

Arbejdsrapport fra DMU nr. 115

Miljøstatistik

# Analyse af udviklingstendenser i 25 vandløb med udløb i Limfjorden

Trend analysis of 25 streams  
discharging into the Limfjorden

# Vandløbsøkologi

# Arbejdsrapport fra DMU nr. 115

Vandløbsøkologi

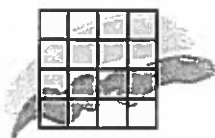
Miljøstatistik

## Analyse af udviklingstendenser i 25 vandløb med udløb i Limfjorden

Trend analysis of 25 streams  
discharging into the Limfjorden

Søren E. Larsen  
*Afdeling for Vandløbsøkologi*

Jørgen Bidstrup  
*Nordjyllands Amt*



Miljø- og Energiministeriet  
Danmarks Miljøundersøgelser  
1999

## Datablad

**Titel:** Analyse af udviklingstendenser i 25 vandløb med udløb i Limfjorden  
**Undertitel:** Miljøstatistik. Vandløbsøkologi

**English title:** Trend analysis of 25 streams discharging into the Limfjorden

**Forfattere:** Søren E. Larsen<sup>1</sup> og Jørgen Bidstrup<sup>2</sup>  
**Afdelinger:** <sup>1</sup>Afdeling for Vandløbsøkologi  
<sup>2</sup>Nordjyllands Amt

**Serietitel og nummer:** Arbejdsrapport fra DMU nr. 115

**Udgiver:** Miljø- og Energiministeriet  
Danmarks Miljøundersøgelser©

**URL:** <http://www.dmu.dk>

**Udgivelsestidspunkt:** December 1999

**Faglig kommentering:** Lars M. Svendsen

**Tekstbehandling:** Aase Pedersen

**Bedes citeret:** Larsen, S.E. & Bidstrup, J. (1999): Analyse af udviklingstendenser i 25 vandløb med udløb i Limfjorden. Miljøstatistik. Vandløbsøkologi. Trend analysis of 25 streams discharging to the Limfjorden. Danmarks Miljøundersøgelser. 84 s. – Arbejdsrapport fra DMU nr. 115.

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.

**Sammenfatning** Målte koncentrationer af total kvælstof og total fosfor samt vandføring i 25 nordjyske vandløb med udløb i Limfjorden, er blevet analyseret for udviklingstendenser. Analysen omfatter observerede data fra perioden 1984-98, og før analysen blev koncentrationerne korrigeret med vandføringen. Trends er testet ved anvendelse af den ikke-parametriske Kendall's sæson-test. Resultaterne af trendanalysen er givet for hvert enkelt vandløb i rapporten. Samlet viste analysen faldende vandføringer i vandløbene. Generelt er vandføringskorrigerede koncentrationer af kvælstof stigende, og de korrigerede fosforkoncentrationer er faldende i den analyserede periode. (With an English summary).

**Frie emneord:** Limfjorden, nordjyske vandløb, udviklingstendenser, trendanalyse, Kendall's sæson-test, total kvælstof, total fosfor

**Redaktionen afsluttet:** December 1999

**ISSN:** 1395-5675

**Papirkvalitet:** Cyclus Print  
Silkeborg Bogtryk  
EMAS registreret nr. DK-S-0084

**Sideantal:** 84

**Oplag:** 150

**Pris:** kr. 75,- (inkl. 25% moms, ekskl. forsendelse)

**Købes hos:** Danmarks Miljøundersøgelser  
Postboks 314  
Vejløvej 25  
8600 Silkeborg  
Tlf.: 89 20 14 00  
Fax: 89 20 14 14

## Indholdsfortegnelse

Forord	5
English Summary	7
Sammenfatning	9
1. Indledning	11
2. Beskrivelse af vandløb og stationer	13
3. Statistisk metode	17
4. Resultater	23
5. Diskussion og konklusion	27
6. Referencer	31
Bilag	33



## Forord

I foråret 1999 gennemførte Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Vandløbsøkologi et projekt for Limfjordsamterne. Projektets formål var en analyse af udviklingstendenser i koncentrationerne af total kvælstof, total fosfor samt vandføring målt i 25 vandløb, der strømmer til Limfjorden. Analysen omfattede koncentrationer målt i perioden 1984-98, begge år inklusive.

Denne rapport omhandler resultaterne af analysen for udviklingstendenser. Resultaterne gives for hvert vandløb for sig. Desuden indeholder rapporten en kort beskrivelse af vandløbene og tilhørende målestationer, en beskrivelse af den anvendte statistiske metode samt til sidst en samlet konklusion af resultaterne.

Forfatterne vil gerne sige tak til Arne Have, Ringkjøbing Amt og Gerda Madsen, Viborg Amt for at stille data til rådighed, samt til Dirk-Ingmar Müller-Wohlfeil, Danmarks Miljøundersøgelser, for at lave figur 2.1.



## English Summary

Trends in the concentrations of the nutrients total nitrogen and total phosphorus together with the discharge measured in 25 streams in northern Jylland for the period 1984-98 were tested. All 25 streams discharge into the fjord, Limfjorden, and drain catchments dominated by agriculture (on average 68 %) and with a high proportion of sandy soil (90 % sandy soil in several of the catchments). The trend analysis was performed by the application of Kendall's seasonal test, a statistical method characterized by its ability to treat non-Gaussian data and serial correlation in data. The analysis was performed on discharge adjusted concentrations.

The results of the trend analysis show a decrease in phosphorus concentrations in the stream water for the period 1984-98, whereas there is a positive trend in the nitrogen concentrations. Increased discharge adjusted concentrations of nitrogen were found in 22 streams; 13 of these streams with a significant increasing trend at a 5% level. These results cohere with analyses of streams discharging into the Mariager Fjord and with analyses of streams affected by agriculture in north-western Jylland (Larsen, 1999; Iversen *et al.*, 1999). Discharge adjusted nitrogen concentrations in streams affected by agriculture in the rest of Denmark show a predominant decreasing tendency. However, a decrease at a significance level of 5 % was only found in a few streams (Iversen *et al.*, 1999).

Surveys made by the county of Nordjylland show that nitrogen input to the Limfjorden from point sources has fallen considerably in recent years from 3,060 t N in 1984 to 1,159 t N in 1998. Both waste water treatment plants and fish farms now meet the requirements of the local recipient quality plan. However, during the same period there is no decrease in nitrogen runoff from the open land (diffuse sources, agriculture, nature and scattered dwellings).

There could be a number of reasons for the lack of a decrease in nitrogen loading to the Limfjorden. Livestock in the counties surrounding the Limfjorden is higher in number than in the rest of Denmark. The risk of nitrogen leaching from manure is greater than for commercial fertilizer, both because of problems with handling and because it takes longer for manure to mineralize. What is probably more important, however, is that the area around the Limfjorden is dominated by sandy soils, so the majority of the precipitation (often 70-80 %) must seep to the groundwater before it reaches the streams. Minor leaching from agricultural land will therefore have little immediate effect while the full effect will be substantially delayed. Measures taken by agriculture may well have had an effect, but the loading from the open land will only change later or slowly.

The trend analysis of adjusted phosphorus concentrations shows decreasing concentrations in all the examined 25 streams. The negative trend is significant at a 5 % level in 22 of the streams. As point sources are the main source of phosphorus loading, the general fall is a result of improved waste water treatment, reduced loading from fish farms or the elimination of specific point sources. Analyses of streams with discharging into the Mariager



Fjord, performed by the National Environmental Research Institute, show corresponding results.

Results of the trend analysis of streams included in the Danish nationwide aquatic environment monitoring programme showed a marked decrease in discharge adjusted phosphorus concentrations in streams affected by waste water (Laubel *et al.*, 1999). There is also a fall in phosphorus concentrations for some streams affected by farming, but with no significant point sources. However, a number of streams included in the monitoring programme in northern Jylland show increasing phosphorus concentrations during the period 1989-98. These results are inconsistent with the result of the streams around the Limfjorden covering the period 1984-98. Regional planning in the counties in northern Jylland resulted in a decrease in phosphorus loading from wastewater already in 1989 and it has since been more or less constant.

There is a significant fall in water discharge in 114 of the 125 investigated streams. In the remaining 11 streams there is no significant decrease. The reduced water discharge found in the streams in northern Jylland is probably ascribable to a reduced ground water level and a consequently reduced contribution of groundwater.

A winter with high precipitation will result in increased runoff and consequently heavy nitrogen loading of the Limfjorden. A subsequent warm summer with little wind increases the risk of extensive oxygen depletion in the fjord. The Limfjorden was exposed to extensive oxygen depletion in the summer of 1999. Oxygen depletion was much less in the summer of 1998, which was cold and windy.

In conclusion, there is no measurable reduction in nitrogen runoff from the agricultural areas in the streams around the Limfjorden. The Limfjorden will therefore continue to be exposed to oxygen depletion during warm summers if the preceding winter is high in precipitation. Only reduced nitrogen loading from landbased sources (the open land) and reduced atmospheric deposition of nitrogen will improve the condition of the fjord. Atmospheric deposition is, however, of much less importance than the loading from landbased sources.

In contrast, there has been a marked decrease in the discharge of nutrients from point sources to the Danish coastal areas, and the point sources currently fulfil the requirements of the Danish Action Plan for the Aquatic Environment as a result of improved waste water treatment (Svendsen *et al.*, 1999). There is therefore more focus on the diffuse loading (from the open land). Nutrient loading from point sources to the Limfjorden has decreased significantly and as to point sources, the recipient quality plan for Limfjorden has been fulfilled (Nordjyllands Amt, 1999).

## Sammenfatning

Koncentrationer af næringsstofferne total kvælstof og total fosfor samt vandføringen målt i perioden 1984-98 i 25 nordjyske vandløb er blevet testet for udviklingstendenser. Alle de 25 nordjyske vandløb har deres udløb i Limfjorden og afvander oplande med høj dyrkningsgrad (i gennemsnit 67 %) og med en høj andel af sandjorde (i flere af oplandene er der mere end 90 % sandjorde og kun et med under 50 %). Trendanalysen er udført ved at anvende Kendall's sæsonstest, som er en statistisk metode, der er robust over for ikke-normalfordelte data, samt seriel korrelation i data. Analysen er udført på vandføringskorrigerede koncentrationer.

Resultaterne af trendanalysen viser, at fosforkoncentrationerne er faldet betydeligt, hvorimod kvælstofindholdet i vandløbsvandet ikke er faldet i perioden 1984-98. Analysen viste derimod en positiv udviklingstendens i kvælstofkoncentrationerne. I alt 22 vandløb har stigende vandføringskorrigerede koncentrationer af kvælstof. De 13 er signifikante på et 5 %-niveau. Dette er i overensstemmelse med resultater af analyser af vandløb, der strømmer til Mariager Fjord og med analyser af dyrkningspåvirkede overvågningsvandløb i det nordvestlige Jylland (Larsen, 1999; Iversen *et al.*, 1999). I resten af Danmark er der primært en tendens til fald i vandføringskorrigerede kvælstofkoncentrationer i de dyrkningspåvirkede overvågningsvandløb. Faldet er dog kun signifikant på et 5 %-niveau i få vandløb (Iversen *et al.*, 1999).

Opgørelser fra Nordjyllands Amt viser, at belastningen til Limfjorden med kvælstof fra punktkilder er faldet betydeligt i den undersøgte periode, fra 3.060 tons N i 1984 til 1.159 tons N i 1998. Både rensningsanlæggene og dambrugene opfylder nu recipientkvalitetsplanen. Derimod er belastningen til Limfjorden fra det åbne land (de diffuse kilder - landbrug, natur og spredt bebyggelse) ikke faldet i samme periode, når man korrigerer for ferskvandsafstrømningen (se figur 9.5 i Nordjyllands Amt, 1999).

Det markante fald i rodzoneudvaskningen kan kun måles som et signifikant fald i kvælstofkoncentrationen i få danske vandløb, om end der i ca. 60 % af vandløbene er en tendens til fald (Iversen *et al.*, 1999). I oplandet til Limfjorden viser vandløbene som nævnt en generelt stigende koncentration. Der kan være flere årsager til, at man ikke ser et fald i kvælstofbelastningen af Limfjorden. En mulig forklaring er, at husdyrtrykket er større i amterne omkring Limfjorden end i resten af landet. Risikoen for udvaskning af kvælstof fra husdyrgødning er større end for handelsgødning på grund af problemerne med håndtering, og fordi husdyrgødningen er længere tid om at blive omsat i jorden. Den væsentligste årsag er dog sandsynligvis, at sandjorde er den dominerende jordtype i oplandet til Limfjorden. Det betyder, at hovedparten (ofte 70-80 %) af nedbøren først siver til grundvandet, før det når frem til vandløbet. En mindre udvaskning af kvælstof fra landbrugsjorden vil derfor kun have en lille umiddelbar effekt, mens den fulde effekt først kan måles med en væsentlig forsinkelse. De gennemførte tiltag i landbruget kan derfor godt have haft en effekt, men den diffuse tilførsel vil først ændre sig efter en længere forsinkelse.

