



Monitering af vandkvalitet (Task 3.2)

Lisbeth Wiggers Nielsen & Mette Thorsen

Miljøministeriet, Miljøcenter Århus

Februar 2009

LIFE05 ENV/DK/000155: Integrated Protection of Surface and Groundwater in Agricultural Regions
(AGWAPLAN)



Indhold

1. Formål med overvågning	3
2. Overvågning i de tre oplande	4
2.1 Ravn Sø.....	4
2.2 Norsminde Fjord	4
2.3 Hinnerup.....	5
3. Forslag til udvikling af overvågningsprogrammer.....	5
3.1. Overfladevand.....	6
Hvordan er den nuværende miljøtilstand – og hermed indsatsbehovet?	6
Er miljømålet opfyldt?	6
Virker indsatsen på oplandsniveau som forventet?.....	7
Holder de opstillede modeller?	7
Overvågning som baggrund for differentiering af indsatsen inden for oplandet.....	8
Målsætning og indsatsbehov – beskrevet og overvåget på bedrifts- og markniveau?.....	11
Konklusion – et optimeret overvågningsprogram.....	11
3.2 Grundvand.....	12
Kvantitet.....	12
Kvalitet.....	13

Denne rapport er udarbejdet med støtte fra Det Europæiske Fællesskabs finansielle instrument LIFE



This report is prepared with the contribution of the LIFE financial instrument of the European Community

1. Formål med overvågning

Overvågning kan give en tilstandsbeskrivelse på et tidspunkt eller over en periode. Overvågning i Ravn Sø eller Norsminde Fjord, hvor både de biologiske forhold og næringsstofindhold undersøges, vil vise, hvordan miljøtilstanden er på overvågningstidspunktet. Overvågning i form af analyser af grundvandskvaliteten i drikkevandsområdet ved Hinnerup vil tilsvarende fortælle, hvordan vandkvaliteten er på overvågningstidspunktet. Overvågningen giver således det umiddelbare billede af, hvordan miljøtilstanden er: er den god, så der ikke er behov for en yderligere indsats, eller viser overvågningen, at der skal ske en forbedring, for at vandområdet kan leve op til målsætningen. Hvis det primære formål er en her og nu tilstandsbeskrivelse, behøver overvågningen ikke nødvendigvis at indgå i et fortsat overvågningsprogram. Der kan dog ofte være store år til år variationer som betyder, at den sikkerhed, man vil kunne udtale sig med på baggrund af et enkelt års data, vil være mindre, end hvis flere års data indgår. Overvågningen kan eventuelt ske som en form for screening af mange lokaliteter, hvor man med års mellemrum vender tilbage for at følge tilstanden.

På udvalgte lokaliteter har der gennem tid været foretaget regelmæssig overvågning med henblik på at følge en udvikling. F.eks. er der på en række vandløbsstationer foretaget målinger af vandføring, kemi og stoftransport gennem en årrække (i Århus Amt på en del lokaliteter fra slutningen af 70'erne, mens yderligere stationer er kommet til omkring 1990). I overfladevandssammenhæng var det oprindelige formål at følge effekten af den indsats, der blev iværksat overfor spildevand fra byerne, dambrug og landbrugsudledninger. Efterfølgende kom Vandmiljøplanerne, som også satte fokus på udviklingen i kvælstof- og fosforafstrømningen fra landbruget. I de senere år er klimateffekter kommet i fokus, og også i den sammenhæng er det meget værdifuldt at have måleserier for både vand- og næringsstofafstrømning, som kan anvendes til at belyse udviklingen. Hvis den variation, der skyldes den normale klimavariation, skal filtreres fra den generelle udvikling, er det vigtigt og nødvendigt at have en kontinuerlig overvågning.

Overvågningsdata er grundlag for opstilling af modeller til beskrivelse af sammenhænge i miljøet, f.eks. sammenhæng mellem næringsstofbelastning til søer og fjorde og miljøtilstanden i søerne og fjordene. Modellerne anvendes til at interpolere mellem overvågningspunkter for at opnå en bedre forståelse af årsagssammenhænge og til at ekstrapolere viden til områder eller perioder uden overvågningsdata. Overvågningsdata indsamlet i forbindelse med tilstandsbeskrivelse og beskrivelse af udvikling vil ofte kunne indgå i modellerne, men der kan være behov for at supplere disse data med yderligere specifikt indsamlede data til at belyse væsentlige sammenhænge, der indgår i en model.

Anvendelse af modeller i specifikke oplande, f.eks. modeller til beskrivelse af sammenhænge mellem næringsstofbelastning og miljøtilstand eller modeller til beskrivelse af næringsstofafstrømning fra deloplande, bør ske på baggrund af kalibrering af modellerne i forhold til de lokale forhold. Der vil således også være behov for overvågningsdata til modelkalibrering. Modelkalibreringen sikrer, at lokale forhold af betydning, der eventuelt ikke er beskrevet igennem modellen, bliver inddraget i beskrivelsen. Modelkalibrering vil kunne ske på forskellig skala afhængig af, hvilke overvågningsdata, der er til rådighed. Usikkerheden på modeludsagnet vil tilsvarende både være afhængigt af hvilken skala, der er tale om, og af det datagrundlag, der har været til rådighed for kalibreringen.

