

Lange tidsserier – gull verdt for vannressursforvaltningen

Av Per Stålnacke, S. Jannicke Moe og Heleen de Wit

Alle forfatterne er forskere ved NIVA

Sammendrag

Vannressursforvaltning innbefatter blant annet å evaluere miljøtilstanden over tid. Norge er gjennom forskjellige internasjonale avtaler og EU direktiver også forpliktet til å rapportere om forandringer i vannkvalitet og miljøbelastning. I denne artikkelen vises 3 forskjellige eksempler på viktigheten med langsiktige tidsserier. Eksempelene viser også at statistiske analyser av tidsserier med miljøovervåkingsdata er et viktig verktøy for å øke forståelsen av hvilke faktorer som styrer langtidsforandringer av vannkvalitet. Dette gir for eksempel et viktig grunnlag for å evaluere effektene av ulike gjennomførte tiltak. Korte serier (typisk 4-6 år) er erfaringsmessig da ofte ikke tilstrekkelig. Et annet kompliserende forhold er at tidsserier av vannkvalitetsdata ofte er sterkt påvirket av klimafaktorer (eller andre typer eksterne faktorer knyttet til naturlig variasjon) som kompliserer og eventuelt overskygger konklusjoner om antropogent betingede variasjoner og langtidstrender over tid. På den andre

siden kan naturlige variasjoner inneholde verdifull informasjon om hvordan økosystemet påvirkes av klima. Dette er viktig kunnskap i forbindelse med økosystemrespons på et varmere, villere og våtere klima.

Introduksjon

Felles for mange overvåkingsprogrammer er en målsetning om at resultatene skal brukes for å vurdere behovet for tiltak og virkninger av tiltak (Skei, 2005). Overvåkingen skal dessuten gi en oversikt over forurensningssituasjonen og nødvendig kunnskap om generelle forurensningsproblemer, og er i mange tilfeller et ledd i internasjonale avtaler som Norge har underskrevet (f.eks EC, 2000). Overvåkingen gjennomføres for å kunne:

- treffe beslutninger om tiltak m.h.p. utslippsberegninger nasjonalt
- dokumentere effekter av internasjonale avtaler
- dokumentere behov for ytterligere tiltak internasjonalt og styrking av avtalene
- vurdere behov for og eventuelt omfang av restaurering og andre tiltak

- gi grunnlag for informasjon generelt til politikere, myndigheter og publikum

I denne artikkel viser vi tre eksempler på resultater fra analyser av forskjellige lange tidsserier: 1) nitratkonsentrasjoner i Storgama-nedbørfeltet, og 2) algebiomasse i Mjøsa, 3) nitrogentransport i Glomma. I hvert av eksemplene benytter vi statistiske metoder for trendanalyse, og undersøker om eventuelle trender kan forklares av miljø- eller klimavariabler.

Statistiske metoder for trendanalyser

Det er utviklet flere statistiske trendanalyse prosedyrer. I denne artikkel har vi brukt følgende 3 typer metode for trendanalyse. En kort beskrivelse er gitt for hvert av testmetodene

1. Lineær regresjon

Vanlig parametriske regresjonsanalyse som er mye brukt i enklere framstillinger av tidstrender. Krever forutsetninger om normalfordelte data, homogen varians, uavhengige observasjoner etc. Metoden er relativt sensitiv for start- og sluttverdier og enkelte observasjoner (såkalte 'outliers') som lett kan forstyrre 'virkelige' trender.

2. Mann-Kendall (MK)

En enkel og robust 'rangerings'-test utviklet av Mann i 1945 og videreutviklet av Kendall i 1975. En ikke-parametriske test som ikke stiller krav til spesielle statistiske forhold (jmført med regresjon). Håndterer for eksempel manglende verdier i serier

og verdier under en deteksjonsgrense. Mye brukt i OSPAR-sammenheng, da med års-aggregerte verdier. Det finnes flere varianter av MK-testen:

Seasonal Mann-Kendall (SMK): Videreutvikling av MK test til å inkludere sesongvariasjoner (Hirsch et al., 1982) og korreksjon for seriell korrelasjon (Hirsch & Slack, 1984). Prinsippet er at hver sesong (for eksempel månedsverdier) testes for trend før testverdiene oppsummeres til én verdi. Har fordelen at problemer med seriell korrelasjon minskes. En sterkere test enn MK-test for variabler med en sterk sesongavhengighet.

Partial Mann-Kendall (PMK): Videreutvikling av metoden ovenfor (Libiseller & Grimvall, 2002). Bruker forklaringsvariabler eller kovariater (av typen vannføring, temperatur). Tester om det fortsatt er en trend i responsvariabelen når det tas høyde for variasjoner i kovariater.

