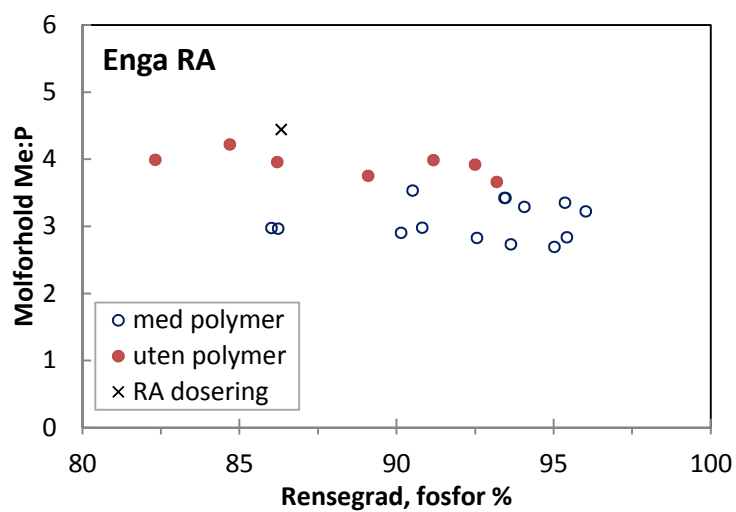
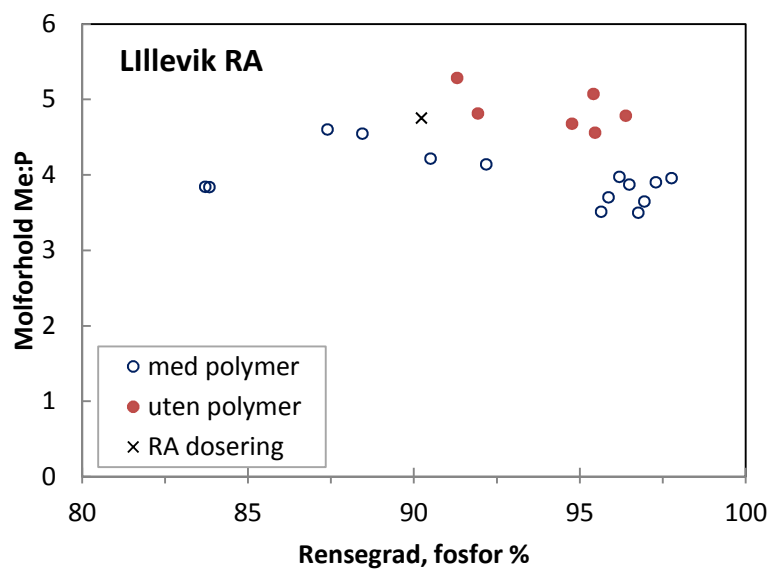
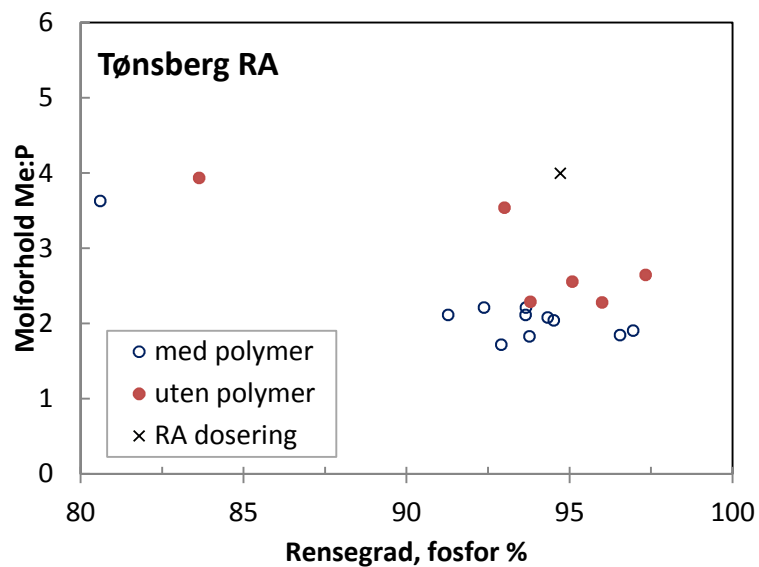
Til tross for de ovennevnte usikkerhetene og ulempene kan dette alternativt bli en løsning for mange norske renseanlegg som ikke kan forestille seg å konvertere til biologisk fosforfjerning eller dyrere etterbehandlingsprosesser. Samtidig vil det bidra til bedre utnyttelse av fosfor fra avløpsvannet som et godt bidrag til reduksjon av den kommende fosforkrisen.