2. Overvågning i de tre oplande

2.1 Ravn Sø

Ravn Sø har siden 1989 indgået i det nationale overvågningsprogram. Der findes således en ganske stor mængde data til beskrivelse af søens tilstand og ligeledes opgørelser over næringsstofbelastningen fra oplandet. I selve søen er der målt næringsstofindhold og ilt i både overflade- og bundvand, lavet planktonundersøgelser, vegetationsundersøgelser og fiskeundersøgelser, og der er målt sigtdybde (vandets klarhed). Det største tilløb til Ravn Sø er Knud Å. På målestationen Knud Å, Sophiendal er der målt vandføring kontinuerligt og taget kemimålinger (total kvælstof, nitrat, ammonium kvælstof, total fosfor, fosfat, organisk stof (BI5)) typisk 18 gange årligt. Tilsvarende måleprogram er gennemført på de mindre tilløb, Venge Bæk, Hylte Bæk, Sønderholt Bæk og Jaungyde Bæk. I afløbet fra Ravn Sø er ligeledes målt vandføring og taget kemimålinger. På baggrund af beregnet stoftransport ved målestationerne og beregnet stoftransport fra en mindre umålt opland er beregnet den samlede stoftilførsel og -fraførsel fra søen.

Overvågningsprogrammet har dels givet en tilstandsbeskrivelse for søen, dels indgået i nationale tidsserieanalyser (udviklingen i kvælstofafstrømningen i Knud Å, udviklingen i Ravn Sø), og data har været anvendt i modeludvikling for søer generelt. I forbindelse med AGWAPLAN projektet er data også anvendt til en specifik opstilling af model for Ravn Sø til beskrivelse af sammenhæng mellem næringsstofbelastning og biologisk tilstand i søen.

Overvågningsprogrammet indgår stadig som en del af det nationale overvågningsprogram.

Den del af oplandet til søen, der er med i AGWAPLAN projektet, er en mindre del af det samlede opland. Projektområdet i AGWAPLAN udgør 12,6 km² ud af oplandet til Ravn Sø på 70,6 km². Der ikke noget specifikt måleprogram i vandløbene i projektområdet.

2.2 Norsminde Fjord

Tilstanden i Norsminde Fjord har været overvåget med mellemrum igennem årene. Indløbet og udløbet fra fjorden er stærkt påvirket af slusedriften, og vandskiftet har derfor også været overvåget i forbindelse med overvågningen af fjorden.

Langt den største del af oplandet til Norsminde Fjord afvandes af Rævs å. I Rævs Å er der målt kontinuerlig vandføring på stationen ved Sander Enggård siden 1968, mens der er målt vandkemi (total kvælstof, nitrat, ammonium kvælstof, total fosfor, fosfat, organisk stof (BI5)) ca. 18 gange årligt ved Assedrup Bro siden 1989. Målestationen har ikke været en del af det nationale overvågningsprogram, men har indgået i Århus Amts regionale overvågning til og med 2006, og driften har været finansieret gennem AGWAPLAN i 2007. Overvågningen er ophørt i 2008. I 2007 har der været opstillet en intensiv målestation med automatisk prøvesampling hver time ved Assedrup Bro. Prøvetagningen har primært haft til formål at få en bedre beskrivelse af fosfortransporten, idet den normale stikprøvetagning 18 gange årligt har vist sig at kunne underestimere transporten, specielt i vandløb med stor variation i vandføringen, hvor der kan ske en stor fosfortransport med partikulært materiale over kort tid ved høj vandføring.

Overvågningen i Norsminde Fjord og i Rævs Å har dels givet en tilstandsbeskrivelse i fjorden, og desuden har data været anvendt ved modelopstillinger for fjorden, senest i forbindelse med AGWAPLAN projektet. Tidsserien fra Rævs Å har dels været anvendt til at overvåge effekten af

den markante indsats i forhold til spildevand, der er sket i oplandet. Udviklingen i de senere år viser desuden effekten af indsatsen i forhold til landbrugets kvælstofudvaskning.

Rævs Å er et vandløb med stor variation i vandafstrømning og næringsstoftransport fra år til år. Specielt i et vandløb som dette er det nødvendigt at have en måletidsserie, hvis den klimatiske variation skal skilles fra den generelle udvikling, som skyldes indsats i forhold til punktkilder og landbrug.

2.3 Hinnerup

I Indsatsområdet er der i forbindelse med udarbejdelsen af indsatsplanen gennemført en række forskellige undersøgelser og beregninger for at gøre det muligt at vurdere grundvandsmagasinerne udstrækning, størrelse, opbygning og naturlige beskyttelse. Desuden er de områder, hvorfra grundvandet dannes til de nuværende vandværker, beregnet. Forskellige geofysiske målemetoder har været anvendt med henblik på dels at få et overblik over de overordnede geologiske strukturer som f.eks. de begravede dale, dels for at få kortlagt udbredelsen af beskyttende lerlag ned til en dybde af ca. 30 m under terræn.

Ud over de geofysiske målinger er der udført en række boringer i området, og de har udover at støtte de geofysiske målinger haft til formål at tilvejebringe en række helt konkrete oplysninger. Det drejer sig bl.a. om bestemmelse af jordlagenes mulighed for nedbrydning af nitrat og arsenindholdet, pejling af grundvandsstanden, udtagning af vandanalyser til bestemmelse af grundvandets kemiske sammensætning i forskellige dybder. Det er ikke kun i de nye undersøgelsesboringer, at grundvandsstanden er blevet pejlet. Der er således foretaget en nyopmåling af grundvandsstanden i pejlbare boringer i hele området med henblik på at tilvejebringe et så pålideligt grundlag som muligt for at vurdere grundvandets overordnede strømningsretning. Ligeledes er der foretaget en gennemgang af samtlige registrerede oplysninger fra boringer, som er udført i området gennem tiderne med henblik på en vurdering af iltningsforholdene, ligesom også et stort antal eksisterende vandanalyser fra vandværker mv. er blevet bearbejdet.