3. 'Normalisering' av tidsserier

Det er i blant sterke korrelasjoner mellom variabler, for eksempel er vassdragstransporten som kjent sterkt avhengig av vannføringen. Derfor må transporten vannføringsnormaliseres som et forsøk på å eliminere 'falske' trender forårsaket av naturlig variasjon i både den totale avrenningen og den sesongsmessige fordelingen. Stålnacke & Grimvall (2001) har utviklet en så kallet semi-parametriske metode som tar høyde for at sammenhenger mellom transport og avrenning kan forandres over tid (og mellom sesonger). Denne metoden er best egnet for variabler som har en sterk korrelasjon.

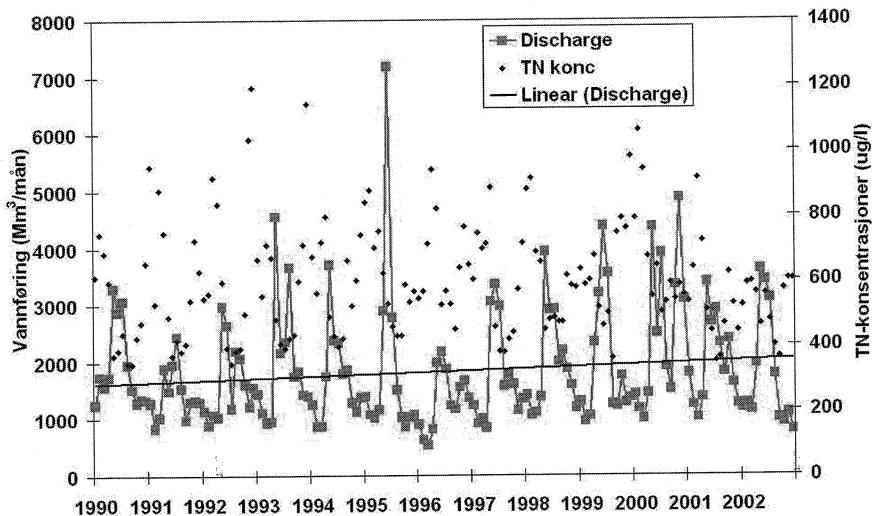
Eksempel 1: Kan forandringer i nitrogentransporten i Glomma forklares av vannføring?

Glomma er som kjent Norges største vassdrag med en nedbørfelt på drøye 41.000 km². Data innen rammen for SFTs elvetilførselsprogram ble brukt. Dataserien på total nitrogen (TN) var 13 år lang (1990-2002) med en månedlig prøvetakingsfrekvens. Vannføringsdata fra NVE ble også brukt for å beregne nitrogen-transporten.

Vassdragstransporten er som kjent sterkt avhengig av vannføringen. Mange husker sikkert den nedbørrike høsten 2000 som i Glomma resulterte i en årsavrenning (Fig. 1) og TN transport (Fig 2, stiplet linje) over 40 % høyere enn et normalår. Hvis vi trekker en vanlig regresjonslinje gjennom dataene ser vi også en tendens til en økende vannføringstrend. Derfor bør transporten vannføringsnormaliseres,

som et forsøk på å eliminere 'falske' trender forårsaket av naturlig variasjon i både den totale avrenningen og den sesongmessige fordelingen.

Når den observerte transporten av TN aggregeres på år synes en betraktelig variasjon mellom år og en variasjonsbredde fra 10.000 til 18.500 tonn (fig.2). Vi kan også notere en tendens til økende trend perioden 1990-2000 etterfulgt av lave transporter i 2001-2002. Om vi i stedet ser på det vannføringsnormaliserte transportene ser vi her en mer stabil utvikling der mye av mellomårsvariasjonen er redusert. Den høye transporten i 2000 er fortsatt etter normaliseringen noe høyere enn langtidsmiddel. Dette kan muligens forklares med (i) en høyere 'utspyling' av nitrogen fra landbruksarealer (ii) atmosfærisk nitrogennedfall med nedbør og (iii) økte utslipp fra punktutslipp pga overbelastning av kloakk-