4.4 Potensialet dokumentert med labskala forsøk

For å vurdere hvor langt en kan komme ned med uorganiske fellingsmidler i kombinasjon med kationiske polymerer ble en rekke jar tester gjennomført på avløpsvann fra Tønsberg RA (TAU), Lillevik RA og Enga RA. Planleggingsforsøkene ble gjennomført i avløpsvann fra Skiphelle RA, anlegget med nærmest beliggenhet til UMB. Disse forsøkene ble benyttet for å velge aktuelle organiske polymerer fra et større utvalg.

Jar test ble først gjennomført uten tilsetning av polymerer med ulike uorganiske koagulanter (Kemira: ALS, PAX 18, PIX318 og Ekofloc). De optimale dosene med disse koagulantene er presentert i fig. 2 med fylte markører i rødt. Forsøk ble repetert i samme avløpsvann med noe lavere uorganisk koagulantdose kombinert med kationiske polymerer (SNF 4240 LWM og 4350 LMW), som er indikert med åpne blå markører. Som referanse er molforhold og rensegrad basert på renseanleggets dose notert som kryssmarkør i hver av figurene.

Fra alle tre figurer er det klart at med en kombinasjon med polymerer er det mulig å redusere molforholdet med 20-30% og samtidig opprettholde rensegraden på fosfor. Denne reduksjonen ble oppnådd dosering av både organiske og uorganiske koagulanter uten slamseparasjon mellom doseringene. En slik dosering er lettere gjennomførbar i praksis, selv om en mellom-slamseparasjon kan unngå konkurranse mellom koagulantene for partikkelfjerning og dermed senke molforholdene enda lavere.



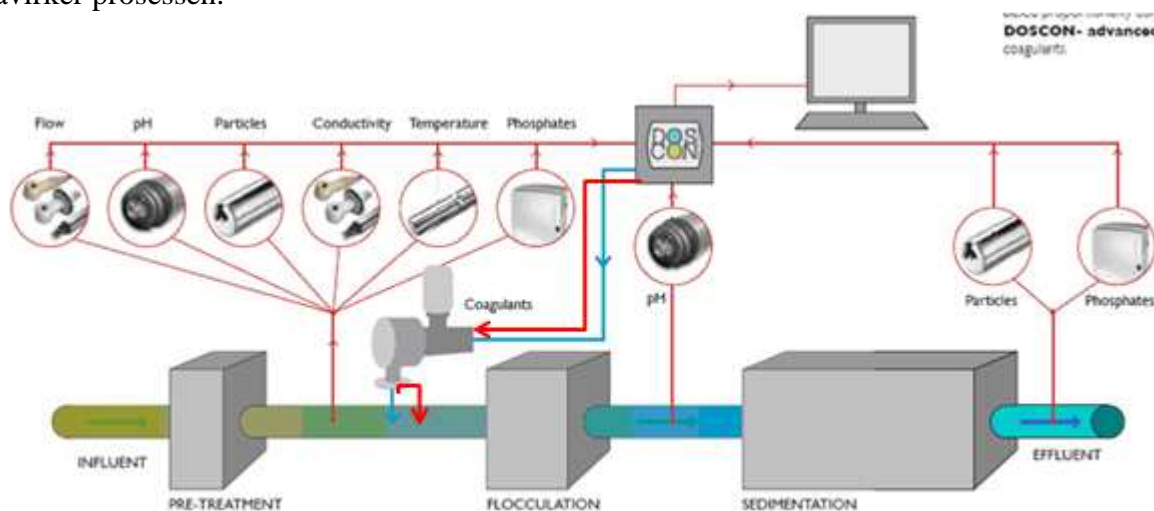
Figur 2. Molarforhold mellom aluminium eller jern og fjernet fosfor ved jar-tester. Lukkede (rød) markører: uten polymer; Åpne markører: med polymer; Kryss: referansedose fra fullskala.

5. Doseringsstyringskonseptet for å håndtere to kjemikalier

Ved rensesanlegg doseres fellingskjemikalier via en doseringspumpe som styres av anleggets sentrale styringssystem, SCADA. I løpet av en time eller dag varierer vannmengden og vannkvaliteten og fellingsdosen bør følge disse variasjonene for å oppnå optimal rensing. Ofte tar man kun hensyn til vannmengde og pH i vannet, slik at doseringen blir mengdeproporsjonal med overstyring av pH. Det er nå dokumentert at det ved inkludering av flere parametere er det mulig å oppnå betydelig reduksjon av fellingskjemikalier. DOSCON er et slikt konsept, utviklet av norske forskere, som ble vurdert for dosering av to kjemikalier.