Undersøgelsesresultaterne er sammen med en række øvrige oplysninger om det hydrologiske kredsløb blevet benyttet som grundlag for opstilling af en hydrologisk model. Den opstillede model er anvendt til beregning af bl.a. grundvandets strømningsveje, grundvandsdannende oplande for de nuværende vandværkers kildepladser samt størrelsen af grundvandsdannelsen i området.

Kortlægningen har dokumenteret et behov for en samlet overvågning af grundvandets mængde og kvalitet, dels i forhold til den nuværende indvindingssituation, dels i forhold til eventuelle fremtidige strukturændringer.

3. Forslag til udvikling af overvågningsprogrammer

I de tre AGWAPLAN oplande er der i dag enten en basal eller ingen overvågning. I forhold til den indsats, der skal gøres, og de samfundsøkonomiske omkostninger, der kan være forbundet med den, er det vigtigt, at grundlaget for beslutningerne er i orden. Hvis indsatsen på grund af for ringe viden om oplandet ikke giver den effekt, som kræves for at nå miljømålene, eller den ikke bliver så målrettet som muligt, kan det blive dyrt.

Erfaringerne fra AGWAPLAN viser desuden, at en forståelse og medejerskab i forhold til behov for indsats i høj grad også er forankret i et godt datagrundlag. Ud fra konkret viden og data fra opland og vandområderne kan man med større vægt argumentere for en påkrævet indsats, og den enkelte landmand vil i højere grad være motiveret for at indgå, når indsatsen kan dokumenteres.

Hvilke formål skal et overvågningsprogram så opfylde?

- Overvågningen skal belyse den nuværende miljøtilstand og hermed et eventuelt indsatsbehov.
- Overvågningen skal i sidste ende kunne dokumentere, at miljømålet nås.
- Overvågningen skal på vej mod målet kunne vise, om indsatsen i oplandet virker som forventet. Hvis ikke, vil man på baggrund af overvågningen kunne korrigere indsatsen.
- Overvågningen skal også anvendes til at sikre, at der fortsat er den sammenhæng mellem model og data, som har ligget til grund for en indsatsplanlægning. Hvis ikke, skal model og hermed det beregnede nødvendige indsatsbehov korrigeres.
- Et yderligere krav til overvågningen bør være, at den skal bidrage til en geografisk differentieret beskrivelse af, hvordan indsatsen kan målrettes til de arealer, hvor det har størst effekt.

Indsatsbehovet er beskrevet på oplandsniveau, men indsatsen gøres på de enkelte bedrifter og marker. Hverken i det generelle vandplanarbejde eller i AGWAPLAN projektet er der taget stilling til, hvordan miljømålet og indsatsbehovet omsættes til et mål for den enkelte bedrift – og eventuelt mark. Hvis indsatsbehovet indebærer, at der skal ske en indsats ud over den generelle landbrugsregulering, bør det beskrives i forhold til bedriften og dens marker. Såfremt indsatsbehovet bliver beskrevet i forhold til bedriften og dens marker, vil der også være et behov for en form for overvågning, der kan anskueliggøre den indsats, der bliver gjort - og hermed om målsætningen er nået.

3.1. Overfladevand

Hvordan er den nuværende miljøtilstand – og hermed indsatsbehovet?

Den generelle overvågning af overfladevand, der er sket indtil nu som led i det nationale overvågningsprogram eller som regional overvågning, antages at beskrive den nuværende miljøtilstand, både i AGWAPLAN sammenhæng og generelt ved udarbejdelse af vandplaner. For Ravn Sø, som er en national overvågnings sø, er datagrundlaget omfattende, og miljøtilstanden i søen er hermed ret sikkert beskrevet. For Norsminde Fjord er det data indsamlet med års mellemrum, og tilstandsbeskrivelsen er hermed mindre sikkert beskrevet end for Ravn Sø. Indsatsbehovet er beskrevet i forhold til de foreliggende beskrivelser af miljøtilstanden og i forhold til den målsætning som er beskrevet i regionplanen.

Er miljømålet opfyldt?

Overvågning med henblik på at kunne svare på dette behøver i princippet kun at indebære en overvågning i selve søen eller fjorden, hvor god miljøtilstand er beskrevet ud fra biologiske indikatorer. Et enkelt års overvågning vil indikere, om tilstanden er god, men da der kan være store variationer fra år til år, vil en mere sikker beskrivelse af miljøtilstanden fordre flere års overvågning. Overvågningen behøver dog ikke at ske kontinuerligt gennem en længere årrække.

Tilstandsbeskrivelsen i sig selv forklarer dog ikke noget om årsag og sammenhænge. Hvis man finder frem til, at miljømålet ikke er opfyldt, fortæller tilstandsbeskrivelsen ikke, hvorfor målet ikke er nået: om det er belastningen, der stadig er for stor fordi en indsats ikke har virket i tilstrækkeligt omfang, eller om det er andre biologiske forhold i søen eller fjorden, der spiller ind.

Virker indsatsen på oplandsniveau som forventet?

Modelberegninger for sammenhæng mellem miljøtilstand og belastning viser, hvor stor en reduktion, der skal ske i belastningen i forhold til den nuværende belastning. Målsætningen vil ofte være beskrevet som den belastning, der kan tåles i et ”normalår” – forstået som et år med en gennemsnitlig vandafstrømning. På grund af den naturlige variation, der er fra år til år i transporten i vandløb, kan det være vanskeligt at vurdere ud fra et enkelt års målinger, hvor tæt man er på målsætningen. For at få et mere sikkert billede af dette, bør der på enkelte hovedvandløbsstationer ske en kontinuerlig overvågning, hvor der måles vandføring og udtages kemiprøver, f.eks. som det gøres i dag i den nationale vandløbsovervågning. Ud fra en sådan tidsserie vil det enten på simpel vis (analyser af vandføringskorrigeret transport) eller ved at lade data indgå i en hydrologisk model kunne belyses, hvordan udviklingen i belastningen er – og om den svarer til det forventede ud fra indsatsen.