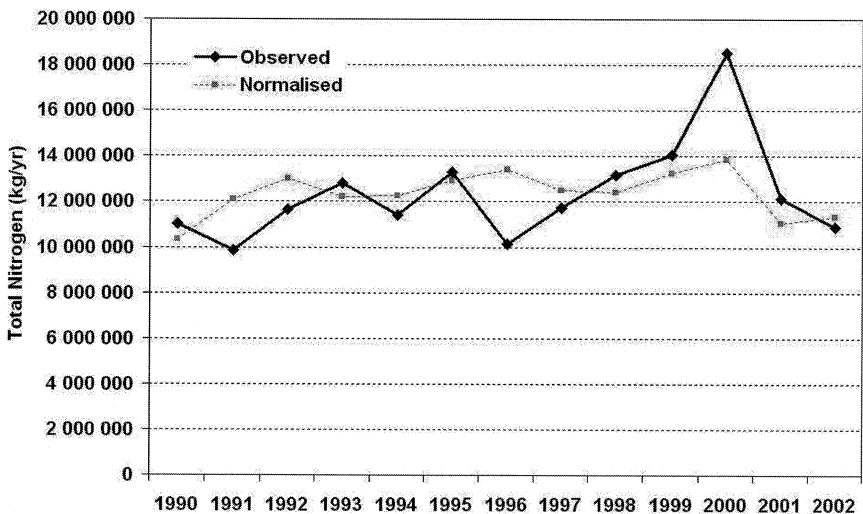


Figur 1. Månedlig vannføring (Mm³) og konsentrasjon av total nitrogen (µg/l) i Glomma, 1990-2002.

renseanlegg. Videre kan en viss nedgang ses årene etter høstflommen i år 2000 som muligens er et resultat av mindre nitrogenoverskudd i nedbørfeltet pga de høye tapene i 2000.

Flere forskjellige teknikker for vannføringsnormalisering finnes, fra enkle regresjonsbaserte metoder til andre mer sofistikerte (se Stålnacke & Grimvall, 2000 for en liten oversikt over noen vanlige metoder). I Eksempel 1 har vi brukt en metode som tar hensyn til at sammenhenger mellom

transport og vannføring kan forandre seg gradvis over tid (Stålnacke & Grimvall, 2001). Figur 2 illustrerer at slik metodikk kan være bra for å illustrere menneskeskapte trender over tid, da den vannføringsnormaliserte kurven er mer utglattet enn den observerte og derfor enklere å tolke. Figur 2 illustrerer også at slike normaliseringsmetoder kan være et alternativ til mer formelle statistiske tester (se Eksempel 2-3).



Figur 2. Nitrogen transport i Glomma (nær utløpet). De to linjene viser henholdsvis den observerte (stiplet linje) og den vannføringsnormaliserte transporten (heltrukken linje).

Eksempel 2: Kan klimavariasjon forklare trender i nitrat i Storgama nedbørfelt?

Storgama er ett av sju feltforskningsområder som inngår i det nasjonale overvåkingsprogrammet for effektene av langtransportert forurenset luft og nedbør (SFT, 2004). Nedbørfeltet

Storgama, som ligger i Telemark, har et areal på 0,6 km² og ligger mellom 580 og 690 m over havet. En stor del av nedbørfeltet består av bart fjell eller har et veldig tynt jordsmonn-dekk. Det betyr at det er forholdsvis lav bufferkapasitet mot sur nedbør. Ukentlige målinger av vannkjemi startet i 1974 i Storgama.

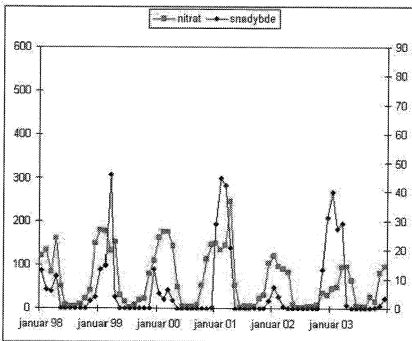
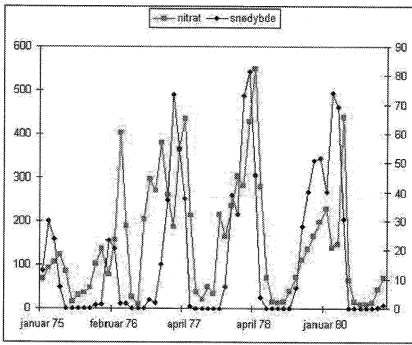
Sulfatkonsentrasjoner i avrenning fra Storgama har blitt redusert i tråd med redusert deposisjon av sulfat. Når det gjelder variasjoner i nitratkonsentrasjoner er det mange flere prosesser enn deposisjon som styrer. Nitrogen taes opp i planter og næringsstoffer frigjøres av nedbrytingsprosesser i jorda. Vegetasjon og mikrobiologiske prosesser påvirkes i sin tur direkte av temperatur-forhold og av avledede variabler som snødekke, frost-tinesykluser, tørke og vekstsesong. Det er derfor nærliggende å tro at nitrat-avrenning vil påvirkes av et varmere klima. En måte å undersøke dette på er å lete etter statistiske sammenhenger mellom ulike klimavariabler som temperatur og snødekke og responsvariablen nitrat i en lang tidsserie.

En SMK-test (sesong definert som måned) viser en svært signifikant nedgående trend for nitrat i Storgama (Tabell 1). Endringen i nitratkonsentrasjoner, beregnet som 'sen-slope', er 2,5 µg N/L år. Perioden på året hvor nedgangen er klarest er fra mars til mai – perioden når snøsmelting vanligvis finner sted – og på høsten. Det er spesielt maksimumsverdiene som er blitt redusert. De høyeste nitratkonsentrasjonene på Storgama blir vanligvis målt under snøsmeltingen mens de laveste blir målt i vekstsesongen.