5.1 Doseringsstyringskonsept basert på flere parametere

DOSCON er et innovativt konsept som inkluderer de teoretisk viktigste parameterene i beregning av den optimale dosen for kjemisk rensing av avløpsvann og drikkevann. Sammenlignet med mengdeproporsjonal styring, som krever manuelle justeringer for å takle de store endingene i vannmengden eller aktivitetsendringer, klarer DOSCON å beregne de mest optimale dosene automatisk. Dette fordi DOSCON inkluderer sanntidsmåling av å både partikler, fosfat, pH og vannmengde – parametere som bestemmer behovet for koagulanter. I tillegg blir tid på døgnet og dag i uka inkludert, samt en del enkle parametere som temperatur og ledningsevne. Disse bidrar til indirekte måling av mer kompliserte parametere som påvirker prosessen.



Figur 3. DOSCON prinsippskisse for dosering av koagulanter

Konseptet baserer seg på kalibrering av en rekke ligninger med prosessdata for de beste situasjonene fra det enkelte anlegg. Ligningen vil bli jevnlig forbedret via nye kalibreringer basert på et stadig voksende datagrunnlag under drift. Systemet har et innebygget system for å luke ut parametere som kan være feil grunnet midlertidig feil i måleutstyr, samt sikkerhetsmoduler slik at ved evt. feil i selve styringssystemet vil dosering fortsette å benytte dagens algoritme med mulig manuell justering (slik praksis er i dag).

Konseptet er nå vurdert aktuelt både i drikkevannrensning og i industriavløpsrensning, og produktet er tilpasset for å inkludere et bredere spekter av bruksområder.

5.2 Mulighet for å styre dosering av to kjemikalier

DOSCONs styringsenhet er basert på en innebygd PC (PLS) med 4 utganger med doseringssignaler. I utgangspunktet er disse øremerket for opptil 4 linjer i et renseanlegg for samme fellingskjemikalie med samme dose.

Integrering av flere algoritmer til styringsenheten har blitt vurdert, og funksjonalitetene er nå endret slik at opptil 4 kjemikalier kan styres av 4 uavhengige algoritmer.

Dermed kan DOSCONs styringsenhet anvendes for dosering av organiske og uorganiske koagulanter og mengden estimeres på grunnlag av innkommende vannmengde og kvalitet. I tillegg kan renseresultatene integreres i doseringskonseptet slik at algoritmene tilpasses etter ønskede resultater.

5.3 Pilotskala tester

DOSCON styringsenhet er nå programmert for styring av to kjemikalier og kan anvendes i et pilotforsøk. For å ha full funksjonalitet er det ønskelig at flere vannkvalitetsparametere måles online i pilotanlegget og er koblet til styringsenheten.

Basert på fullskala tester som foregår på Lillestrøm RA er funksjonaliteten i DOSCON godt dokumentert for styring av et fellingskjemikalie. De vurderingene vi har gjort med styringsenheten og situasjoner i fullskala bekreftet at det er mulig å anvende styringsenheten både i pilotskala og fullskala tester.