Den gennemførte trendanalyse af korrigerede fosforkoncentrationer giver som resultat faldende koncentrationer i alle de 25 undersøgte vandløb. Den negative udviklingstendens er signifikant på et 5 %-niveau i 22 af vandløbene. Idet punktkilder er hovedkilden til fosforbelastningen, skal årsagen til det generelle fald findes i en forbedret rensning af spildevand fra rensningsanlæggene, mindre belastning fra dambrug eller helt fjernelse af punktkilderne. Tilsvarende resultater fik Danmarks Miljøundersøgelser i analysen af vandløb, der strømmer til Mariager Fjord (Larsen, 1999).

Resultaterne af trendanalysen af vandløbene fra det landsdækkende overvågningsprogram viste markante fald i vandføringskorrigerede fosforkoncentrationer for spildevandspåvirkede vandløb (Laubel *et al.*, 1999). Ligeledes ser man et signifikant fald i koncentrationer af fosfor for enkelte dyrkningspåvirkede vandløb uden betydende punktkilder. Dog viser nogle nordjyske overvågningsvandløb stigende fosforkoncentrationer i perioden 1989-98. Det er i modstrid med resultaterne for vandløbene i denne rapport's analyser, som dækker perioden 1984-98. Regionale planer i de nordjyske amter har bevirket, at belastningen med fosfor fra spildevand var bragt betydeligt ned allerede i 1989 og har været mere eller mindre konstant siden.

I 14 af de 25 undersøgte vandløb ser man et signifikant fald i vandføringen. I de resterende 11 er der et ikke signifikant fald. Den reducerede vandføring som generelt er fundet i de nordjyske vandløb skyldes sandsynligvis en reduceret grundvandsstand og dermed en mindre tilførsel af grundvand. Derved kan koncentrationen i vandløbsvandet stige, fordi koncentrationen i grundvandet generelt er mindre.

En vintersæson med meget nedbør vil medføre en stor udvaskning og følgende en stor kvælstofbelastning af Limfjorden. En efterfølgende varm sommer med stille vejr øger risikoen for et omfattende iltsvind i fjorden. Limfjorden var ramt af et stort iltsvind i sommeren 1999. Derimod var iltsvindet ikke så omfangsrigt i sommeren 1998, som var kold og blæsende.

Konklusionen er, at det endnu ikke er muligt at måle en reduktion i kvælstofudvaskningen fra landbrugsarealerne i vandløbene rundt om Limfjorden. Derfor vil Limfjorden stadigvæk få iltsvind i varme somre, hvor den foregående vinter var nedbørsrig. Kun en mindre belastning af kvælstof fra landbaserede kilder (det åbne land), og en mindre deposition af kvælstof fra luften kan forbedre fjordens tilstand. Dog er atmosfærisk deposition af langt mindre betydning end belastningen fra det åbne land.

Derimod er der sket væsentlige fald i næringsstofbelastningen fra punktkilder til de danske marine kystafsnit, og punktkildeudledningerne opfylder i dag vandmiljøplanens krav som resultat af den forbedrede rensning (Svendsen *et al.*, 1999). Den diffuse belastning (fra det åbne land) er derfor blevet af større betydning. Ligeledes er næringsstofbelastningen fra punktkilder til Limfjorden faldet betydeligt, idet recipientkvalitetsplanen er opfyldt for disse (Nordjyllands Amt, 1999).

## 1. Indledning

Limfjorden har i de seneste mange år haft iltsvind både på dybt og lavt vand. Der blev konstateret et omfattende iltsvind i sommeren 1994 (Kronvang *et al.*, 1994), og igen i 1999 var der omfattende iltsvind. Fjorden belastes hvert år med kvælstof og fosfor via vandløb fra en række kilder. Det drejer sig om spildevand fra rensningsanlæg og industrier, udledninger fra dambrug, bidrag fra regnvandsbetingede udløb og fra det åbne land (Kronvang *et al.*, 1994; Svendsen *et al.*, 1999). Bidraget fra det åbne land stammer fra udvaskning fra landbrugs- og naturarealer samt fra spredt bebyggelse.

En stor næringsstofbelastning af fjorden vil betyde en kraftig opblomstring af planktonalger, som ved henfald i løbet af sommeren forbruger store mængder af vandets ilt, så iltkoncentrationen bliver lav, hvis der ikke tilføres nyt ilt. Modelberegninger i Limfjorden har vist, at høj kvælstoftilførsel til fjorden de foregående 10 måneder er den væsentligste årsag til iltsvind. Modelberegningerne viser desuden, at omfanget og varigheden af iltsvind vil blive reduceret med mere end 50 %, hvis belastningen med kvælstof reduceres med 25% (Møhlenberg, 1999).

Iltsvindet skaber store problemer for den øvrige marine fauna og den biologiske struktur (Borum *et al.*, 1990; Kaas *et al.*, 1999). I værste fald kan iltsvindet betyde bundvending og fjorddød, som det skete for Mariager Fjord i 1997 (Århus og Nordjyllands Amt, 1998). Iltsvind er en tilbagevendende begivenhed hver sommer, og dets størrelse afhænger også af vejrforholdene i vækstperioden, idet solrige varme somre betyder større algevækst og større risiko for omfattende iltsvind (Kaas *et al.*, 1999; Markager *et al.* 1999). Yderligere har den atmosfæriske deposition af især kvælstof stor betydning for iltsvindets omfang. Limfjordens tilstand kan kun blive bedre ved at få reduceret næringsstofftilførsler via vandløb, direkte udledninger og atmosfærisk deposition.

Amterne har i regionplanerne for Limfjorden fastsat mål for reduktionen af udledningen af kvælstof og fosfor. Disse er efterfølgende blevet fulgt op af Vandmiljøplan I, som blev vedtaget i folketinget i 1987, hvis primære mål er en reduktion af udledningen af fosfor til fjorde og kystfarvande med 80 % og en reduktion af udledningen af kvælstof med 50 %. Ligeledes har Planen for Bæredygtigt Landbrug (1991) og NPo-Handlingsplanen (1986), som var den første statslige miljøplan, mindre næringsstofbelastning fra punktkilder og det åbne land som mål. I Miljøstyrelsen (1999) findes en god oversigt over hidtil vedtagne handlingsplaner og virkemidler.

En kontinuert overvågning af udledningernes størrelse og fjordens tilstand med en tilhørende statistisk analyse af de indsamlede data er således vigtig for at følge effekten af de forskellige handlingsplaner.

Formålet med projektet, som blev udført i samarbejde med Limfjordsamterne, var at analysere udviklingen i koncentrationer af total kvælstof og total fosfor samt i vandføringen målt i 25 nordjyske vandløb med udløb i Limfjorden. Analysen er gennemført ved anvendelse af den statistiske metode Kendall's sæsontest (Hirsch og Slack, 1984). Den analysere-

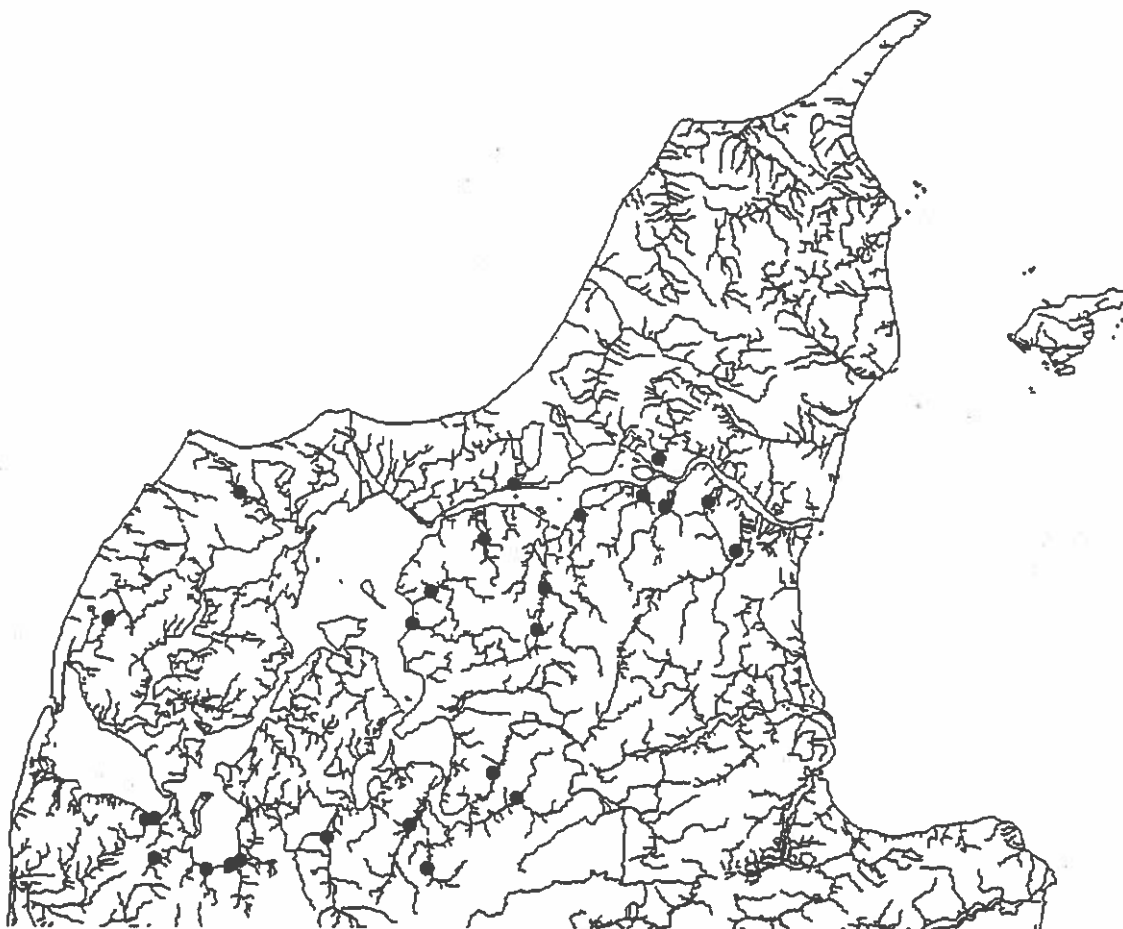
de periode blev fastsat til 1984-98, begge år inklusive. Analysen skulle tage højde for vandføringens størrelse og en eventuel udvikling heri.

Kendall's sæsontest er en robust fordelingsfri statistisk metode, der egner sig godt til analyse af udviklingstendenser i tidsserier af vandkvalitetsdata. Metoden kan tage højde for ikke-normalfordelte data, seriel korrelation (fra målinger taget tæt på hinanden i tid), manglende værdier, sæsonudsving samt ikke-tidsækvivalente målinger.

## 2. Beskrivelse af vandløb og stationer

Trendanalysen omfattede 25 vandløb, der alle har deres udløb i Limfjorden. De analyserede målinger er taget ved de stationer, som er afbildet i figur 2.1. Hovedparten af stationerne er placeret tæt på udløbet i Limfjorden og 21 af stationerne ligger i vandløb, der strømmer til fjorden sydfra.

Figur 2.1: Målestationernes placering i de 25 analyserede nordjyske vandløb.



I tabel 2.1 er givet de enkelte vandløb og tilhørende målestationer samt oplandsareal og tidsseriens længde. To tidsserier starter lidt senere end 1984. For Fald Å's vedkommende er starten i 1985, og tidsserien for Resenkær Å starter i 1986.

Tabel 2.1: Oplysninger om vandløbsstationer som indgår i analysen.