I oplandet til Ravn Sø vil målestationen i Knud Å ved Sophiendal kunne give et integreret billede for den del af oplandet, som den dækker. Ved Norsminde Fjord vil den nu nedlagte målestation i Rævså ved Assedrup Bro tilsvarende kunne dække dette behov for størstedelen af oplandet.

Hvis man ønsker en mere differentieret vurdering af udviklingen i mindre deloplande, vil der tilsvarende kunne opstilles et måleprogram i mindre vandløbsgrene. Der vil eventuelt kunne opstilles regressionssammenhænge til resultater fra hovedmålestationen i oplandet, så målinger i deloplande kan tolkes uden at der foreligger sammenhængende måleserier som på hovedstationen.

Hvor en indsats i forhold til fosfor har stor betydning i forhold til opfyldelse af miljømål, skal der være speciel opmærksomhed på de problemer, der kan være med måling og opgørelse af fosfortransport. Som nævnt ovenfor kan store mængder fosfor i nogle tilfælde transporteres over kort tid (timer/døgn) som følge af meget opslemmet materiale ved høje vandføringer. Disse toppe i stoftransport vil man typisk ikke fange ved den normale prøvetagning. En prøvetagning med en automatisk sampler, der f.eks. tager vandprøver ind hver time eller styres flowproportionalt, vil kunne give en bedre beskrivelse af fosfortransporten. Problemet er størst i mindre vandløb med stor variation i vandføringen. Det er ikke belyst, hvor stort et problem det måtte være i Rævs Å og i Knud Å.

Holder de opstillede modeller?

Modeller for sammenhæng mellem belastning og miljøtilstand i en sø eller fjord og modeller for belastningen fra oplandet som funktion af oplandsparametre (f.eks. landbrugsforhold, jordbundsforhold, klima) er selvfølgelig opstillet på de data, der har været til rådighed. Modellerne anvendes til at forudsige en effekt af ændringer, som ligger ud over det interval, som modellerne typisk er opstillet på. Såfremt de sammenhænge, som modellerne beskriver, ikke gælder fuldt ud, når der ekstrapoleres ud over det område, som modellerne er opstillet ud fra, kan det indsatsbehov, som der er beregnet ud fra modellerne, skulle justeres. Det er vigtigt at følge sammenhængen mellem det modelforudsagte og målingerne. Hvis der er afvigelser ud over det, som vil ligge i usikkerheden, er det vigtigt at kunne korrigere modellerne, det beregnede indsatsbehov og hermed indsatsen. Et eksempel på ovenstående kunne være klimaændringer. Den sammenhæng, der er beskrevet mellem belastning og miljøtilstand under nuværende klimatiske forhold, holder muligvis ikke ved ændret klima. Nye forskningsresultater tyder på, at søers miljøtilstand kan være mere sårbar ved højere gennemsnitstemperatur.

På landbrugsområdet vil klimaændringer tilsvarende kunne ændre på den næringsstofafstrømning, der kommer fra landbrugsarealerne, og det er ikke entydigt, hvilken vej det vil gå.

Det er vigtigt, at der sker en fortsat overvågning både i søer og fjorde og af belastningen fra oplandet således, at afvigelser i forhold til modeludsagn opdages, og således, at modeller og indsatsprogram kan korrigeres, hvis der er behov for det.

I oplandene til Ravn Sø og Norsminde Fjord vil dette overvågningsbehov som minimum kunne dækkes ved fortsat målinger på hovedvandløbsstationerne. Det skal sikres, at der måles så hyppigt, at stoftransport på sæson- (f.eks. kvartals-) basis og på årsbasis kan beskrives med en rimelig sikkerhed.

Overvågning som baggrund for differentiering af indsatsen inden for oplandet

Den mest omkostningseffektive måde at gøre en indsats på vil være at placere indsatsen, hvor belastningen til vandområdet er størst. Dette forudsætter, at man har et godt kendskab til oplandet, herunder landbrugsforhold og udvaskning, jordbundsforhold og geologiske forhold. I forhold til kvælstofbelastningen er det afgørende at kunne beskrive den kvælstofreduktion, der sker fra rodzonen til vandet når frem til vandområdet.

I forhold til fosforbelastningen har det betydning at kunne pege på områder med stor risiko for tab af fosfor.

En overvågning, hvor målet er at få dækket og beskrevet oplandet bedst muligt, er et led i at opnå en god oplandsforståelse. Kendskab til vandafstrømning og stofafstrømning fra deloplande er væsentlige brikker i den samlede beskrivelse, der i sidste ende eventuelt kan indgå i en oplandsmodel – gerne baseret på en hydrogeologisk beskrivelse.

Målingerne i vandløbene skal holdes op mod oplandsforholdene i øvrigt med henblik på at forstå sammenhænge mellem næringsstofafstrømning og opland (model), som kan anvendes i de områder, hvor der ikke måles.

Oplandsbeskrivelsen med henblik på den differentierede indsats bør således dels være baseret på målinger i vandløb og dels på indsamling af øvrige data for oplandet. Disse data omtales også i det efterfølgende.

Landbrugsforhold: Bedriftstype, N overskud og udvaskning samt P overskud har stor betydning for risikoen for at tabe næringsstoffer til vandmiljøet. Ud fra registerdata (GLR og gødningsregnskaber koblet med blokkort) har DMU senest lavet en landsdækkende kortlægning af N og P overskud samt N udvaskning på baggrund af 2005 registerdata.