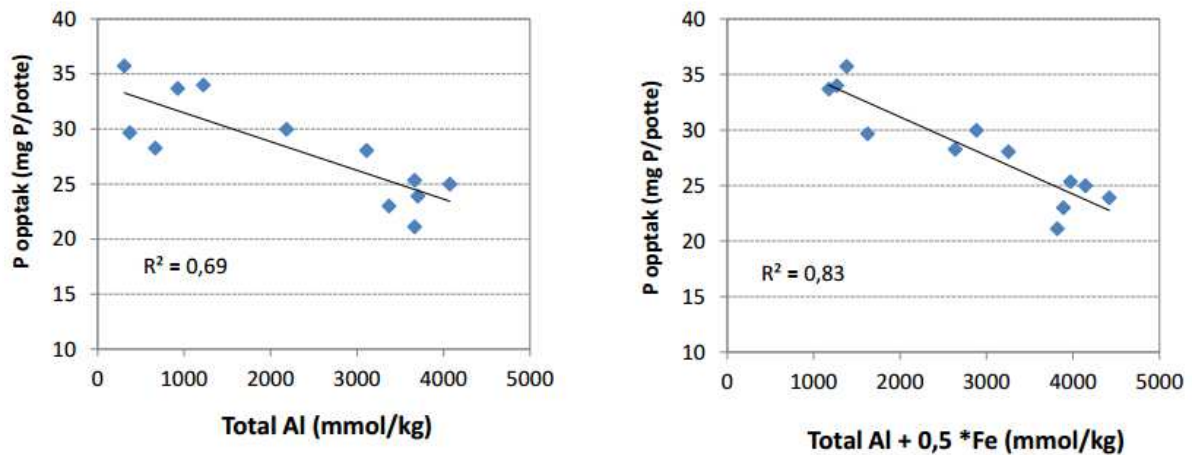
6. Analyser av slamkvalitet

Den tradisjonelle metoden for å analysere plantetilgjengelighet av fosfor i ulike slamtyper er å gjennomføre såkalte «vekstforsøk». Det vil si at man benytter ulike typer slam/jordkvalitet og måler vekst av utvalgte plantetyper etter flere måneder. Slike forsøk er gjennomført av Bioforsk (Planteforsk) og UMBs Institutt for plante- og miljøvitenskap. En av de første studiene ble publisert ifm ORIO programmet i 2004 (Krogstad, et al, 2004). Rapporten dokumenterer at slam fra fellingsanlegg har ca 10% av fosfor tilgjengelig til planter sammenlignet med slam fra biologiske renseanlegg.

Grunnet den begrensede forsøksperioden ønsket vi å benytte en alternativ metode for å vurdere slamkvaliteten. Bruk av kjemiske metoder er presentert av Kuo (1996) og er brukt av flere norske forskere.

Basert på norske og internasjonale undersøkelser konkluderer Bøen (2010) at jo høyere innhold av aluminium eller jern i slammet, jo dårligere blir plantetilgjengelighet. Øgaard (2012, 2013) konkluderer at økende innhold av aluminium og jern i slammet gir avtagende

fosforopptak i planter basert på vekstforsøk. For jern-og/eller aluminiumsfelt slam er konsentrasjonen av jern og aluminium i slammet en vel så god indikator for innholdet av plantetilgjengelig fosfor som de testede fosforekstraksjonene.



Figur 4. Forhold mellom aluminium og jern i slam og fosforopptak av planter fra avløpsslam (Øgaard, 2012)

Fig. 4 viser resultater fra vekstforsøk med ulike avløpsslam som inneholder jern og aluminium. Fosforopptak av planter, eller plantetilgjengelighet av fosfor, viser tydelig sammenheng med innhold av aluminium eller jern. Siden mesteparten av aluminium og slam ved felling overføres til avløpsslam kan vi bestemme at dosen av aluminium eller jern har en direkte sammenheng med plantetilgjengelighet av fosfor.

Dvs., selv uten å gjennomføre ressurskrevende vekstforsøk eller andre analyser kan vi godt konkludere at reduksjon av uorganiske fellingsmidler i fellingsprosessen vil nødvendigvis øke plantetilgjengelighet av fosfor i avløpsslam.

7. Økonomiske vurderinger

Innføring av kombinert dosering av fellingsmidler har tre hovedkonsekvenser til økonomien ved rensesanlegg:

- Behov for fysiske endringer i rensesanlegget
- Endring i kjemikaliekostnader
- Endring av verdi i avløpsslam

I denne utredningen har vi utelatt beregning av investeringskostnader for tilpasning av dosering av to kjemikalier. Den verste konsekvensen er at en må investere i en tilleggsdoseringspumpe, tank for kjemikalier samt sedimenteringsbasseng. Til gjengjeld er det mulig å blande to kjemikalier sammen og benytte samme doserings- og sedimenteringsutrustninger ved de fleste anlegg som finnes i dag. Effektivitetsnivå med sistnevnte løsning vil sannsynligvis være noe mindre enn ved første løsningen, men bør vurderes ved gjennomføring.

De fleste rensesanlegg i Norge leverer sitt avløpsslam til jordbruk, uten vederlag. Noen rensesanlegg betaler t.o.m. for spredning av slamm. Dette kan endres i fremtiden pga. mangel på fosfor og økning av plantetilgjengelighet av fosfor. Denne vurderingen er ikke kvantifisert i nåværende utredningen.

Forsøkene viser at det er mulig å redusere uorganiske koagulanter med opptil 30%, ved dosering av 3 mg/l av kationiske organiske polymerer.

Dersom vi tar utgangspunkt i en dose jernholdige koagulanter med 200g/m³ for å oppnå 90% rensegrad ift fosfor og koagulanter koster ca. 1000kr/tonn, er det behov for ca 0,2 kr for å rense 1 m³ avløp. Organiske polymerer er vesentlig dyrere (ca 10 -15 000kr/t), men krever betydelig mindre dosering. 3g av kationiske koagulanter trenges for å oppnå den rapporterte effekten og koster ca 0,03 kr per m³, ved 30% reduksjon av jernholdige fellingsmidler

Dvs., for et rensesanlegg med størrelse Tønsberg renser ca. 13 mill. m³/år:

Kostnader med jern som koagulant = 0,2 kr/m³ x 13 mill. m³ = 2,6 mill NOK

Med jern og polymer som koagulanter = (0,2kr/m³x70% + 0,03kr/m³)*13 mill. m³ = 2.2 mill. NOK. Beregningen viser at en kan spare ca. 15% av kjemikaliekostnader ved 30% reduksjon av uorganiske koagulanter.