DMU-nr	Vandløbsnavn	Station	Oplands-areal (km <sup>2</sup> )	Amt	Periode
070002	Lindholm Å	Voerbjerg	154,50	Nordjylland	1984-98
090015	Storå	Kåstrup	36,70	Viborg	1984-98
090021	Tranum Å	Oland-Tranum Pumpestation	121,71	Nordjylland	1984-98
100006	Halkær Å	V. Ågård	41,81	Nordjylland	1984-98
100009	Herreds Å	Vegger Bro	107,75	Nordjylland	1984-98
100010	Kærs Mølle Å	OS Indkildestrøm- men	100,97	Nordjylland	1984-98
100011	Romdrup Å	V. Lodsholm Bro	28,05	Nordjylland	1984-98
100013	Dybvad Å	NS Bredkilde Bæk	57,20	Nordjylland	1984-98
100014	Binderup Å	NS Binderup Mølle	90,42	Nordjylland	1984-98
100017	Hasseris Å	NS Hyllestrømmen, SF V. Enggård	53,44	Nordjylland	1984-98
110011	Hvidbjerg Å	Hvidbjerg Mølle- gård	238,27	Viborg	1984-98
130008	Bjørnsholm Å	V. Holme Bro	82,24	Nordjylland	1984-98
130010	Trend Å	V. Trend	138,42	Nordjylland	1984-98
140016	Lindborg Å	Ved Møllebro	317,81	Nordjylland	1984-98
160023	Bredkær Bæk	NS Kærgård Mølle Dambrug	16,89	Ringkjøbing	1984-98
160024	Fald Å	Kokholm	24,65	Ringkjøbing	1985-98
160157	Hellegård Å	Handbjerg	46,70	Ringkjøbing	1984-98
160168	Hummelmose Å	Volstrup	21,85	Ringkjøbing	1984-98
160207	Resenkær Å	OS Udløb i Nissum Bredning	24,15	Ringkjøbing	1986-98
160221	Skærbæk	Kærhus Bro NS Tilløb	5,39	Ringkjøbing	1984-98
170007	Simested Å	Skive-Hobro Lande- vej	217,58	Viborg	1984-98
180077	Skals Å	Løvel Bro	556,44	Viborg	1984-98
190012	Jordbro Å	Jordbro Mølle	110,86	Viborg	1984-98
190016	Fiskbæk	Nybro Jernbanen	64,03	Viborg	1984-98
200024	Karup Å	Nørkær Bro	626,50	Viborg	1984-98

Til enkelte vandløb skal der knyttes følgende kommentarer til måleserierne.

Halkær Å: Data i perioden 1984-88 stammer fra stationen ved Vegger Bro. Oplandet ved denne station er 71,60 km<sup>2</sup>.

Trend Å: Kemidata stammer i hele perioden fra stationen nævnt i tabel 2.1. Derimod hentes vandføringer i den analyserede periode fra stationen ved Fredbjerg Bro, som har et oplandsareal på 116,28 km<sup>2</sup>.

Simsted Å: I perioden 1984-92 er koncentrationer og vandføring målt ved stationen Sdr. Borup. Oplandsarealet ved denne station er 223,04 km<sup>2</sup>.

Karup Å: Data i perioden 1984-88 er målt ved stationen i Skive. Ved denne station er oplandsarealet 759,00 km<sup>2</sup>. Vandføringer i perioden 1984-88 er multipliceret med konstanten 0,742267 for at få sammenlignelige vandføringer med den efterfølgende periode. Konstanten er fundet ved at sammenligne vandføringer ved de to stationer i den periode, hvor der er målt begge steder. Konstanten er præcist bestemt med en standardfejl på 0,000984.

De 25 nordjyske vandløb, som indgår i analysen, afvander oplande med en høj procentandel af sandjorde (se tabel 2.2). Alle oplande på nær et har over 50 % sandjorde, og flere har mere end 90 %. Den gennemsnitlige andel af sandjorde er 84 %. Ligeledes er dyrkningsintensiteten høj i oplandene (tabel 2.2), i gennemsnit er det dyrkede areal 67 % mod et landsgennemsnit på ca. 65 %. Hovedparten af det dyrkede areal anvendes til husdyrhold.

Halkær Å har i den undersøgte periode været spildevandsbelastet, mens de andre vandløb primært er belastet af diffuse kilder, det vil sige bidrag fra det åbne land samt spredt bebyggelse.

I alt 11 af vandløbene er eller har været med i det landsdækkende overvågningsprogram for vandløb og kilder.

Det målte opland udgør i alt 3284 km<sup>2</sup> mod et totalt oplandsareal på 7528 km<sup>2</sup> til Limfjorden (Nordjyllands Amt, 1999). En grov jordtypekarakteristik angiver, at der er 80 % sandjorde i oplandet til Limfjorden. Det vil sige, at de 25 vandløb overvejende afvander oplande med en lidt højere andel af sandjorde end resten af oplandet til Limfjorden. Ifølge Cori-neopgørelsen er anselen af dyrket areal i Limfjordsoplandet på 68%. Så de udvalgte 25 oplande er repræsentative med hensyn til dyrkningsintensiteten.



Tabel 2.2: Procent sandjorde samt procent dyrket areal i de 25 vandløb. Procent sandjorde er defineret som den samlede andel ud fra ADK's oplysninger om grovsandet jord, finsandet jord og lerblandet sandjord. Procent dyrket areal er beregnet ud fra CORINE-opgørelsen.

DMU-nr	Vandløbsnavn	Procent sandjorde i oplandet (ADK)	Procent dyrket areal (CORINE)
070002	Lindholm Å	60	70,7
090015	Storå	82	65,7
090021	Tranum Å	73	69,2
100006	Halkær Å	90	72,9
100009	Herreds Å	80	72,1
100010	Kærs Mølle Å	92	70,6
100011	Romdrup Å	61	76,1
100013	Dybvad Å	74	65,1
100014	Binderup Å	87	76,6
100017	Hasseris Å	85	72,9
110011	Hvidbjerg Å	73	62,8
130008	Bjørnsholm Å	77	69,5
130010	Trend Å	80	72,7
140016	Lindborg Å	80	60,8
160023	Bredkær Bæk	66	58,1
160024	Fald Å	51	79,4
160157	Hellegård Å	82	77,6
160168	Hummelmose Å	48	81,7
160207	Resenkær Å	84	81,1
160221	Skærbæk	78	64,5
170007	Simested Å	92	76,2
180077	Skals Å	90	71,1
190012	Jordbro Å	93	59,0
190016	Fiskbæk	96	49,9
200024	Karup Å	93	58,5

### 3. Statistisk metode

Analysen af udviklingstendenser er gennemført ved anvendelse af Kendall's sæson-test. Metoden er fordelingsfri og særdeles nyttig til trendanalyse i lange tidsserier (10 år eller mere) med miljødata. Denne statistiske metode er robust over for manglende målinger (det vil sige kortere eller længere stop i prøvetagningen), seriel korrelation (målinger tæt på hinanden er omtrent af samme størrelse), sæsonudsving i målingerne (introduceret af klima), målinger under en detektionsgrænse samt målinger, som ikke stammer fra en normal (Gaussisk) fordeling. Metoden blev introduceret i artiklerne Hirsch *et al.* (1982) og Hirsch og Slack (1984) og er siden blevet en meget anvendt statistisk metode til analyse af udviklingstendenser i vandkvalitetsdata som for eksempel i forbindelse med et overvågningsprogram. Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Vandløbsøkologi forventer i løbet af næste år at udsende en faglig rapport, som vil give en gennemførlig beskrivelse af denne fordelingsfrie statistiske metode. Derfor vil beskrivelsen i dette kapitel ikke gå i detaljer, men blot give en kort beskrivelse af metoden og de nødvendige formler for beregning af teststørrelse samt estimat for størrelsen af udviklingstendensen.

En trendanalyse starter med et tidsserieplot, som viser alle målte data plottet mod tidspunktet for dataindsamlingen (se bilaget i denne rapport). Sådanne plot giver en ide om, der er udviklingstendenser, sæsonudsving og ekstreme værdier, som man bør kigge nærmere på.

Med hensyn til både total kvælstof og total fosfor er der en sammenhæng mellem den målte koncentration og vandføringen i vandløbet på måledagen. Sammenhængen kan modelleres ikke-parametrisk ved anvendelse af en robust kurve fitting procedure kaldet LOWESS (Locally Weighed Scatterplot Smoothing, Cleveland, 1979). I bilaget kan man se resultatet af LOWESS anvendt på total kvælstof og total fosfor for de 25 vandløb. Styrken og effektiviteten af testen for udviklingstendenser forbedres ved at fjerne effekten af vandføringen, som giver anledning til øget varians i tidsserien. Effekten af vandføringen er i denne rapport fjernet ved at udføre trendanalysen på residualerne fra den estimerede sammenhæng. Det vil sige på størrelserne

$$r = x - \hat{x}_{(LOWESS)},$$

hvor  $\hat{x}_{(LOWESS)}$  er den estimerede koncentration ved brug af LOWESS. Et tidsserieplot af residualerne kan nu vise om udviklingstendensen stadigvæk er til stede i de korrigerede koncentrationer (se bilaget for eksempler på disse tidsserieplots).

Analysemetoden kan kun operere med én måling for hver sæson (måned, kvartal, halvår, osv.) for hvert år, så derfor beregnes en gennemsnitlig værdi for de sæsoner, som har flere observationer. Lad nu  $r_{ij}$  betegne gennemsnittet af alle korrigerede målinger (det vil sige residualer) taget i år  $i$  og sæson  $j$ . Det antages, at der er målt i  $n$  år og  $p$  sæsoner, så  $i = 1, 2, \dots, n$  og  $j = 1, 2, \dots, p$ . I denne rapport er  $n$  typisk 15 og  $p = 12$ , det vil sige sæsoner er

de 12 kalendermåneder. Nogle af  $r_{ij}$ 'erne kan være manglende, hvis der ikke findes målinger i det pågældende år og sæson.

Analysen af udviklingstendenser udføres ved at teste nulhypotesen, som siger, at for hver af de  $p$  sæsoner, så er de  $n$  data tilfældigt ordnede. Nulhypotesen testes mod den alternative hypotese, hvor en eller flere sæsoner har en monoton (enten faldende eller stigende) udviklingstendens. Testen gennemføres ved at beregne følgende størrelser

$$S_g = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(r_{jg} - r_{ig})$$

for  $g = 1, 2, \dots, p$ , og hvor

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} 1, & x > 0 \\ 0, & x = 0. \\ -1, & x < 0 \end{cases}$$

Hvis  $r_{jg}$  og/eller  $r_{ig}$  er en manglende værdi, så er  $\text{sgn}(r_{jg} - r_{ig}) = 0$  per definition.

En samlet test for alle sæsoner konstrueres nu ved først at beregne

$$S = \sum_{g=1}^p S_g,$$

og

$$\text{var}(S) = \sum_{g=1}^p \text{var}(S_g) + \sum_{g,h:g \neq h} \text{cov}(S_g, S_h).$$

Variansen af  $S_g$  under nulhypotesen kan beregnes eksakt som

$$\text{var}(S_g) = \frac{n_g(n_g - 1)(2n_g + 5) - \sum_{j=1}^m t_j(t_j - 1)(2t_j + 5)}{18},$$

hvor  $n_g$  er antallet af ikke-manglende observationer for sæson  $g$ . I formelen for variansen af  $S_g$  er det antaget, at der forekommer grupper af observationer med helt ens værdier,  $m$  grupper i alt og i den  $j$ 'te gruppe er der  $t_j$  ens værdier. Ens værdier optræder typisk, når der er censorede observationer i tidsserien.

Det er ikke muligt under nulhypotesen at beregne kovariansen mellem  $S_g$  og  $S_h$  eksakt, men den kan estimeres ved (Hirsch og Slack, 1984)

$$\text{cov}(S_g, S_h) = \frac{K_{gh} + 4 \sum_{i=1}^n R_{ig} R_{ih} - n(n_g + 1)(n_h + 1)}{3},$$

hvor

$$K_{gh} = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}[(r_{jg} - r_{ig})(r_{jh} - r_{ih})],$$

og

$$R_{ig} = \frac{n_g + 1 + \sum_{j=1}^n \text{sgn}(r_{ig} - r_{jg})}{2}.$$

Her er  $R_{ig}$  rangen af  $x_{ig}$  blandt observationerne i sæson  $g$ , og alle manglende værdier får tildelt  $(n_g+1)/2$  som rang.

Man afgør om den samlede tendens er statistisk signifikant ved at beregne størrelsen  $Z$  defineret ved

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{(\text{var}(S))^{1/2}}, & S > 0 \\ 0, & S = 0 \\ \frac{S+1}{(\text{var}(S))^{1/2}}, & S < 0 \end{cases}.$$

En positiv  $Z$ -værdi betyder, at den samlede tendens er stigende, og for  $Z$  negativ drejer det sig om en faldende tendens. Både faldende og stigende tendenser er interessante, så nulhypotesen om tilfældigt ordnede observationer i alle sæsoner skal forkastes, hvis den numeriske værdi af  $Z$  er større end  $(\alpha/2)$ -fraktilen i normalfordelingen med middelværdi 0 og varians 1. Her står  $\alpha$  for signifikansniveauet, som typisk vil være 5%. Grunden til, at  $Z$  skal vurderes i en normalfordeling, er, at  $S$  under nulhypotesen er normalfordelt med middelværdi 0 og varians  $\text{var}(S)$  for  $n \rightarrow \infty$ . Approximationen til normalfordelingen, som anvendes i Kendall's sæsontest, fungerer bedst, når  $n \geq 10$ , det vil sige mere end 10 års data (Hirsch og Slack, 1984).

Udviklingstendensen i hver eneste sæson kan testes ved at beregne

$$Z_g = \begin{cases} \frac{S_g - 1}{(\text{var}(S_g))^{1/2}}, & S_g > 0 \\ 0, & S_g = 0 \\ \frac{S_g + 1}{(\text{var}(S_g))^{1/2}}, & S_g < 0 \end{cases}$$

Hypotesen om tilfældigt ordnede observationer i en given sæson forkastes, hvis den numeriske værdi af  $Z_g$  er større end  $(\alpha/2)$ -fraktilen i normalfordelingen med middelværdi 0 og varians 1.