I første fase af AGWAPLAN projektet er anvendt tilsvarende kortlægning af N og P overskud for 2004 og 2005 udført i programmet, CTtools.

For oplandene er der opgjort det samlede overskud af N og P på baggrund af registerdata. Oplysningerne er præsenteret på markblokskala.

På projektbedrifterne er der udført en nøjere beskrivelse af bedriftsbalancerne i Grønt Regnskab. På bedrifterne i oplandet til Norsminde Fjord og Ravn Sø er der desuden foretaget en beregning af udvaskning fra de enkelte marker med beregningsprogrammet Daisy.

Jordbund og geologi: Jordbundsforholdene i et opland har stor betydning for udvaskning af N og for P fra rodzonen, og er afgørende for hvilken vej vand og dermed også opløste stoffer transporteres fra rodzonen til grundvandsmagasiner, vandløb og søer. Den øverste del af jordbunden spiller således en afgørende rolle for dræningsforholdene og hermed risikoen for at overskydende næringsstoffer fra landbrugsjorden kan transporteres hurtigt fra rodzonen til vandløbet. Risiko for tab af fosfor kan også være knyttet til den øverste del af jorden, f.eks. kan risikoen være større på lavbundslande, og fosforbindingskapacitet og drænforhold spiller også ind.

Hvad har vi af data:

Jordbundsforholdene i den øverste del af jordskorpen (0- 30 cm) er beskrevet i et landsdækkende datasæt, der normalt betegnes farvekodekortet. Da data bag farvekodekortet kun dækker pløjelaget, kan det bruges til at sige noget om jordens dyrkningsmæssige egenskaber, men kan ikke alene anvendes til at vurdere næringsstofftab fra rodzonen eller den videre skæbne under rodzonen.

Jordbundsforholdene i den nederste del af rodzonen eller umiddelbart under denne (ca. 1 m dybde) er også beskrevet i et næsten landsdækkende datasæt, der normalt betegnes jordartskortet. Da data fra jordartskortet kun beskriver den nederste del af rodzonen, kan disse data heller ikke alene anvendes til at vurdere næringsstofftab fra rodzonen. Til gengæld kan data fra jordartskortet medvirke til at vurdere den videre skæbne af vand og stof fra det forlader rodzonen. Jo mere leret jord, der findes under rodzonen, jo større er sandsynligheden for, at vand og næringsstoffer kan transporteres terrænnært via dræn og dermed hurtigt til vandløb og søer.

Ved at kombinere disse to typer jordbundsdata til et egentlig rodzonekort, er det muligt at vurdere risikoen for tab næringsstoffer fra rodzonen, og samtidig vurdere sandsynlige transportveje meget overordnet.

Både DJF og Conterra har udviklet et sådan rodzonekort på baggrund af farvekodekort og jordartskortet, men med forskellig tilgang til den geografiske præsentation. Kortet fra DJF er således som udgangspunkt gridbaseret med en opløsning på 250 m i overjorden og 500m i underjorden. Rodzonekortet fra Conterra er polygonbaseret, hvor de enkelte polygoner følger de afgrænsninger, som ligger i jordartskortet og i farvekodekortet. Begge typer rodzonekort har været anvendt i AGWAPLAN-projektet (henvisning til rapport task. 2.1)

Da de landsdækkende jordbundskort er baseret på interpolationer mellem data indsamlet i enkeltpunkter med stor afstand, vil datagrundlaget ikke nødvendigvis være korrekt helt nede på markniveau. På projektbedrifterne i AGWAPLAN projektet er der derfor foretaget en mere detaljeret kortlægning af jordbundsforholdene i de øverste 2 m med den geofysiske metode, EM38. Denne kortlægning vil være det bedste grundlag for en lokalt specifik beskrivelse af udvaskningen.

Selvom størstedelen af næringsstofftilførslen til overfladevand, særligt i områder med meget lerjord, oftest sker via hurtig transport i dræn, vil der også kunne være en tilførsel fra grundvandet, fx via terrænnære sandforekomster, som fungerer som en slags tagrender under jorden eller i særlige tilfælde fra dybere grundvandsforekomster, uden nitratreducerende egenskaber. En kortlægning af ler- og sandforekomster ned til ca. 30 m under terræn vil indikere, hvor man primært må forvente, at der kan ske en vandtilførsel via grundvandet. Hertil vil andre geofysiske metoder være velegnede, f.eks. Sky-TEM eller PACES.

Denne kortlægning kan give en viden om udstrækningen af dybe grundvandsmagasiner, fx begravede dale, hvor grundvandet eventuelt strømmer ud eller ind i forhold til et topografisk opland eller terrænnære tagrender med direkte kontakt til vandløbene.

I oplandet til Norsminde Fjord er der i forbindelse med kortlægningen af grundvandsressourcerne i indsatsområdet ved Boulstrup foretaget detaljeret geologisk kortlægning, bla. med geofysiske metoder. Kortlægningen har identificeret begravede dale hvor grundvandet ikke strømmer til Norsminde Fjord, men ud mod kysten syd for fjorden. En indsats i forhold til belastningen via grundvand fra denne del af oplandet vil således ikke gavne Norsminde Fjord (- men drikkevandet ved Boulstrup).