Tabell 1. Resultater av SMK-testen på enkeltvariabler (A) og PMK (B) med nitrat som responsvariabel og ulike kombinasjoner av forklaringsvariabler.

(A)	Seasonal Mann-Kendall	
	Tegn	p-verdi
nitrat i vann	negativ	0.0001
temperatur (T)	positiv	0.058
snødybde (S)	negativ	0.015
N-deposisjon (N)	ingen	0.15
(B)	Partial (+ seasonal) Mann-Kendall, respons = nitrat	
	Test-verdi	p-verdi
temperatur (T)	negativ	0.0002
snødybde (S)	negativ	0.0006
N-deposisjon (N)	negativ	0.0001
T+S	negativ	0.0005
S+N	negativ	0.0007
T+N	negativ	0.0004
S+T+N	negativ	0.0007

Potensielle forklaringsvariabler som N-deposisjon (NILU data), snødybde og temperatur (data fra met.no) viste henholdsvis ingen trend, en nedgående trend og en svak oppadgående trend (Tabell 1). Figur 3 viser samvariasjon av månedlige middelverdier for nitrat og snødybde (data fra met.no) for starten og slutten av måleperioden.



Figur 3. Månedlig middelkonsentrasjon av nitrat i $\mu\text{g N/L}$ (venstre akse) og gjennomsnittlig snødybde i cm (høyre akse) i starten (1975-1980) og slutten av måleperioden (1996-2003)

I en MK-test er det ikke mulig å måle direkte en effekt av ulike variabler på trenden. Det er likevel mulig å få en indikasjon på andre variablers betydning ved å teste om det fremdeles er en trend i responsvariablen etter at man har tatt høyde for variasjoner i slike forklaringsvariabler. Vi har her brukt PMK-testet (Tabell 1). Dersom trenden i nitrat har lavere testverdi (høyere p-verdi) i en PMK-test i forhold til trenden beregnet med SMK kan man si at forklaringsvariablen har forklart deler av variasjoner i nitrat.

PMK-testen viser at uansett hvilken

forklaringsvariabel eller sett av forklaringsvariabler som brukes, så er det fortsatt en sterk trend igjen i nitrat. Nitrat-trenden korrigert for snødybde og N-deposisjon er minst signifikant (høyest p-verdi) mens N-deposisjon alene ikke har noe effekt på trenden i nitrat. Temperatur alene ser også ut til å ha lite betydning for nitratvariasjoner, mens snødybde er kovariatene som gir størst effekt.

Svart på spørsmålet i overskriften, om variasjon i klima kan forklare nitratkonsentrasjoner, kan altså besvares med 'delvis'. Lignende tester med andre forklaringsvariabler som vannføring og nedbør kan svare på hvilke variabler som betyr mest. Også kan andre tidsintervall enn måned være bedre egnet til å finne sammenhenger mellom klimavariasjon og nitrat, se for eksempel Hindar m. fl. (2005). Framtidig klima er spådd til å inkludere mildere vintre enn før – og det kan bety i områder som Storgama med mye bart fjell og i overgangen fra skog til fjell at nitrat avrenning om vinteren kan bli redusert, eller i hvert fall medføre færre episoder med høye nitratkonsentrasjoner.

Det er imidlertid på sin plass å minne om at andre feltforskningsstasjoner viser andre trender for nitrat, nemlig økende (Kårvatn i Møre og Romsdal, 1978-2004) og ingen (Birkenes i Aust-Agder, 1972-2004). Altså er det ingen nasjonal, entydig trend i nitratkonsentrasjoner. Dette har antageligvis å gjøre med arealdekke (Birkenes er skogkledd, Kårvatn består hovedsakelig av snufjell) og klima (Birkenes er kystnær, Storgama ligger i innlandet). Mulig-

heten for analyse av lange tidsserier fra så forskjellige områder vil gi en unik mulighet for å undersøke hvordan klimavariasjon påvirker vannkvalitet.