Det er muligt at beregne et estimat for størrelsen af tendensen under antagelse af konstant udviklingstendens og målt som ændring per år. Hirsch et al. (1982) introducerede Kendall's sæsonhældningsestimator (kaldes nogle gange også for Sen's hældningsestimator), som beregnes på følgende måde. For alle par af observationer  $(r_{ij}, r_{kj})$  med  $j = 1, 2, \dots, p$  og  $1 \leq k < i \leq n$  beregnes

$$d_{ijk} = \frac{r_{ij} - r_{kj}}{i - k}$$

Hældningsestimatoren er så medianen af alle  $d_{ijk}$ -værdier og er robust, hvis tidsserien har seriel korrelation, sæsoneffekt og data ikke følger en normalfordeling (Hirsch et al., 1982). Et hældningsestimat for hver sæson for sig kan beregnes efter samme opskrift.

Et  $100(1 - \alpha)$  % konfidensinterval for hældningen fås ved at gennemgå følgende beregninger

- Vælg det ønskede konfidensniveau  $\alpha$  (enten 1, 5 eller 10 %) og anvend

$$Z_{1-\alpha/2} = \begin{cases} 2,576, & \alpha = 0,01 \\ 1,960, & \alpha = 0,05 \\ 1,645, & \alpha = 0,10 \end{cases}$$

i de følgende beregninger. Der er udelukkende anvendt et konfidensniveau på 5 % i denne rapport.

- Beregn

$$C_\alpha = Z_{1-\alpha/2} \cdot (\text{var}(S))^{1/2}$$

- Beregn

$$M_1 = \frac{N - C_\alpha}{2},$$

$$M_2 = \frac{N + C_\alpha}{2},$$

hvor

$$N = \frac{1}{2} \sum_{g=1}^p n_g (n_g - 1).$$

- Nedre og øvre konfidensgrænser er den  $M_1$ 'te største og  $(M_2 + 1)$ 'te største værdi af de  $N$  ordnede hældningsestimater  $d_{ijk}$ .

Homogeniteten af alle de enkelte sæson-trend-tests, testes ved at anvende en modificeret van Belle og Hughes homogenitetstest (1984). Testen er modificeret for forekomsten af seriel korrelation. En nærmere redegørelse for homogenitetstesten vil være i den planlagte faglige rapport fra Danmarks Miljøundersøgelser. Homogenitet er et udtryk for sæson-trends med samme fortegn og omtrent med samme teststørrelse. Den samlede sæson-trend-test ( $Z$ ) skal derfor tilægges mest vægt, hvis homogenitet kan accepteres.

Man skal ligeledes teste for udviklingstendenser i vandføringen på måledage, det vil sige de vandføringer, der indgår i LOWESS. Man anvender den samme statistiske metode bare med den forskel, at analysen foretages på de faktisk målte vandføringer. Hældningsestimater og tilhørende konfidensintervaller kan beregnes efter ovenstående principper. Forefindes der en trend i vandføringerne og en trend i korrigerede koncentrationer, så kan der være tale om klimabetingede ændringer i koncentrationerne og ikke udelukkende menneskeskabte ændringer.



## 4. Resultater

I dette kapitel gives en samlet oversigt over resultaterne af den statistiske trendanalyse af alle vandløbene. En gennemgang af resultaterne for hvert enkelt vandløb er givet i bilaget, hvor først trendtesten af kvælstofkoncentrationerne omtales, dernæst testen af fosfor og til sidst af vandføringerne på måledage. Derefter følger en tabel med de vigtigste teststørrelser og estimater fra alle tre tests. Bilaget indeholder desuden tidsseriefigurer for målte koncentrationer og for beregnede residualer samt af vandføringer og ligeledes grafer med LOWESS-kurverne. Ved alle tests i denne rapport anvendes 5 % som signifikansniveau.

Samlet set viser trendanalysen af de 25 vandløb, at vandføringskorrigerede koncentrationer af total kvælstof er stigende i perioden 1984-98 (tabel 4.1). I alt 22 vandløb har stigende koncentrationer, hvoraf de 13 er signifikante på et 5 %-niveau. I et vandløb (Halkær Å) er der et signifikant fald, og i Skærbæk ser man en tendens til fald. Alle udviklingstendenser er homogene imellem sæsoner på nær i 2 vandløb. Et typisk estimat for trenden er  $0,075 \text{ mg N l}^{-1} \text{ år}^{-1}$ , hvilket svarer til en stigning i koncentrationen på  $1,125 \text{ mg N l}^{-1}$  for hele perioden.

Tabel 4.1: Testresultater for vandføringskorrigerede koncentrationer af total kvælstof.

Vandløbsstation (DMU-nr.)	Periode	Homogenitet (test-%)	Testværdi (Z)	Testsandsyn- lighed (%)	Hædnings- estimat ( $\text{mg N l}^{-1} \text{ år}^{-1}$ )
070007	1984-98	11	2,03	4,2	0,072
090015	1984-98	13	3,21	0,13	0,069
090021	1984-98	31	2,29	2,2	0,069
100006	1984-98	98	-2,01	4,4	-0,035
100009	1984-98	68	2,61	0,90	0,058
100010	1984-98	25	2,56	1,0	0,055
100011	1984-98	56	2,49	1,3	0,097
100013	1984-98	11	1,83	6,8	0,106
100014	1984-98	86	3,50	0,05	0,073
100017	1984-98	48	0,924	36	0,021
110011	1984-98	21	2,02	4,3	0,062
130008	1984-98	91	3,65	0,03	0,106
130010	1984-98	44	2,02	4,4	0,032
140016	1984-98	79	3,06	0,22	0,085
160023	1984-98	~100	1,87	6,1	0,107
160024	1985-98	0,61	2,31	2,1	0,126
160157	1984-98	60	0,570	57	0,013
160168	1984-98	9,5	1,84	6,6	0,085
160207	1986-98	82	0,878	38	0,104
160221	1984-98	7,5	-1,80	7,2	-0,165
170007	1984-98	0,33	2,92	0,35	0,099
180077	1984-98	32	0,440	66	0,008
190012	1984-98	73	1,52	13	0,016
190016	1984-98	44	-0,269	79	-0,004
200024	1984-98	67	0,991	32	0,014



I alle 25 vandløb viser den gennemførte analyse faldende udviklingstendenser i de vandføringskorrigerede fosforkoncentrationer. Den negative trend er signifikant på et 5 %-niveau i hele 22 vandløb. I kun to vandløb er der ikke tale om homogene sæsontrends. Et typisk hældningsestimat er  $-0,006 \text{ mg P l}^{-1}$  og det er et fald på  $0,09 \text{ mg P l}^{-1}$  for hele den undersøgte periode. Et vandløb (Skærbæk) falder med  $0,78 \text{ mg P l}^{-1}$  i perioden.

Table 4.2: Testresultater for vandføringskorrigerede koncentrationer af total fosfor.

Vandløbsstation (DMU-nr.)	Periode	Homogenitet (test-%)	Testværdi (Z)	Testsandsynlighed (%)	Hældningsestimat ( $\text{mg P l}^{-1} \text{ år}^{-1}$ )
070007	1984-98	32	-2,06	3,9	-0,004
090015	1984-98	47	-2,44	1,5	-0,003
090021	1984-98	19	-2,75	0,59	-0,005
100006	1984-98	5,2	-3,11	0,19	-0,023
100009	1984-98	85	-2,38	1,7	-0,004
100010	1984-98	18	-1,33	18	-0,002
100011	1984-98	20	-2,85	0,43	-0,004
100013	1984-98	1,3	-2,44	1,5	-0,004
100014	1984-98	32	-2,50	1,3	-0,003
100017	1984-98	27	-3,38	0,07	-0,008
110011	1984-98	16	-2,58	0,98	-0,005
130008	1984-98	37	-3,12	0,18	-0,007
130010	1984-98	27	-3,37	0,08	-0,007
140016	1984-98	34	-2,07	3,8	-0,002
160023	1984-98	~100	-1,38	17	-0,004
160024	1985-98	61	-2,34	1,9	-0,006
160157	1984-98	2,0	-3,40	0,07	-0,007
160168	1984-98	~100	-2,85	0,43	-0,009
160207	1986-98	38	-1,36	17	0,002
160221	1984-98	~100	-2,66	0,79	-0,052
170007	1984-98	20	-2,93	0,34	-0,006
180077	1984-98	31	-2,90	0,37	-0,006
190012	1984-98	20	-2,11	3,5	-0,004
190016	1984-98	11	-2,34	2,0	-0,003
200024	1984-98	64	-2,60	0,94	-0,004

Ligeledes for vandføringer på måledage viser trendanalysen faldende værdier i alle de 25 undersøgte vandløb i perioden 1984-98. Trenden er signifikant i 14 af de 25 vandløb, samt homogene mellem sæsoner i hele 23 vandløb. Konsekvensen af de mange faldende tendenser i vandføringen for resultaterne af analyserne af kvælstof og fosfor omtales i næste kapitel.

Tabel 5.3: Testresultater for vandføringer på måledage.

Vandløbsstation (DMU-nr.)	Periode	Homogenitet (test-%)	Testværdi (Z)	Testsandsyn- lighed (%)	Hældnings estimat (l s <sup>-1</sup> år <sup>-1</sup> )
070007	1984-98	4,0	-2,48	1,3	-32
090015	1984-98	58	-1,31	19	-6,6
090021	1984-98	26	-1,68	9,4	-22
100006	1984-98	84	-2,54	1,1	-11
100009	1984-98	43	-2,60	0,94	-24
100010	1984-98	22	-2,10	3,6	-21
100011	1984-98	44	-0,595	55	-1,2
100013	1984-98	71	-2,45	1,4	-13
100014	1984-98	87	-2,82	0,48	-26
100017	1984-98	2,1	-1,77	7,7	-5,6
110011	1984-98	27	-2,32	2,1	-66
130008	1984-98	80	-1,98	4,8	-18
130010	1984-98	54	-2,45	1,4	-29
140016	1984-98	47	-1,17	24	-35
160023	1984-98	~100	-1,75	8,0	-3,8
160024	1984-98	6,0	-2,62	0,87	-9
160157	1984-98	24	-0,900	37	-5,7
160168	1984-98	~100	-1,48	14	-2,7
160207	1984-98	99	-1,66	9,6	-9,8
160221	1984-98	~100	-0,997	32	-3,8
170007	1984-98	35	-2,50	1,2	-48
180077	1984-98	31	-1,74	8,2	-63
190012	1984-98	34	-2,81	0,50	-33
190016	1984-98	9,1	-2,84	0,46	-15
200024	1984-98	18	-2,53	1,1	-146

Typisk er vandføringen faldet med 600 l s<sup>-1</sup> for hele perioden. I Karup Å er vandføringen faldet med hele 2/90 l s<sup>-1</sup> i perioden.



## 5. Diskussion og konklusion

I de seneste 10 år er der gennemført en række tiltag for at reducere næringsstofudvaskningen fra landbruget. Det er blandt andet krav om en ændret dyrkningspraksis og opstilling af gødningsregnskaber (Miljøstyrelsen, 1999). Men på trods af dette er Limfjordens tilstand stadigvæk for dårlig med tilbagevendende iltsvind.

Trendanalysen, som er gennemført i denne rapport, viser, at vandføringskorrigerede koncentrationer af kvælstof i 25 vandløb med udløb i Limfjorden generelt er stigende i perioden 1984-98 (se tabel 4.1). I et vandløb (Halkær Å) er der et signifikant fald i koncentrationerne af kvælstof, og faldet skyldes betydelige reduktioner i belastningen fra punktkilder. Udledningen af kvælstof fra punktkilder i Limfjordsoplandene er blevet mindre i perioden 1984-98 (Nordjyllands Amt, 1999). Men fordi bidraget fra det åbne land er den overvejende kilde til kvælstoftransporten i de øvrige vandløb, så er denne reduktion kun af ringe betydning.

Danmarks Miljøundersøgelser har på tilsvarende vis udført en trendanalyse af kvælstof- og fosforkoncentrationer i 11 vandløb, der strømmer til Mariager Fjord (Larsen, 1998). Analysen blev udført i 1998 på foranledning af Nordjyllands og Århus Amter og med data fra perioden 1984-96 for hovedparten af vandløbene. I 10 af de 11 vandløb stiger de korrigerede kvælstofkoncentrationer, og stigningen er statistisk signifikant (5 %-niveau) i 5 af de 10. I et vandløb, som er Hodal Bæk falder de korrigerede koncentrationer signifikant.