Det er meget sannsynlig å øke denne besparelsen enda mer ved videre optimalisering av prosessen. I tillegg kommer besparelse ved slambehandling pga redusert reduserte kjemisk slammengder og forbedret slamkvalitet.

8. Veien videre

Forprosjekt-resultatene er presentert til Tønsberg renseanlegg og Lillevik renseanlegg. Resultatene er så interessante at det er verdt å videreføre i fullskala forsøk med involvering av flere partnere.

Allerede nå er det klart at en kan oppnå tilstrekkelig rensing med 3 mg/l kationiske polymerer som erstatter 30% av uorganiske fellingsmidler. Det er viktig å videre optimalisere disse forholdene og utrede eventuelle utfordringer ved fullskala anvendelser. En slik endring i dosen kan ha stor påvirkning på slamkvaliteten, som har ringvirkninger på både sedimenteringsegenskaper og vanningsegenskaper. Teoretisk sett skal disse påvirkningene være positive.

Det er utarbeidet en skisse for et hovedprosjekt som nå skal vurderes for videre finansiering.

9. Konklusjon

Organiske koagulanter (kationiske polymerer) kan benyttes for å redusere uorganiske koagulantdoser i fellingsanlegg uten forverring av rensresultat.

Opptil 30% reduksjon av aluminium / jern innhold er dokumentert i labskala forsøk med kombinerte koagulanter.

Hypotesen er at en vesentlig del av uorganiske koagulanter i dag går til partikkelfjerning, noe som effektivt kan erstattes med organiske koagulanter (kationiske polymerer). Dersom det er mulig å redusere uorganiske polymerer med 40-70%, antas det å ville ha en vesentlig påvirkning på fosfortilgjengelighet i utfelt kloakkslam.

Potensialet for å oppnå enda høyre reduksjon er tilstede ved bedre prosessoptimalisering og ved gjennomføring av to-trinns felling (med slamseparasjon imellom) for å redusere konkurransen av andel uorganiske fellingsmidler innen fjerning av fosfor.

Det bør utredes alternative metoder for å øke fosfortilgjengelighet ved bruk av intelligent renseteknologi og prosesskontroll som ikke krever store infrastrukturendringer.

Foreløpige økonomiske vurderinger tilsier ca. 15% besparelse av kjemikaliekostander ved bruk av kombinerte fellingsmidler.

10. Referanser

Berge, G. og Mellem, K.B. 2011: Kommunale avløp: Ressursinnsats, utslipp, rensing og slamdisponering 2010. SSB rapport46/2011

Brinchmann, A. 2012: personlig kommunikasjon

Bøen, A. 2010: Fosfor i avløpsslam – fraksjonering og plantetilgjengelighet , Bioforsk Rapport Vol. 5 Nr. 62 2010

Bøen A, Grønlund A, 2008: Phosphorus resources in waste – closing the loop? I Rubæk (red) Phosphorus management in Nordic-Baltic agriculture –reconciling productivity and environmental protection. NJF Report 4(4): 102-106

Grønlund, A. 2006: Matavfall - næringsstoffer i kretsløp - fokus på fosfor. Møte i avfallsforum fredag 1. desember 2006, ROAF, Bøler avfallsanlegg

Krogstad, T., Sogn, T.A., Sæbø, A og Asdal, Å. 2004: Resirkulering av fosfor i slam, Grønn kunnskap. Vol.8 Nr.7.

Krogstad, T. 2010: Hvordan kan slam bli en bedre kilde for fosfor i matproduksjonen? VANN, Vol 2/2010, 251-256

Kuo, S. 1996: Phosphorus. I: Sparks, D.L. et al. (ed). Methods of soil analysis. Part 3 – Chemical methods, SSSA Book Series:5. Madison, Wisconsin, USA. S. 899-901

Ratnaweera, H. 2012: upubliserte data

Øgaard, A.F. 2012: Testing av analysemetoder for plantetilgjengelig fosfor i slam. Fagtreff Norsk Vann 25.10.2012

Øgaard, A.F. 2013: Plantetilgjengelig fosfor i avløpsslam. Bioforsk rapport. Vol. 8 Nr. 34