Eksempel 3: Algeutvikling i Mjøsa

Mjøsa var ved begynnelsen av 1900 oligotrof, men ble siden 1950-tallet blitt stadig mer eutrof på grunn av økt næringstilgang fra jordbruk, husholdninger og industri. Lavlandet rundt Mjøsas sentrale deler er blant de beste jordbruksområdene i Norge. Ca 150.000 personer bor i nærheten av innsjøen, som brukes til både drikkevann, rekreasjon, fiske, vanning, kraftproduksjon og resipient for avløpsvann. Eutrofieringen kulminerte med oppblomstring av cyanobakterier i 1976. Fra 1977 ble et omfattende program ("Redd Mjøsaksjonen" 1977-1981) satt i gang for å redusere tilførselen av næringsstoffer, særlig fosfor, for å begrense algeveksten og dermed bedre vannkvaliteten (Løvik & Kjellberg, 2003). I dette eksemplet vil vi se undersøke trender i næringsalter, alger, zooplankton og andre miljøvariabler i tiden etter 1977. Ved hjelp av trendanalyse av tidsserie-data vil vi forsøke å svare på følgende spørsmål:

- 1) Har det vært nedgang i algebiomasse i tiden 1978-2004?
- 2) Kan en eventuell nedgang i algebiomasse forklares med reduksjon i fosfor-konsentrasjoner?
- 3) Kan trender i andre miljøvariabler bidra til å forklare en eventuell nedgang i algebiomasse?

- 4) Avhenger svarene av hvilken metode som benyttes for trendanalyse?

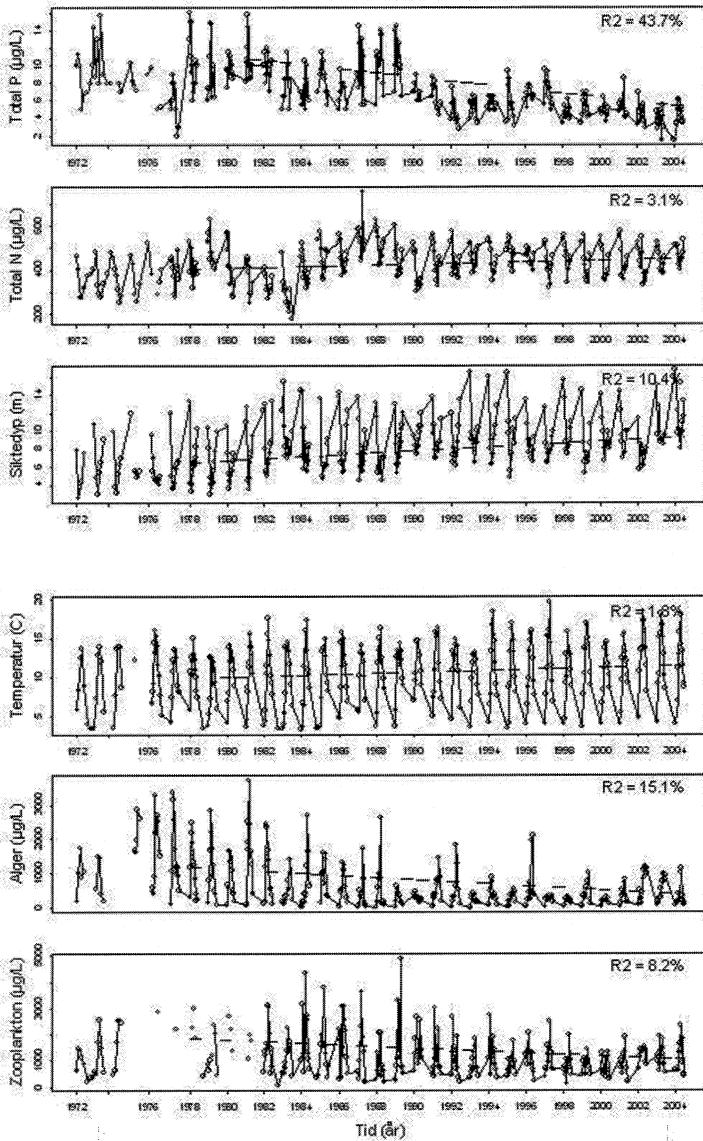
NIVA har tatt prøver hver 14. dag i juni-oktober siden 1972 (zooplankton fra 1978) (Kjellberg, 2004). Variabler som er målt inkluderer siktedyp, temperatur i epilimnion, total P (fosfor), total N (nitrogen), algebiomasse og zooplanktonbiomasse. I disse analysene bruker vi data f.o.m. 1978, for å undersøke trender etter igangsetting av Mjøsa-aksjonen.

Metodene som brukes i dette eksemplet er parametriske regresjonsmodeller og ikke-parametriske MK-modeller (SMK og PMK). Regresjonsmodellene blir brukt til å utforske sammenhengene mellom variabler (både tids-, kjemiske/fysiske og biologiske variabler), og de utvalgte modellene blir sammenliknet med MK-modeller med tilsvarende struktur.