Kendall's sæson-test er ligeledes anvendt i Danmarks Miljøundersøgelses seneste rapport om overvågningen af de ferske vandområder (Bøgestrand (red.), 1999). Resultaterne viste faldende vandføringskorrigerede koncentrationer af total kvælstof i de fleste danske overvågningsvandløb siden 1989 (Iversen *et al.*, 1999). De mest markante fald er fundet i tidligere spildevandsbelastede vandløb. Kun få vandløb, som afvander dyrkede oplande, har et signifikant fald, og der er en tendens til, at dyrkningspåvirkede vandløb i det nordvestlige Danmark har stigende kvælstofkoncentrationer. Dette er i overensstemmelse med resultaterne af analyserne af de 25 vandløb, der har udløb i Limfjorden.

Som allerede nævnt er belastningen til Limfjorden med kvælstof fra punktkilder faldet betydeligt i den undersøgte periode. Både rensningsanlæggene og dambrugene opfylder nu recipientkvalitetsplanen (Nordjyllands Amt, 1999). Derimod er belastningen til Limfjorden fra det åbne land (de diffuse kilder - landbrug, natur og spredt bebyggelse) ikke faldet i samme periode (Nordjyllands Amt, 1999). Den samlede tilførsel af kvælstof til Limfjorden var i 1984 på 22.063 tons, hvoraf punktkilder tegnede sig for de 3.060 tons. I 1998 var tilførslen i alt 17.514 tons med et punktkildebidrag på 1.159 tons. Det største bidrag af kvælstof til Limfjorden i perioden 1984-98 stammer fra landbruget, og bidraget har ikke ændret sig størrelsesmæssigt i den undersøgte periode, når man korrigerer for ferskvandsafstrømningen (se figur 9.5 i Nordjyllands Amt, 1999).

Hovedkilden til belastning med kvælstof af de danske kystafsnit er de diffuse kilder (Svendsen *et al.*, 1999). Der har været et signifikant fald i de samlede udledninger af kvælstof

stof via vandløb og direkte udledninger i perioden 1989-98 til de danske marine kystafsnit. Den diffuse tilførsel af kvælstof i tilsvarende periode viste ikke nogen signifikant udviklingstendens, så faldet i den samlede tilførsel kan tilskrives reduktioner i udledningen af kvælstof fra spildevand (Svendsen *et al.*, 1999). Kvælstoftilførslen til hver af de ni 1. ordens kystafsnit fra diffuse kilder viste heller ikke nogle signifikante udviklingstendenser (Svendsen *et al.*, 1999).

Modelberegninger har vist, at udvaskningen af kvælstof fra rodzonen er faldet med ca. 25 %, når de ændringer i dyrkningspraksis, der har været foretaget, er slået fuldt igennem (Grant *et al.*, 1999). Beregningerne er foretaget under normalklima. Den primære årsag til reduktionen er en bedre udnyttelse af gødningen i de oplande, som indgår i Landovervågningen.

Det markante fald i rodzoneudvaskningen kan kun måles som et signifikant fald i kvælstofkoncentrationen i få danske vandløb, om end der i ca. 60 % af vandløbene er en tendens til fald (Iversen *et al.*, 1999). I oplandet til Limfjorden viser vandløbene som nævnt en generelt stigende koncentration. Der kan være flere årsager til, at man ikke ser et fald i kvælstofbelastningen af Limfjorden. En mulig forklaring er, at husdyrtrykket er større i amterne omkring Limfjorden end i resten af landet. Risikoen for udvaskning af kvælstof fra husdyrgødning er større end for handelsgødning på grund af problemerne med håndtering og fordi husdyrgødningen er længere tid om at blive omsat i jorden. Den væsentligste årsag er dog sandsynligvis, at sandjorde er den dominerende jordtype i oplandet til Limfjorden. Det betyder, at hovedparten (ofte 70-80 %) af nedbøren først siver til grundvandet, før det når frem til vandløbet. En mindre udvaskning af kvælstof fra landbrugsjorden vil derfor kun have en lille umiddelbar effekt, mens den fulde effekt først kan måles med en væsentlig forsinkelse.

Den gennemførte trendanalyse af korrigerede fosforkoncentrationer giver som resultat faldende koncentrationer i alle de 25 undersøgte vandløb (tabel 4.2). Årsagen til det generelle fald skal findes i en forbedret rensning af spildevand fra rensningsanlæggene, mindre belastning fra dambrug eller helt fjernelse af punktkilderne.

Tilsvarende viste trendanalysen af de 11 vandløb, der strømmer til Mariager Fjord, faldende vandløbskorrigerede fosforkoncentrationer i alle vandløbene. I 10 vandløb var reduktionerne signifikante på et 5 %-niveau.

Resultaterne af trendanalysen af overvågningsvandløbene viste markante fald i vandføringskorrigerede fosforkoncentrationer for spildevandspåvirkede vandløb i perioden 1989-98 (Laubel *et al.*, 1999). Ligeledes ser man et fald i koncentrationer af fosfor for dyrkningspåvirkede vandløb uden betydende punktkilder. Dog viser nogle nordjyske overvågningsvandløb stigende fosforkoncentrationer i perioden 1989-98. Det er i modstrid med resultaterne af analysen i denne rapport, hvor vandløbene er analyseret i perioden 1984-98. Regionale planer i de nordjyske amter har bevirket, at belastningen med fosfor fra spildevand var bragt betydeligt ned allerede i 1989 og har været mere eller mindre konstant siden.

Belastningen af Limfjorden med fosfor er faldet fra 1.246 tons i 1984 til 409 tons i 1998 (Nordjyllands Amt, 1999). I 1984 var punktkildernes andel 805 tons mod kun 136 tons i 1998. Recipientkvalitetsplanen er således opfyldt for både rensningsanlæg og dambrug. Bidraget fra spildevand nåede allerede i 1989-90 et konstant niveau (Nordjyllands Amt, 1999). Den diffuse belastning af Limfjorden er faldet i perioden 1984-89, hvorefter den har været mere eller mindre konstant, når der korrigeres for ferskvandsafstrømningen (se figur 9.5 i Nordjyllands Amt, 1999).

Tilførslen af fosfor via vandløb og direkte udledninger til de danske marine kystafsnit er faldet signifikant i perioden 1989-98 (Svendsen *et al.*, 1999). Årsagen til det konstaterede fald er et fald i udledningen af fosfor fra spildevand, det vil sige en forbedret spildevandrensning, idet den diffuse tilførsel ikke har nogen udviklingstendens.

Med hensyn til trendanalysen af vandføringer på måledage viste det sig, at alle vandløb havde faldende vandføringer (tabel 4.3). Den negative trend er signifikant på et 5 %-niveau i 14 vandløb.

Testresultater fra Mariager Fjordanalyse viste fald i vandføringen i 9 ud af 11 vandløb, og faldet var signifikant i et vandløb. I ingen af de to vandløb med stigninger var trenden signifikant.

Der er kun fundet signifikante ændringer i vandføringen i 4 af alle overvågningsoplandene i perioden 1989-98 (Iversen *et al.*, 1999). Der var tale om et fald i 3 vandløb og en stigning i et vandløb.

I den undersøgte periode (1984-98) har den totale ferskvandsafstrømning til Limfjorden været faldende (Nordjyllands Amt, 1999). Den samlede ferskvandsafstrømning til de danske kystafsnit er faldet i perioden 1989-98 (Svendsen *et al.*, 1999). Men faldet er ikke signifikant.

Den reducerede vandføring som generelt er fundet i de nordjyske vandløb skyldes sandsynligvis en reduceret grundvandsstand og dermed en mindre tilførsel af grundvand. Derved kan koncentrationen i vandløbsvandet stige, fordi koncentrationen i grundvandet generelt er mindre. For de 14 vandløb med signifikante negative trends i vandføringen kan man ikke udelukke at klimaet er skyld i de fundne trends i de korrigerede næringsstofkoncentrationer. Med hensyn til de resterende 11 vandløb, kan trends i korrigerede koncentrationer mere sikkert fortolkes som menneskeskabte, og man kan bemærke, at for vandløbene Romdrup Å og Lindenberg Å er de vandføringskorrigerede kvælstofkoncentrationer signifikant stigende, selvom vandføringen ikke falder signifikant.

Resultaterne af trendanalysen af vandkvaliteten i de 25 vandløb med udløb i Limfjorden viste, at fosforkoncentrationerne er faldet betydeligt, hvorimod kvælstofindholdet i vandløbsvandet ikke er faldet i perioden 1984-98. En vintersæson med meget nedbør vil medføre en stor udvaskning og følgende en stor kvælstofbelastning af Limfjorden. En efterfølgende varm sommer med stille vejr øger risikoen for et omfattende iltsvind i fjorden.

Limfjorden havde omfattende iltsvind i sommeren 1999. Derimod var iltsvindet ikke så omfangsrigt i sommeren 1998, som var kold og blæsende.

Konklusionen er, at det endnu ikke er muligt at måle en reduktion i kvælstofudvaskningen fra landbrugsarealerne i vandløbene rundt om Limfjorden. Derfor vil Limfjorden stadigvæk have mere eller mindre udbredt iltsvind i varme somre, hvor den foregående vinter var nedbørsrig. Kun en mindre belastning af kvælstof fra landbaserede kilder (det åbne land) og en mindre deposition af kvælstof fra luften kan forbedre fjordens tilstand. Den atmosfæriske deposition af kvælstof er dog en langt mindre kilde end de landbaserede kilder.

Derimod er der sket væsentlige fald i næringsstofbelastningen fra punktkilder til de danske marine kystafsnit, og punktkilderne opfylder i dag VMP-kravet (Svendsen *et al.*, 1999) på grund af den forbedrede rensning. Den diffuse belastning (fra det åbne land) er derfor blevet af større betydning. Ligeledes er næringsstofbelastningen fra punktkilder til Limfjorden faldet betydeligt i perioden 1984-98, og recipientkvalitetsplanen er opfyldt hvad angår punktkilder (Nordjyllands amt, 1999).

## 6. Referencer

- Borum, J., Geertz-Hansen, O., Sand-Jensen, K. & Wium Andersen, S. (1990):* Eutrofiering - effekter på marine primærproducenter. NPO-forskning for Miljøstyrelsen, C3. 56 s.
- Bøgestrand, J. (red.), 1999:* Vandløb og kilder 1998. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 132 s. Faglig rapport fra DMU nr. 292.
- Cleveland, W. S. (1979):* Robust locally weighted regression and smoothing scatterplots. *Journal of American Statistical Association*, 74, 829-836.
- Grant, R., Paulsen, I., Andersen, H.E., Laubel, A.R., Jørgensen, J.O., Jensen, P.G., Pedersen, M. & Rasmussen, P. (1999):* Landovervågningsoplande 1998. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 154 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 293.
- Hirsch, R. M. & Slack, J. R. (1984):* A Nonparametric Trend Test for Seasonal Data with Serial Dependence. *Water Resources Research* 20(6), 727-732.
- 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.
- Iversen, H.L., Kronvang, B. & Larsen, S.E. (1999):* Kvælstof. I : Bøgestrand, J. (ed.): Vandløb og kilder 1998. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 132 s. Faglig rapport fra DMU nr. 292.
- Kronvang, B., Hoffmann, C.C., Iversen, T.M., Jensen, J.J., Larsen, S.E., Platou, S.W. & Skov, E. (1994):* Kvælstoftilførsel til Limfjorden. Tema-rapport fra DMU, 1/1994.
- Kaas, H., Moestrup, Ø., Larsen, J. & Henriksen, P. (1999):* Giftige alger og algeopblomstringer. Tema-rapport fra DMU, 27/1999.
- Larsen, S. E. (1998):* Trendanalyse af kvælstof- og fosforkoncentrationer i vandløb der strømmer til Mariager Fjord. Upubliceret notat. Afdeling for Vandløbsøkologi. Danmarks Miljøundersøgelser.
- Laubel, A.R., Iversen, H.L., Larsen, S.E. & Bøgestrand, J (1999):* Fosfor. I : Bøgestrand, J. (ed.): Vandløb og kilder 1998. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 132 s. Faglig rapport fra DMU nr. 292.
- Markager, S., Nielsen, T.G., Carstensen, J., Conley, D., Dahl, K., Hansen, J., Henriksen, P., Josefson, A., Larsen, M.M., Pedersen, B., Rasmussen, B., Strand, J., Ærtebjerg, G., Fossing, H., Lauersten, J.S., Hertel, O., Skov, H., Svendsen, L.M., Cleemann, M. & Pritzl, G. (1999):* Marine områder. Status over miljøtilstanden i 1998. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 164 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 290.