Såfremt der ikke foreligger en detaljeret kortlægning af jordbundsforhold og geologi, må de tilgængelige landsdækkende kortlægninger anvendes. Der er i den forbindelse et stort behov for at få undersøgt hvor stor usikkerhed/afvigelse anvendelse af de forskellige kortlægningsmetoder må

formodes at give på forskellig skala – fx ved systematisk sammenligning af resultater fra geofysiske metoder (EM38, PACES, TEM) med de landsdækkende datasæt,

N reduktionskortet: N reduktionen mellem rodzonen og et nedstrøms havområde er helt afgørende for den effekt, der vil være af indsats i et område. N reduktionen er i dag beskrevet på meget stor skala i det landsdækkende N reduktionskort, der er udarbejdet til anvendelse i forbindelse med husdyrloven. Beskrivelsen er foretaget for forholdsvis store oplande, f.eks. er der ikke nogen differentiering inden for oplandet til Norsminde Fjord. Der er ikke fastlagt nogen metode til yderligere differentiering. I AGWAPLAN projektet har der i tidligere rapportering været diskuteret muligheder for en differentieret beskrivelse, f.eks. ved at inddrage kortlægning af afvandingsklasser og lavbundsområder, men denne metode tager kun højde for de øverste jordbundsforhold. En bedre metode vil være at opstille en hydrologisk model med tilknyttet beskrivelse af kvælstofafstrømning. Kvaliteten af et modeludsagn vil dog være helt afhængigt af den geologiske beskrivelse, der ligger til grund for modellen, og vil derfor kun kunne give pålidelige resultater i områder, hvor geologien er kortlagt med henblik på at beskrive vandets transportveje.

P risikoområder: Risikoen for fosfortilførsel til vandområder er afhængig af en række faktorer, herunder vandløbsnærhed, lavbundsjord, fosfortal, erosionsrisiko m.fl. Risikoen er forsøgt beskrevet i et P index på landspland. P index'et er et screeningsværktøj, der kan indikere, hvor risikoen må formodes at være størst. Da fosfortab ved erosion/overfladeafstrømning ofte vil være meget lokale processer, vil et fosforindex ikke alene kunne vise, hvor der med størst effekt vil kunne sættes ind. Dette vil også kræve en nøjere vurdering i felten i oplandet. P index kan tilsvarende ikke frikende nogen arealer.

Overvågning i vandløb: Måling af stoftransport på hoved vandløbsmålestationerne er vigtige til beskrivelse af den samlede belastning og eventuelt til beskrivelse af udvikling. Men målingerne på hovedstationerne hjælper ikke umiddelbart til en differentieret beskrivelse af belastningsforholdene fra oplandet. Her er der behov for målinger i de mindre vandløbsgrene inden for oplandet.

Måling af medianminimum vandafstrømning i vandløbsgrene vil kunne indikere, hvor der trænger grundvand frem – og hermed kunne be- eller afkræfte betydningen af de overfladenære grundvandsforekomster, som kortlægningen har peget på.

Måling af N og P indhold ved lav sommervandføring (f.eks. samtidig med medianminimum målingerne) vil vise N og P indholdet i det grundvand, der trænger frem i vandløbene og hermed også, i hvor høj (eller ringe) grad det er den grundvandsbårne stoftransport, der bidrager til den samlede belastning.

Synkrone målinger af vand, N og P ved høje afstrømninger i efterår og vinter vil tilsvarende kunne indikere, hvorfra der sker de store afstrømninger af stof og vand og hermed være med til at be- eller afkræfte det billede, som oplandsbeskrivelsen har givet. Da der kan være stor variation over tid, bør disse målinger ved høj afstrømning ske hyppigere end målingerne ved minimums-/grundvandsafstrømning.

Denne form for overvågning i vandløbene vil kunne udføres som synkrone kampagnemålinger, og selvom der ikke er tale om en kontinuerlig overvågning, kan resultaterne være værdifulde til at give det differentierede billede af belastningen fra oplandet.

Data fra sådanne synkrone vandløbsmålinger vil ligeledes kunne anvendes som støtte ved opstilling af oplandsmodeller.

Målsætning og indsatsbehov – beskrevet og overvåget på bedrifts- og markniveau?

Det er endnu uvist, hvordan en konkret handleplan for et opland vil skulle udformes. Vil der blive stillet efter en differentieret indsats, hvor der hermed vil blive stillet forskellige krav til specifikke marker og bedrifter? Og hvordan vil der eventuelt skulle følges op på sådanne krav?

Såfremt man vælger at pege på en differentieret indsats, hvor der hermed stilles bedriftsspecifikke krav til en reduktion, vil næringsstofregnskaber være et værktøj, som vil kunne inddrages, enten som en mulighed for landmanden til selv at holde øje med udviklingen eller eventuelt som et egentligt reguleringsværktøj. Miljøbelastningen vil andet lige være afhængig af næringsstofoverskuddet – som dog både kan gå til ammoniakfordampning, udvaskning, denitrifikation og jordpuljeopbygning.

Inden for et opland vil der være forskel på kvælstofreduktion mellem rodzone og vandløb og på risiko for fosfortab. Skal miljøbelastningen nedbringes på mest cost effektiv vis, vil der derfor skulle stilles forskellige krav til næringsstofoverskud på forskellige arealer.

Landmandens egen ”overvågning” af et næringsstofoverskud (gennemsnit over nogle år med henblik på at reducere effekt af udsving i enkelte år) vil kunne give ham en mulighed for selv at vurdere, om han opnår den reduktion, som er forudsat. Tilsvarende vil indberetning af næringsstofregnskaber give myndigheden en mulighed for at følge eller kontrollere udviklingen.

Næringsstofoverskud for bedriften vil formentlig skulle suppleres med yderligere vurderinger, f.eks. effekt af opbygning eller nedbrydning af en jordpulje, effekt af vådområder m.v.

Konklusion – et optimeret overvågningsprogram

Hvordan dækker man de behov, som blev listet op indledningsvis?