Tidsseriedata for de seks variablene i perioden 1978-2004 vises i Figur 4. Fosfor-mengden (årgjennomsnitt) har blitt redusert fra ca 10 til ca 4 $\mu\text{g/L}$, alge-bestanden er redusert fra ca 1200 til ca 400 $\mu\text{g/L}$, og zooplanktonbestanden er redusert fra 2400 til 1100 $\mu\text{g/L}$. Nitrogen er stabil eller har økt noe, mens siktedyp har økt fra 6 m til 11 m, og temperatur har økt fra 11.0 °C til 11.5 °C. Hvis vi analyserer endring per år ved lineær regresjon har alle seriene signifikante trender (alle $p < 0,022$), men forklaringsgraden er ofte lav p.g.a. store sesongvariasjoner innen årene. Vi tar derfor med "måned" som en kategorisk kovariabel i alle analysene; dermed tilsvarende modellstrukturen også MK-testen.

Selv om måneds-variablen ikke har noen direkte kjemisk/biologisk betydning, kan den til en viss grad repre-

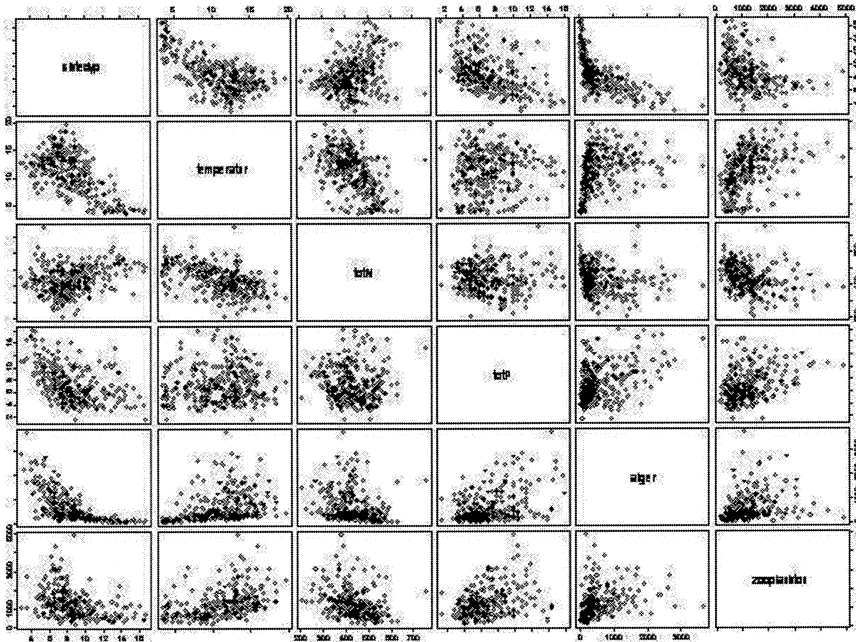
sentere variasjon i andre faktorer gjennom sesongen (f.eks. beitetrykk fra zooplankton).



Figur 4. NIVAs tidsseriedata fra Mjøsa for perioden 1972-2004, for total P, total N, siktedyp, epilimnion-temperatur, alge-biomasse og zooplankton-biomasse. Trendlinjen viser endring per år (sesongvariasjon ikke medregnet), og R²-verdien viser "forklaringsgraden" til en regresjonsmodell med "år" som eneste forklaringsvariabel.

Figur 5 viser hvordan de ulike variablene er korrelert med hverandre; inspeksjon av slike korrelasjoner er nyttig for å unngå feilaktige slutninger. Vi ser f.eks. at alger er positivt korrelert med zooplankton. Det er likevel ikke hensiktsmessig å ta med zooplankton som forklaringsmodell

for alger, fordi biologisk innsikt tilsier at det må være algene som har en positiv effekt på zooplankton, ikke omvendt. Tilsvarende er siktedyp ikke tatt med som forklaringsvariabel, fordi det er rimelig å anta at det er algene som har en negativ effekt på siktedypet, ikke omvendt.



Figur 5. Parvise plot av alle variablene i datasettet, som hjelper oss å identifisere korrelasjoner mellom variablene. Korrelasjoner kan indikere viktige forklaringsvariabler (f. eks. positiv effekt av temperatur på alger), men skjønn må brukes for å tolke korrelasjonene riktig (f.eks. positiv korrelasjon mellom alger og zooplankton kan bety positiv effekt av alger på zooplankton, men ikke omvendt; zooplankton er derfor ikke uten videre egnet som forklaringsvariabel). Dersom dette eksempelet må kortes ned er denne figuren lettest å droppe fordi det ikke er en tidstrendanalyse.