*Miljøstyrelsen (1999): Vandmiljø – 99 Status for vandmiljøets tilstand i Danmrk. Redegørelse Nr. 1. Fortrykt udgave.*

*Møhlenberg, F. (1999): Effect of meteorology and nutrient load on oxygen depletion in a Danish micro-tidal estuary. Aquat. Ecol. 33: 55-64.*

*Nordjyllands Amt (1999): Vandmiljøovervågning. Vandløb og kilder i Nordjyllands Amt 1998.*

*Svendsen, L.M., Kronvang, B. & Larsen, S.E. (1999): Vand- og stoftilførsler med ferskvand til marine kystafsnit. I: Bøgestrand, J. (ed.): Vandløb og kilder 1998. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 132 s. Faglig rapport fra DMU nr. 292.*

*van Belle, G. & Hughes, J. P. (1984): Nonparametric Tests for Trend in Water Quality. Water Resources Research 20(1), 127-136.*

*Århus & Nordjyllands amt (1998): Mariager Fjord. Udvikling og status 1997.*

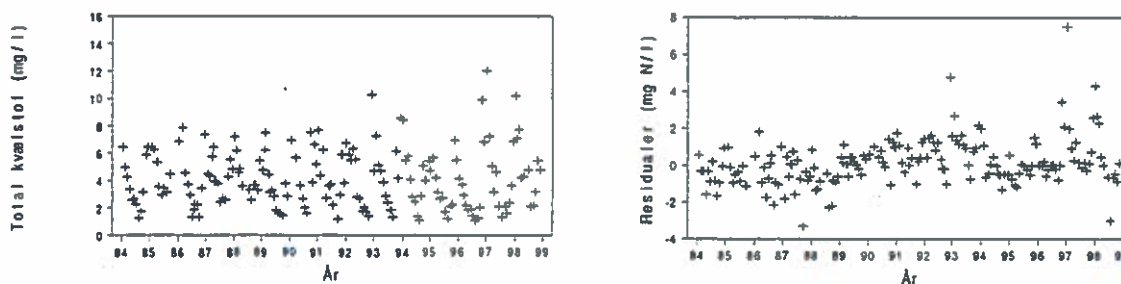
## Bilag

Bilaget indeholder for samtlige 25 vandløb en beskrivelse af trendanalysen af koncentrationer af total kvælstof, total fosfor samt af vandføringer på måledage. Ligeledes er der figurer med tidsserieplots af målte og vandføringskorrigerede koncentrationer og af vandføringerne samt LOWESS-kurver, som viser sammenhængen mellem vandføringer og koncentrationer.

## Lindholm Å, Voerbjerg:

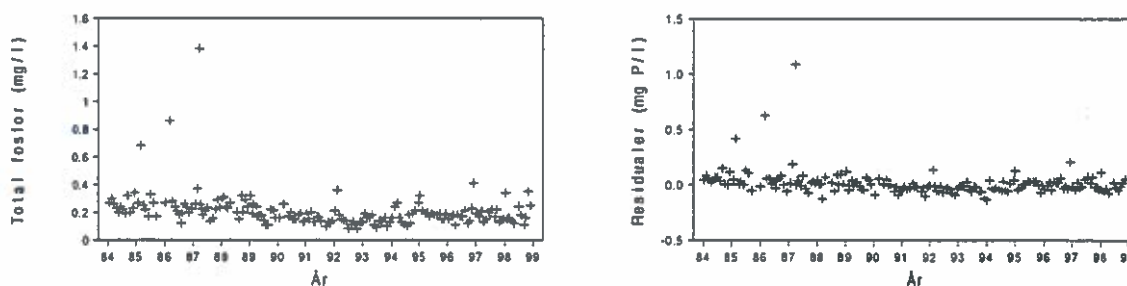
Vandføringskorrigerede koncentrationer af total kvælstof har været stigende til og med 1993, derefter har de været konstante på et lidt lavere niveau (figur 1). For hele perioden er der en signifikant stigning ( $P=4,3\%$ ) og med en estimeret hældning på  $0,0072\text{ mg l}^{-1}\text{ år}^{-1}$ . Trenden testes til at være homogen mellem de 12 sæsoner.

Figur 1: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total kvælstof.



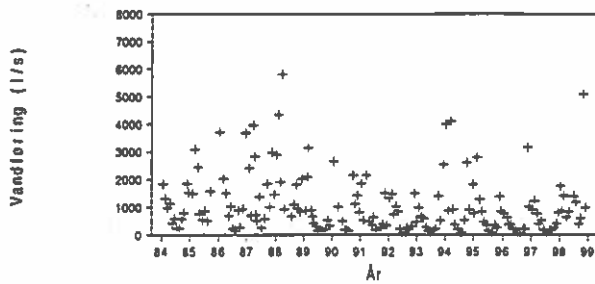
Korrigerede fosforkoncentrationer falder i den analyserede periode med det største fald i 1984-89 (figur 2). Testsandsynligheden for hele perioden er  $3,9\%$  og med et hældningsestimat på  $-0,004\text{ mg l}^{-1}\text{ år}^{-1}$ . Hypotesen om homogene trends i sæsonerne kan accepteres.

Figur 2: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total fosfor.



Vandføringen på måledage har været svagt faldende i den analyserede periode (figur 3). Kendall's sæsontest giver en teststørrelse på  $-2,48$ , som er signifikant på  $5\%$ -niveau ( $P=1,3\%$ ). Hældningen kan estimeres til  $-32\text{ l s}^{-1}\text{ år}^{-1}$ , hvilket svarer til  $-0,21\text{ l s}^{-1}\text{ km}^2\text{ år}^{-1}$ . De enkelte månedsteststørrelser er ikke homogene ( $P=4,0\%$ ), idet testen for oktober måned viser en stigende tendens mod faldende tendenser i de resterende kalender måneder.

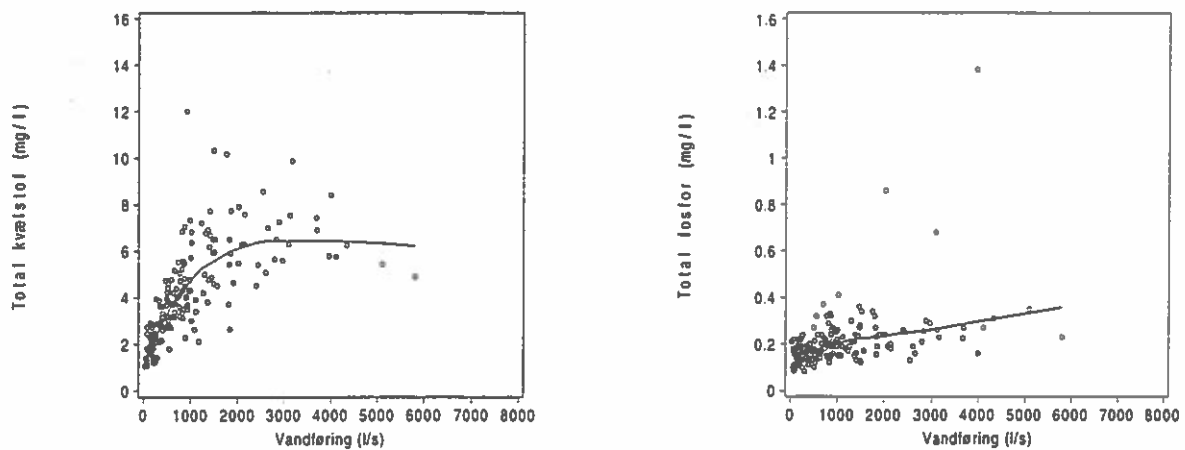
Figur 3: Tidsserieplot af vandføringen på måledage.



Tabel 1: Testresultater samt hældningsestimater med 95 %-konfidensintervaller.

Testvariabel	Homogenitetstest	Testsandsynlighed (%)	Testværdi (Z)	Testsandsynlighed (%)	Estimat for hældning	95 %-konfidensinterval for hældning
Vandføring	20,4	4,0	-2,48	1,3	-32	[-75;-6,7]
Kvælstof	17,0	11	2,03	4,3	0,072	[0,006;0,153]
Fosfor	12,6	32	-2,06	3,9	-0,004	[-0,008;-0,0003]

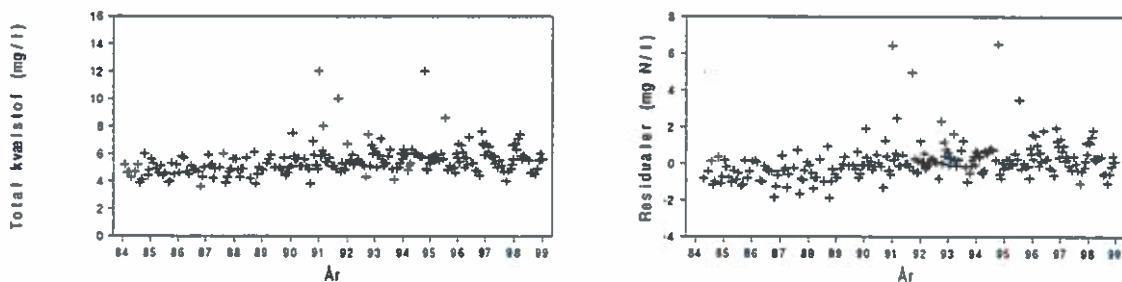
Figur 4: LOWESS-kurver for koncentrationer af total kvælstof og total fosfor.



## Storå, Kåstrup:

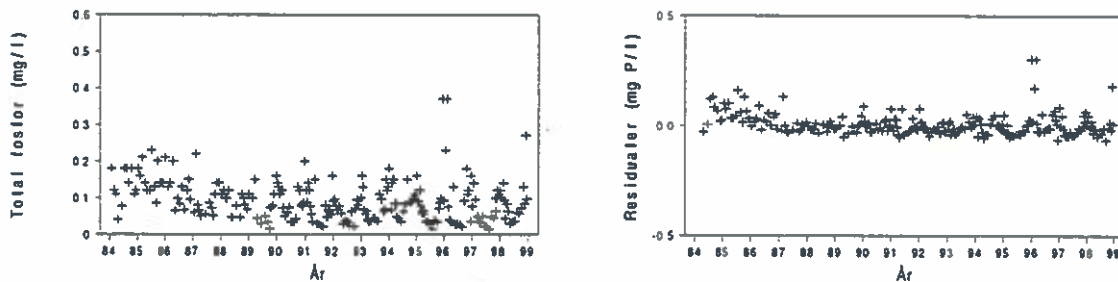
For kvælstof er de korrigerede koncentrationer stærkt stigende i hele perioden ( $P=0,13\%$ , se figur 5). Hældningen estimeres til  $0,069 \text{ mg l}^{-1} \text{ år}^{-1}$ . Der er homogenitet mellem trenden i de 12 kalendermåneder.

Figur 5: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total kvælstof.



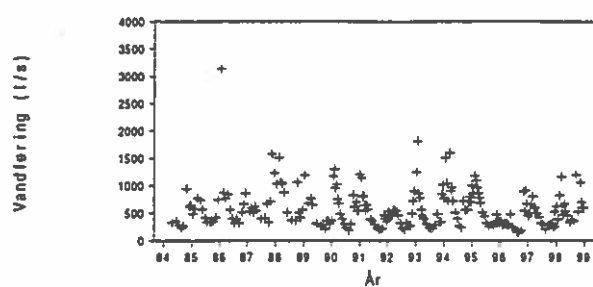
Det største fald i korrigerede fosforkoncentrationer ses først i den analyserede periode (figur 6). For hele perioden er der et signifikant fald ( $P=1,5\%$ ) på en estimeret værdi af  $-0,003 \text{ mg l}^{-1} \text{ år}^{-1}$ . Igen er de enkelte sæsonrends homogene.

Figur 6: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total fosfor.



Kendall's sæsontest viser et ikke signifikant fald i vandføringen på måledage (figur 7). Dog var der homogenitet mellem de enkelte sæsonrends.

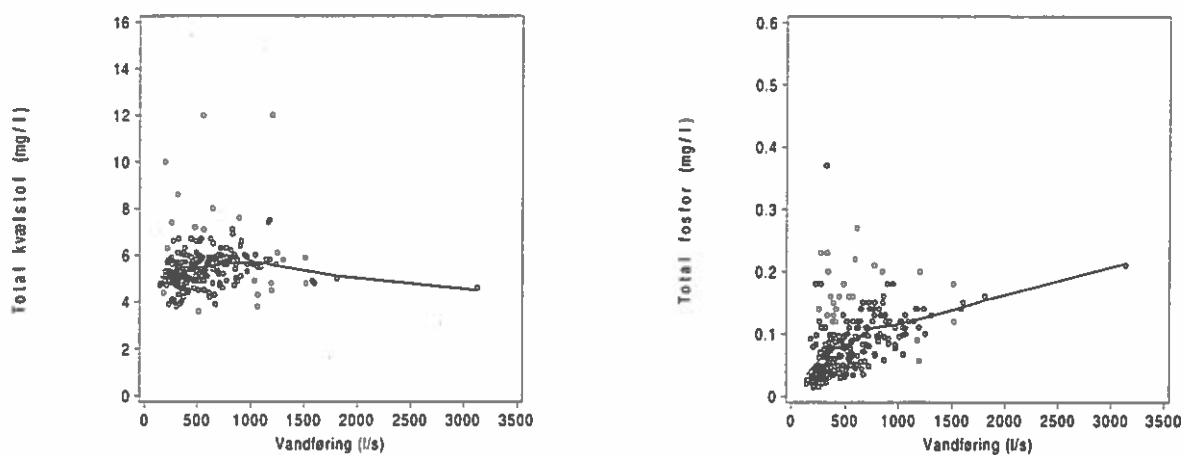
Figur 7: Tidsserieplot af vandføringen på måledage.