Et forslag – i relation til Norsminde Fjord og Ravn Sø, kunne være:

- Monitering af biologiske og kemiske parametre i fjord eller sø igennem en sæson. Gentages hvert 3. år. Hvert 6. år suppleres med måling/opgørelse af belastning fra hele oplandet og med måling i udløb.

Vil give en beskrivelse af nuværende miljøtilstand og hermed indsatsbehov.

Vil kunne dokumentere, om søen eller fjorden når miljømålet.

Opgørelse/måling af belastning og massebalance sammen med sø-/fjorddata vil vise, om de opstillede modeller fortsat kan give en retvisende beskrivelse af sammenhæng mellem miljøtilstand og belastning – og hermed indsatsbehov.

- Monitering af vand- og stoftransport i hovedtilløb (Rævs Å og Knud Å) kontinuerligt (fast hydrometrisk vandføringsmålestation og udtagning af vandprøver 18 gange årligt til bestemmelse af stoftransport).

Vil kunne dokumentere, om der på hovedoplandsskala sker den forudsatte reduktion i belastning.

Da der er stor klimatisk variation fra år til år, er det nødvendigt med en kontinuerlig tidsserie for at kunne detektere et fald i belastningen. Målingerne vil samtidig skulle anvendes ved modelopstilling og –kontrol.

- Monitering i mindre vandløb, der dækker deloplande – synkrone kampagnemålinger under lav sommervandføring til beskrivelse af vand- og næringsstofforførsel via grundvand og under højere vandføring, hvor der sker en afstrømning via dræn. Målinger på samme lokalitet under samme betingelser (lav vandafstrømning eller høj afstrømning via dræn) gentages 3 – 4 gange inden for samme sæson. Programmet gentages evt. efter en årrække (f.eks. 6 år) m.h.p. at følge, om mønsteret er uændret.

Vil kunne anvendes ved differentiering og udpegning af områder, der i højere eller mindre grad bidrager til belastning af fjord eller sø. Resultater skal tolkes og ses i sammenhæng med oplandsbeskrivende parametre – se nedenfor.

- Indsamling af oplandsbeskrivende parametre – i princippet kun én gang. Herunder
- Jordbundsforhold i rodzonen. Optimalt kortlægning med EM38, men alternativt ud fra bedst egnede jordbundskort. (kvaliteten af de foreliggende beskrivelser bør undersøges nærmere på lokal skala).
- Geologi. Optimalt geofysisk kortlægning af transportveje. Alternativt bedst tilgængelige data, med heraf følgende større usikkerhed.
- N reduktion. Der bør tilstræbes en mere detaljeret beskrivelse end den, der ligger i det nuværende landsdækkende kort. Beskrivelsen kan eventuelt være baseret på en hydrogeologisk model eller simplere være støttet i jordbunds- og geologiske kort sammenholdt med målinger i vandløbene.
- P risiko. Foreliggende P index med bagvedliggende kort til beskrivelse af f.eks. erosionsrisiko, P bindingskapacitet m.v. Suppleres med gennemgang i felten.

Ovenstående vil sammen med vandløbsmålinger for deloplande og for hovedoplande kunne anvendes til at give en bedre beskrivelse af mulighederne for en differentieret og hermed mere effektiv indsats inden for et opland. Data vil ligge til grund for beskrivelse af sammenhænge mellem målinger i vandløb og opland og de vil hermed kunne anvendes ved ekstrapolation til beskrivelse for de områder, hvor der ikke ligger vandløbsmålinger.

3.2 Grundvand

Et samlet optimalt overvågningsprogram i drikkevandsområder vil bestå af en overvågning udført af vandværkerne og en overvågning udenfor vandværkernes umiddelbare interesseområder eller grundvandsdannende oplande. Vandværkernes overvågning vil dels udgøres af de nuværende lovpligtige og supplerende kontrolanalyser af grundvand og drikkevand samt indberetninger af oppumpede vandmængder og pejlinger, dels en supplerende overvågning af grundvandskvalitet og vandstand i grundvandsdannende oplande. I forhold til eventuelle nye indvindingstilladelser efter vandforsyningsloven vil der i henhold til vandforsyningsloven blive fastsat vilkår om overvågning, der opfylder ovennævnte behov.

Kvantitet

Et vigtigt formål med overvågningen af grundvandsstanden, er at vurdere konsekvenserne af eksempelvis ændrede oppumpningsmønstre eller klimatiske forandringer på de vandmængder, der er til rådighed for vandforsyning. Overvågning af grundvandsstanden har således til formål at sikre, at en eventuel overudnyttelse af grundvandsressourcerne i området bliver konstateret i tide.

Systematiske observationer over variationer i grundvandsstanden og indvindingsmængderne er forudsætningen for at kunne vurdere, om det er nødvendigt at foretage justeringer i det eksisterende indvindingsmønster. Disse data indsamles til dels allerede i dag af vandværkerne, men der kan være behov for en udbygning af omfanget af pejlinger, både med hensyn til antal filtre og

pejlefrekvens, med henblik på at etablere et egentligt varslingsystem. Formålet med dette er at identificere uønskede ændringer i miljøtilstanden på et tidligt tidspunkt.

Overvågning af grundvandsstanden skal ske ved pejling i udvalgte, hensigtsmæssigt placerede borer i området. Dette kan dels ske i særlige pejleboringer tilknyttet de enkelte vandværker, dels i strategisk placerede pejleboringer, der på et overordnet niveau dækker den samlede tilgængelige ressource i området. På denne måde dækkes såvel de allerede udnyttede magasiner som potentielt fremtidige indvindingsområder.