Tabell 2 viser resultater av analysene (MK og regresjon) av de valgte modellene. Måned er inkludert som kovariat i alle modellene. Del A viser at hver av variablene i datasettet unntatt N har en signifikant års-trend (alle $p < 0,0001$), som utgjør en

forholdsvis høy grad av variasjonen (26-78%). Del B viser årstrenden i alger etter at ulike forklaringsvariabler eller kombinasjoner av disse er tatt hensyn til. Her vil en lavere test-verdi (høyere p-verdi) indikere at mye av årstrenden i algene er forklart

ved forklaringsvariabel(e), slik at det er lite trend igjen i residualene. For eksempel viser PMK-analysen at når P er brukt som eneste kovariat er det ingen signifikant trend igjen i algene, mens når temperatur er brukt er det fremdeles en signifikant trend. Reduksjonen i tot-P gir altså en god forklaring på reduksjonen i algebiomassen. Temperaturøkningen kan på sin side ha motvirket reduksjonen i algebiomasse, siden temperatur kan ha en positiv effekt på algevekst. Slik

sett er det mulig at vi kunne ha sett en enda sterkere effekt av tiltakene mot P-tilførsel, dersom temperaturøkningen ikke hadde funnet sted. Forholdet N:P kan også ha en betydning for algeveksten, og ga en signifikant negativ effekt på algebiomassen i våre analyser. Vi valgte likevel å ikke ta med N:P som forklaringsvariabel fordi dette forholdet er sterkt negativt korrelert med P, og derfor like gjerne kan gjenspeile den positive effekten av P.

Tabell 2. Trendanalyser ved MK-modeller og lineære regresjonsmodeller. (A) Trendanalyse for alle variablene i datasettet hver for seg, hhv. ved seasonal Mann-Kendall og ved regresjon med måned og år som forklaringsvariabler. (B) Trendanalyse for alger med ulike kombinasjoner av kovariabler, hhv. ved partial seasonal Mann-Kendall og ved regresjon. Regresjonene utføres i to trinn for å tilsvare PMK-analysene: først analyseres alger mot måned + kovariablene, deretter analyseres residualene fra denne regresjonen mot år. R²-verdiene viser hvor mye av variasjonen i responsvariabelen som er forklart for hver av regresjonsmodellene (tilsvarende mål finnes ikke for MK-modellene). For alle regresjonsmodellene er "alger" log-transformert, for å oppnå mer normal-fordelte data (for MK-modellene har dette ingen betydning).

(A)	Seasonal Mann-Kendall		Regresjon (mot måned + år)		R ²
	Test-verdi	p-verdi	Test-verdi	p-verdi	
Respons-variabel					
P	-4,85	<0,0001	-16,08	<0,0001	52 %
N	1,17	0,24	25,66	<0,0001	35 %
siktedyp	3,83	<0,0002	9,51	<0,0001	65 %
temp.	2,60	0,009	4,63	<0,0001	78 %
alger	-3,21	0,0013	-7,72	<0,0001	50 %
zooplankton	-2,80	0,0051	-5,16	<0,0001	26 %
(B)	Partial (+ seasonal) Mann-Kendall, respons = alger		"Partial" regresjon for alger (residualer av regresjon mot år, etter regr. mot måned +forklaringsvariabler)		R ²
Forklarings-variabler	Test-verdi	p-verdi	Test-verdi	p-verdi	
P	-0,72	0,24	-6,02	<0,001	14 %
N	-2,86	0,002	-8,15	<0,001	23 %
temp.	-3,06	0,001	-10,27	<0,001	32 %
temp. + P	-0,72	0,23	-6,58	<0,001	16 %
temp. + P + N	-0,47	0,32	-5,85	<0,001	13 %
Interaksjon:	-	-	-6,12	<0,001	14 %
P * måned					
(+ temp. + N)					

Sammenlikning av resultatene fra MK og regresjon viser at de to metodene stort sett gir tilsvarende resultater, men at regresjonen ofte gir mye mer signifikante effekter (lavere p-verdi). Dette har sammenheng med at regresjonsmetoden bygger på flere antakelser, som gjør testen sterkere. Vi bryter imidlertid noen av disse antakelsene ved å bruke tidsseriedata på denne måten, derfor kan vi betrakte p-verdiene fra MK-analysene som mer pålitelige. Med multippel regresjon kan vi i tillegg teste interaksjoner mellom variabler. Tabell 2 viser som eksempel en interaksjon mellom P og måned; dette betyr at samme nivå av P har ulike betydning for algebiomassen i forskjellige måneder. (P får stadig lavere betydning utover høsten, da er antakelig andre faktorer som lys, temperatur, sirkulasjonsdyp og zooplankton-beiting mer avgjørende). Vi kan øke forklaringsgraden til modellen ved å ta med flere interaksjoner, men det gjør ikke nødvendigvis modellen bedre: den kan bli vanskeligere å tolke, og gi dårligere prediksjoner for framtiden. Vi anser derfor modellene uten interaksjoner som tilstrekkelig gode.

Konklusjonen for dette eksemplet blir at

- 1) Det har vært en betydelig og signifikant reduksjon i algebiomasse
- 2) Reduksjon av fosforkonsentrasjon er den viktigste forklaringen på reduksjonen i algebiomasse
- 3) Økning i temperatur kan ha motvirket algereduksjonen; mens effekten av trender i siktedyp og zooplankton er mer komplisert

(tolkning av korrelasjonene krever mer avanserte modeller).