Tabel 2: Testresultater samt hældningsestimater med 95 %-konfidensintervaller.

Testvariabel	Homogenitetstest	Testsandsynlighed (%)	Testværdi (Z)	Testsandsynlighed (%)	Estimat for hældning	95 %-konfidensinterval for hældning
Vandføring	9,42	58	-1,31	19	-6,6	[-17;2,7]
Kvælstof	16,4	13	3,21	0,13	0,069	[0,035;0,109]
Fosfor	10,7	47	-2,44	1,5	-0,003	[-0,005;-0,0007]

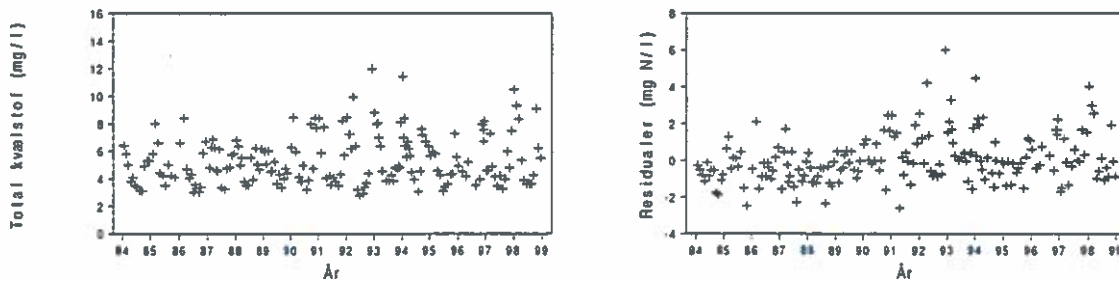
Figur 8: LOWESS-kurver for koncentrationer af total kvælstof og total fosfor.



## Tranum Å, Oland-Tranum Pumpestation:

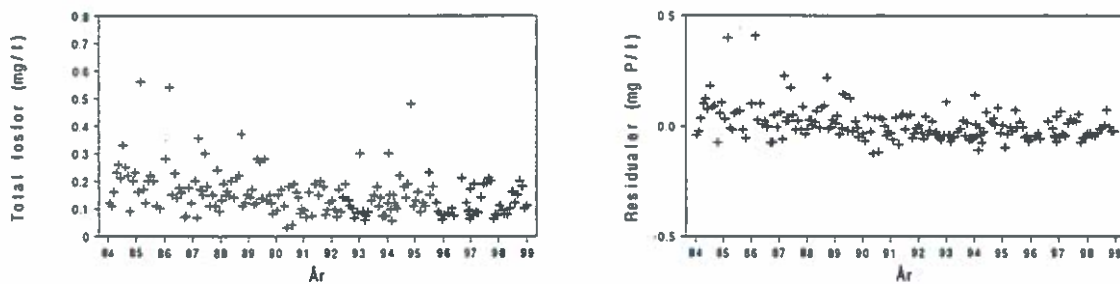
Homogenitetstesten for alle de tre testvariable giver homogene sæsonrends. Med hensyn til korrigerede total kvælstofkoncentrationer er der en stigning gennem hele perioden (figur 9). Udviklingstendensen er signifikant ( $P=2,2\%$ ) og estimeres til  $0,069\text{ mg l}^{-1}\text{ år}^{-1}$ .

Figur 9: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total kvælstof.



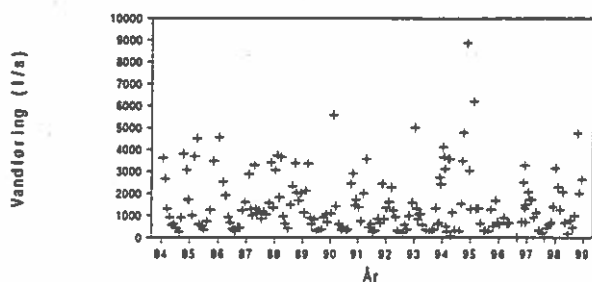
Vandføringskorrigerede total fosforkoncentrationer er faldet signifikant ( $P=0,59\%$ ) i perioden og igen med det største fald først i perioden (figur 10). Faldet estimeres til  $-0,005\text{ mg l}^{-1}\text{ år}^{-1}$ .

Figur 10: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total fosfor.



Igen ser man et fald i vandføringen i den analyserede periode, men faldet er ikke signifikant på et 5 %-niveau.

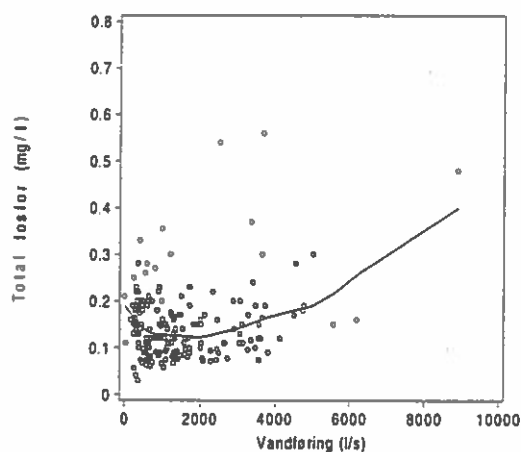
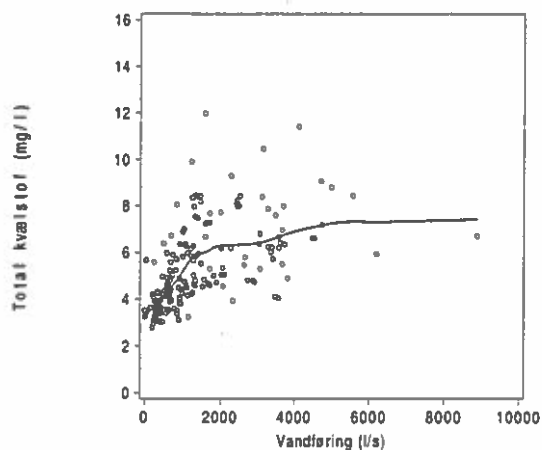
Figur 11: Tidsserieplot af vandføringen på måledage.



Tabel 3: Testresultater samt hædningsestimater med 95 %-konfidensintervaller.

Testvariabel	Homogenitetstest	Testsandsynlighed (%)	Testværdi (Z)	Testsandsynlighed (%)	Estimat for hædning	95 %-konfidensinterval for hædning
Vandføring	13,5	26	-1,68	9,4	-22	[-50;3,0]
Kvælstof	12,7	31	2,29	2,2	0,069	[0,012;0,141]
Fosfor	14,9	19	-2,75	0,59	-0,005	[-0,007;-0,001]

Figur 12: LOWESS-kurver for koncentrationer af total kvælstof og total fosfor.

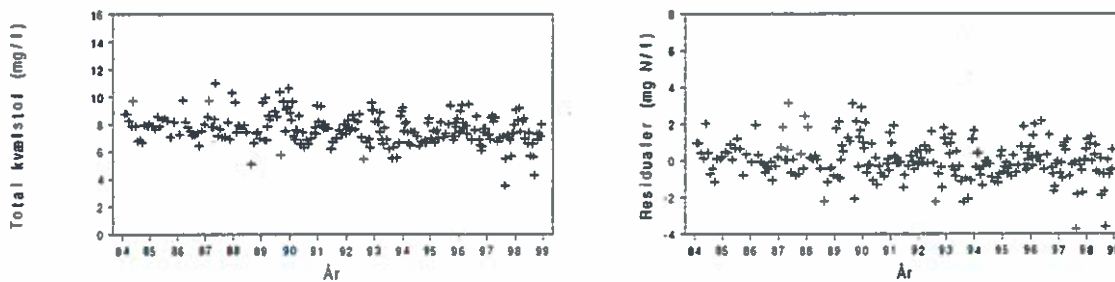




## Halkær Å, V. Ågard:

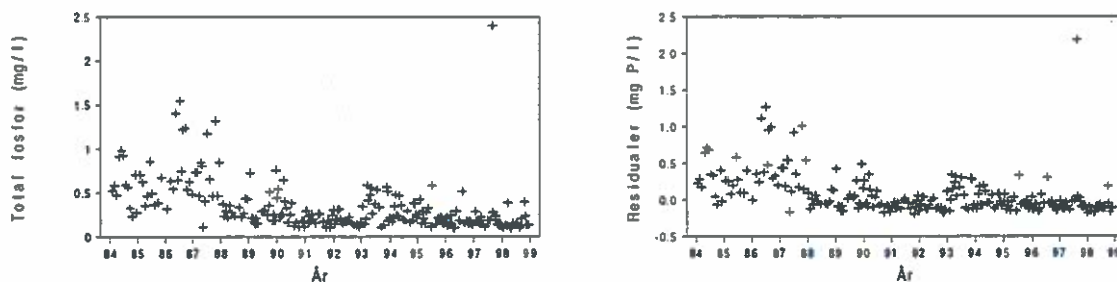
Dette vandløb har som det eneste af de 25 været spildevandsbelastet i den undersøgte periode. Derfor ser man faldende korrigerede koncentrationer både for total kvælstof (figur 13) og for total fosfor (figur 4.11). Reduktionen i fosfor er betydelig og fandt primært sted først i perioden. For kvælstof er faldet signifikant ( $P=4,4\%$ ) og homogent imellem sæsoner. Trenden estimeres til  $-0,035\text{ mg l}^{-1}\text{ år}^{-1}$ .

Figur 13: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total kvælstof.



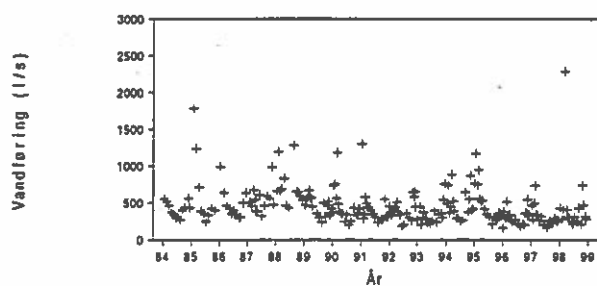
Faldet i fosforindholdet er ligeledes signifikant ( $P=0,19\%$ ) og estimeres til  $-0,022\text{ mg l}^{-1}\text{ år}^{-1}$ . Trends i de 12 sæsoner kan kun lige testes homogene ( $P=5,2\%$ ).

Figur 14: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total fosfor.



Analysen viste et signifikant ( $P=1,1\%$ ) fald i vandføringerne (figur 4.12). Hældningen kan estimeres til  $-11\text{ l s}^{-1}\text{ år}^{-1}$ , hvilket svarer til  $-0,26\text{ l s}^{-1}\text{ km}^{-2}\text{ år}^{-1}$ . Homogenitetstesten viser, at udviklingstendenser i de 12 sæsoner er homogene.

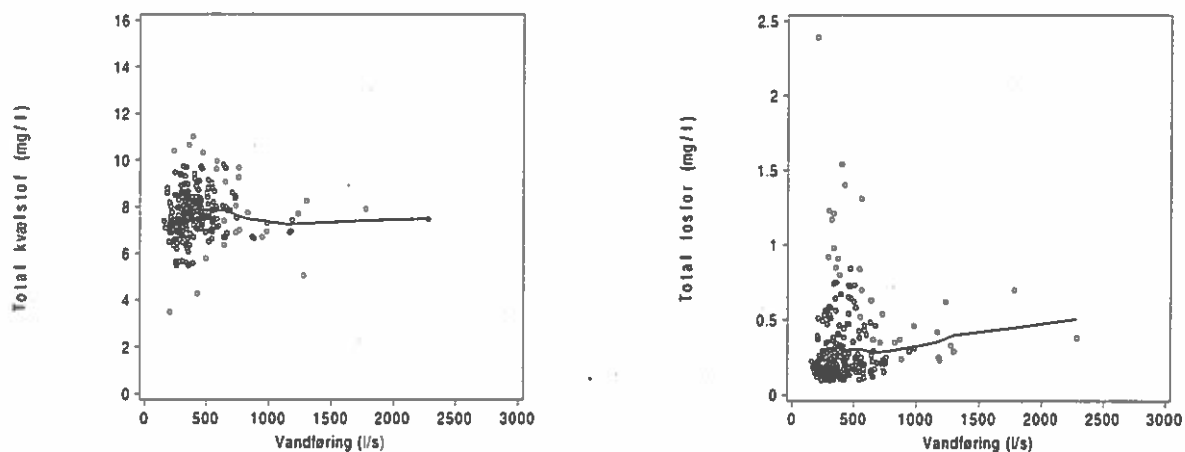
Figur 15: Tidsserieplot af vandføringen på måledage .