Kvalitet

Overvågning af vandkvaliteten i de områder, der gennem grundvandskortlægningen er identificeret som sårbare over for forurening fra jordoverfladen, skal leve op til to formål:

For det første skal kvaliteten af det nydannede grundvand overvåges, så der kan laves effektmålinger og kontrol af en eventuel iværksat indsats i området. En sådan overvågning vil også kunne bruges til at konstatere ændringer i de hydrauliske forhold som følge af vandindvinding eller klimaændringer. For det andet skal den overordnede grundvandskvalitet i de centrale (øvre og nedre) grundvandsmagasiner overvåges med hensyn til mere langsigtede ændringer i grundvandskvaliteten.

Med hensyn til specielt nitratbelastningen, kan udviklingen i udvaskningen af nitrat i forhold til de fastsatte miljømål overvåges ved at opgøre udviklingen i kvælstofoverskuddet på de bedrifter, der driver jord i området. Kvælstofoverskuddet vurderes at være en robust indikator for miljøbelastningen. Alternativt kan udvaskningen overvåges ved modellering af nitratudvaskningen på de mest sårbare arealer.

Overvågning af grundvandets kvalitet sker i tid og rum. Den rumlige overvågning bygger på den konfiguration af filtre, der udvælges til overvågningsformål. Den tidlige udvikling af vandkvaliteten skal identificeres ved en nøje fastlagt prøvetagningsstrategi, der sikrer en rimelig bestemmelse af tilstand og udviklingstendenser.

Da grundvandets kvalitet omvendt ændrer sig langsomt, idet der ofte kun sker en vertikal forskydning af grundvandet på 25-50 cm/år, skal der være en god overensstemmelse mellem prøvetagningsfrekvens og de forventede forandringshastigheder i selve grundvandet. Jo nærmere grundvandsspejlet en boring er filtersat, jo hurtigere kan forandringer i grundvandskvaliteten som følge af ændret arealanvendelse identificeres i vandprøverne. Dertil kommer at variationer i grundvandsspejlet hen over året, og fra år til år, i et vist omfang kan medføre variationer i grundvandskvaliteten.

Det øverste, nydannede grundvand har således størst behov for hyppig overvågning. Årlige analyser kan være nødvendige for at tilvejebringe et statistisk sikkert grundlag for at vurdere ændringer i grundvandets kvalitet. Overvågningen af de centrale (øvre og nedre) grundvandsmagasiner kan ske med væsentlig lavere hyppighed med analyser hvert 3. eller 5. år, idet eventuelle trends kobles til viden om udviklingstendenserne i det øverste nydannede grundvand. I områder med en opadrettet gradient (udstrømningsområder i f.eks. ådalene), giver det ikke mening at overvåge det øverste grundvand, idet det nydannede grundvand her blandes med gammelt grundvand fra mange forskellige lag. Hvis gradienten vendes som følge af vandindvinding, kan det derimod blive relevant at overvåge kvaliteten af det øverste grundvand i et sådant område.

Af hensyn til fastlæggelse af udgangskoncentrationen er det i alle filtre nødvendigt med hyppigere

analyser i de første år. Her anbefales det at udtage prøver hvert halve år de første 2-3 år, idet det kræver 3-5 analyser at fastlægge en statistisk sikker udgangskvalitet. Tilsvarende vil det som regel kræve mindst 5 analyser, før det er muligt at identificere en sikker udviklingstendens, hvilket med årlige analyser vil betyde, at det først efter 5-7 års overvågning er muligt at identificere sikre udviklingstendenser i grundvandet i forhold til udgangspunktet.

Formålet med at overvåge grundvandets kvalitet er ud over den indledende tilstandsbeskrivelse, dels at kunne lave effektmålinger af indsatsplanerne og dels at identificere uønskede udviklingstendenser. Uønskede udviklingstendenser kan blandt andet skyldes ændringer i vandindvindingen. Eksempelvis kan ændringer i indvindingsforholdene ændre trykforholdene og dermed ændre strømningsmønstret i grundvandet. Hvis vandspejlet hæves i områder, hvor grundvandssænkning har medvirket til pyritoxidation og stigende sulfat i grundvandet, vil der fx være risiko for, at metaller som nikkel og arsen vil frigives, når lagene atter bliver vandmættede og reducerede.

Effektmålinger af indsatsplanerne og overvågning af grundvandet i de sårbare områder er særlig vigtig i det øverste nydannede grundvand. Det er afgørende, at de overvågningsboringer, der skal monitorere en eventuel effekt af indsatsplanerne, er i hydraulisk kontakt med de arealer, der er i spil. Med andre ord, boringernes filterintervaller skal kunne "se" de sårbare områder. Samtidig er det nødvendigt, at strømningstiden fra terræn til filtrene er kort. Man skal være opmærksom på, at strømningstiden fra udvaskning til det øvre grundvand i praksis kan ligge på mindst 10 år. Dette hænger sammen med, at nedsivningen gennem f.eks. 10 m umættet zone med lerede indslag kan tage omkring 10 år. Derudover er strømningstiden til de øverste lag, der kan prøvetages og derfor ligger 1-2 meter under grundvandspejlet, også af nogle års varighed. Kortere strømningstider optræder, hvor der enten er en meget lille umættet zone eller i mere grovsandede aflejringer.

Det bør under alle omstændigheder sikres, at der i alle de sårbare områder er overvågning af de øvre magasiner, specielt hvor der er væsentlige grundvandsmagasiner i de underliggende lag, eller hvor de øvre magasiner føder væsentlige vandressourcer.

Overvågning af vandkvaliteten i de centrale dybere liggende magasiner skal bygge på to elementer. For det første vandværkernes egenkontrol i produktionsboringer og pejleboringer. For det andet bør der som led i indsatsplanerne etableres en særlig målrettet overvågning for at dække alle relevante magasiner, der fødes fra de sårbare områder.