- 4) MK og regresjon gir tilsvarende resultater; regresjon gir mer mulighet for å utforske sammenhenger mellom variablene mens MK gir mer pålitelige testverdier.

Konklusjon

Resultatene fra data-analysen fra de tre eksemplene viser tydelig viktigheten av lange tidsserier. For eksempel kan data fra en begrenset tidsperiode (typisk 3-6 år) gi et falskt eller over-optimistisk bilde av menneskeskapt forandringer i vannkvalitet som følge av gjennomførte tiltak. Dette er for eksempel vist med dataene fra Glomma (eksempel 1).

Et annet begrensende problem er knyttet til at tidsserier av vannkvalitetsdata ofte sterkt påvirket av klimafaktorer (eller andre typer eksterne faktorer knyttet til naturlig variasjon), som kompliserer og eventuelt overskygger konklusjoner om antropogent betingede variasjoner og langtidstrender. Dette er spesielt problematisk når man skal evaluere effekter av utslippsbegrensede tiltak (eksempel 2 og 3). Når man er interessert i hvordan naturlige variasjoner påvirker vannkvalitet er det imidlertid en fordel at dataene viser sterke responser på klima (eksempel 1). Det er av stor interesse å forstå mer av hvordan temperatur, nedbør og snødekke påvirker avrenning av nitrat, fordi disse variablene forventes å endres i framtiden i et varmere klima. Da trengs nettopp data fra lange tidsserier for å validere for eksempel modellsimuleringer av temperatureffekter på nitratavrenning.

Når det gjelder valg av metode, så viste sammenligningen av forskjellige metoder (MK-analyser og regresjons-analyser) ikke særlig store forskjeller i fortolkning. Regresjonsmodellene gir imidlertid ofte høyere signifikans enn tilsvarende SMK/PMK-modeller. Regresjonsanalyse gir gjerne en sterkere test fordi metoden bygger på flere antakelser (krav om normalfordelte data, homogen varians etc). Imidlertid er disse kravene ofte ikke oppfylt, og regresjonsmetodikk er derfor ikke å anbefale, siden metoden lett kan overestimere signifikansen av variablene. Isteden anbefales bruk av ikke-parametriske metoder av typen Mann-Kendall og lignende.

Referanser

- EC. 2000. *DIRECTIVE 2000/60/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 October 2000 - establishing a framework for Community action in the field of water policy*. Official Journal of the European Communities
- HINDAR, A. DE WIT, H.A. & HOLE. L. 2005. Betydningen av klima-variasjon for nitrogen i vassdrag og feltforsknings-områder. Naturens tålegrenser. Fagrapport nr. 120. NIVA rapport 5064-2005. 61 p. NIVA, Oslo.
- HIRSCH, R.-M., SLACK, J. R., & SMITH, R.A. 1982. Techniques of Trend Analysis for Monthly Water Quality Data. *Water Resources Research* **18**(1): 107-121
- HIRSCH, R.-M., & SLACK, J.-R. 1984. A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. *Water Resources Research* **20**: 727-732
- KENDALL, M.G. 1975. *Rank correlation methods*. 4th edition, Charles Griffin, London, 202p.
- KJELLBERG, G. 2004. Tiltaksorientert overvåking av Mjøsa med tilløpselver. Årsrapport / datarapport for 2003. NIVA-rapport 4913-2004.
- LIBISELLER, C., & GRIMVALL, A. 2002. Performance of Partial Mann-Kendall Test for Trend Detection in the Presence of Covariates. *Environmetrics* **13**: 71-84
- LØVIK, J.E. & KJELLBERG, G. 2003. Long-term changes of the crustacean zooplankton community in Lake Mjøsa, the largest lake in Norway. *Journal of Limnology* **62**(2): 143-150.
- MANN, H.B. 1945. Nonparametric test against trend. *Econometrica* **13**: 245-259
- SFT, 2003. Overvåking av langtransport forurenset luft og nedbør. Årsrapport – effekter 2002. SFT-rapport 886/2003, TA-1985/2003
- SKEI, J.2005. Miljøovervåking er en lønnsom investering.VANN (dette nummer).
- STÅLNACKE, P., & GRIMVALL, A. 2000. Hydrological normalization of nutrient deliveries from agricultural catchments. *Reviewed Proceedings from Eleventh Annual Conference on Applied Statistics in Agriculture*, Kansas State Univeristy, p. 145-155
- STÅLNACKE, P. AND GRIMVALL, A. 2001. Semiparametric approaches to flow-normalisation and source apportionment of substance transports in rivers. *Environmetrics* **12**: 233-250.