Tabel 4: Testresultater samt hældningsestimater med 95 %-konfidensintervaller.

Testvariabel	Homogenitetstest	Testsandsynlighed (%)	Testværdi (Z)	Testsandsynlighed (%)	Estimat for hældning	95 %-konfidensinterval for hældning
Vandføring	6,44	84	-2,54	1,1	-11	[-21;-2,0]
Kvælstof	3,71	98	-2,01	4,4	-0,035	[-0,072;-0,002]
Fosfor	19,5	5,2	-3,11	0,19	-0,022	[-0,039;-0,008]

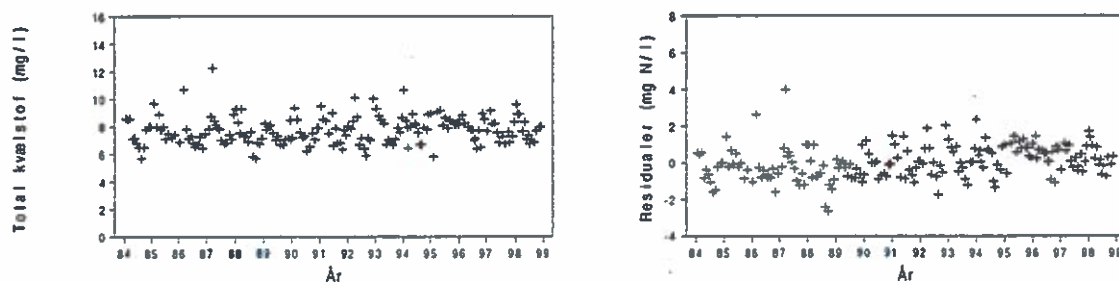
Figur 16: LOWESS-kurver for koncentrationer af total kvælstof og total fosfor.



## Herreds Å, Vegger Bro:

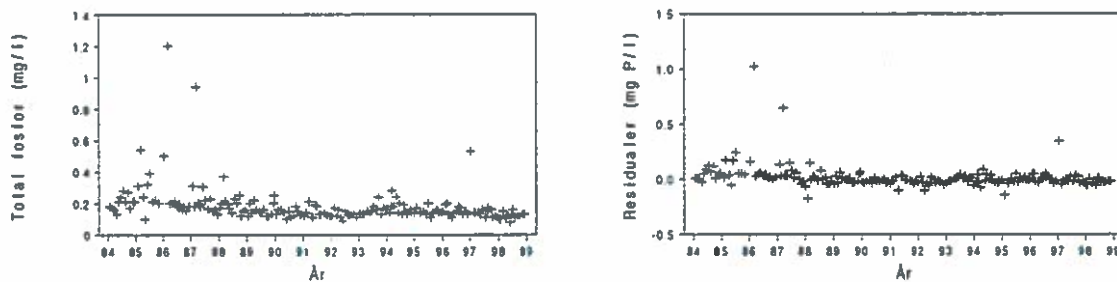
De vandføringskorrigerede koncentrationer af total kvælstof har været jævnt og signifikant ( $P=0,90\%$ ) stigende igennem hele perioden (figur 17). Sæsonrends er homogene, og den samlede udviklingstendens estimeres til at være  $0,058 \text{ mg l}^{-1} \text{ år}^{-1}$ .

Figur 17: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total kvælstof.



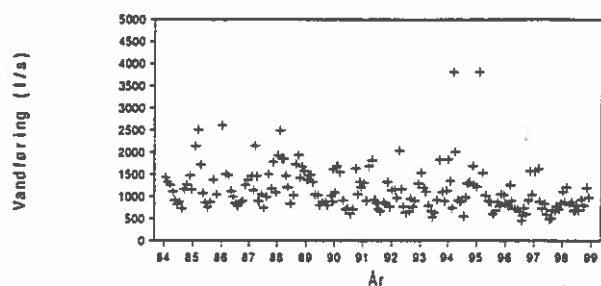
For fosfor er de korrigerede koncentrationer faldet først i perioden (figur 18). Samlet set er faldet signifikant over hele perioden ( $P=1,7\%$ ) og estimeres til  $-0,004 \text{ mg l}^{-1} \text{ år}^{-1}$ . Trends er homogene blandt sæsoner.

Figur 18: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af fosfor.



Også for dette vandløb ser man signifikant ( $P=0,94\%$ ) faldende vandføringer (figur 19). Faldet er homogent mellem sæsoner og kan estimeres til  $-24 \text{ l s}^{-1} \text{ år}^{-1}$ , som svarer til  $-0,22 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2} \text{ år}^{-1}$ .

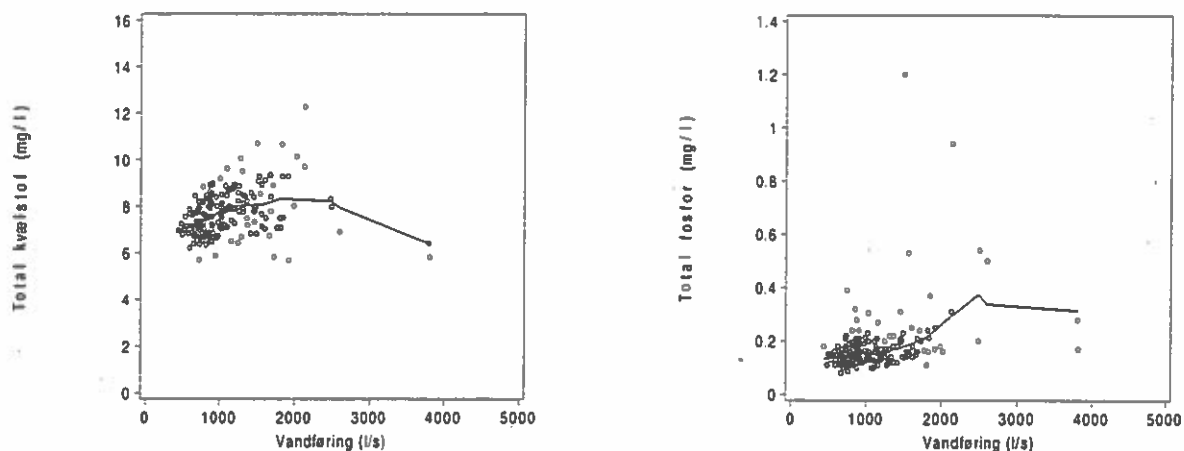
Figur 19: Tidsserieplot af vandføringen på måledage.



Tabel 5: Testresultater samt hældningsestimater med 95 %-konfidensintervaller.

Testvariabel	Homogenitetstest	Testsandsynlighed (%)	Testværdi (Z)	Testsandsynlighed (%)	Estimat for hældning	95 %-konfidensinterval for hældning
Vandføring	11,2	43	-2,60	0,94	-24	[-42;-6,6]
Kvælstof	8,35	68	2,61	0,90	0,058	[0,015;0,100]
Fosfor	6,38	85	-2,38	1,7	-0,004	[-0,007;-0,0009]

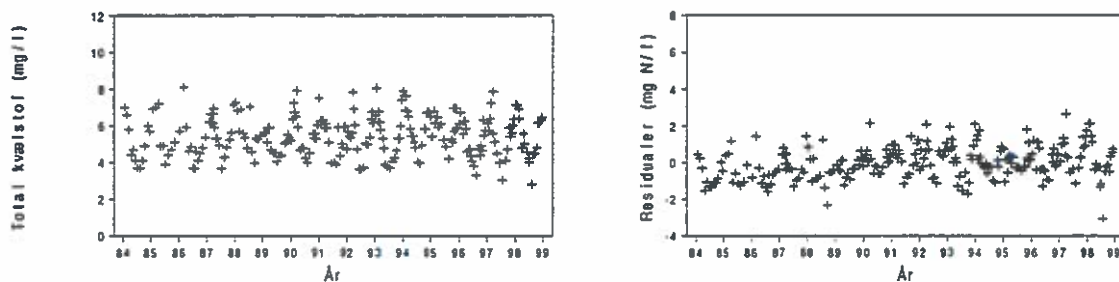
Figur 20: LOWESS-kurver for koncentrationer af total kvælstof og total fosfor.



## Kærs Mølle Å, OS Indkildestrømmen:

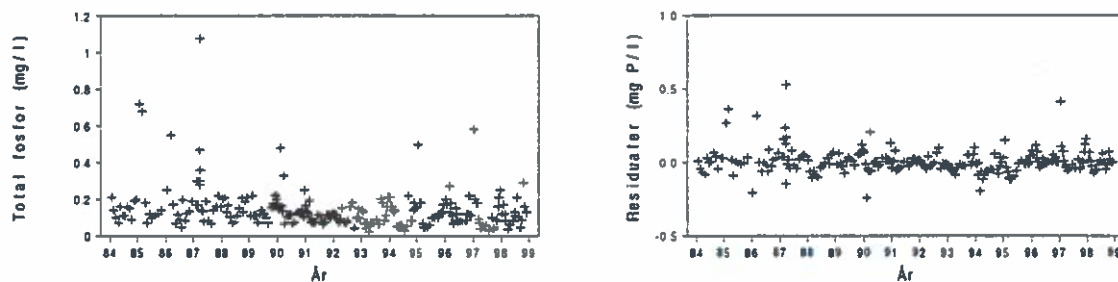
For dette vandløb ses også jævnt stigende korrigerede kvælstofkoncentrationer i perioden (figur 21). Udviklingstendensen er signifikant ( $P=1,0\%$ ) og homogen mellem sæsoner. Hældningen estimeres til  $0,055 \text{ mg l}^{-1} \text{ år}^{-1}$ .

Figur 21: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total kvælstof.



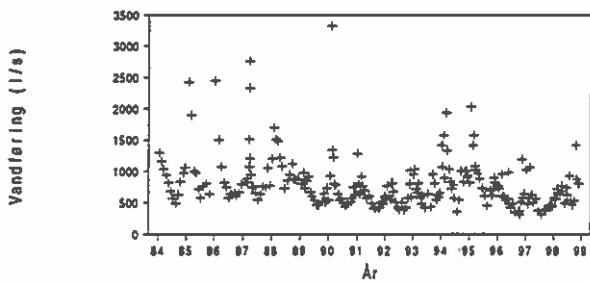
Korrigerede koncentrationer af total fosfor har vist et faldende mønster, men faldet er ikke signifikant ( $P=18\%$ ). Dog er sæsonudviklingstendenserne homogene.

Figur 22: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total fosfor.



Til gengæld finder man ved analysen en signifikant ( $P=3,6\%$ ) negativ udviklingstendens i vandføringerne (figur 23). Denne udviklingstendens kan estimeres til  $-21 \text{ l s}^{-1} \text{ år}^{-1}$ . Det svarer til  $-0,21 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2} \text{ år}^{-1}$ .

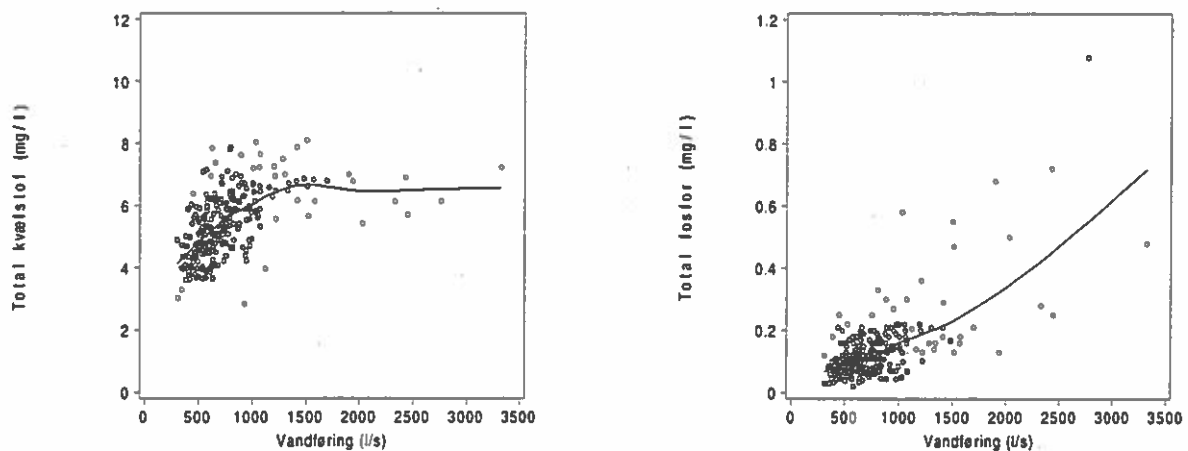
Figur 23: Tidsserieplot af vandføringen på måledage.



Tabel 6: Testresultater samt hældningsestimater med 95 %-konfidensintervaller.

Testvariabel	Homogenitetstest	Testsandsynlighed (%)	Testværdi (Z)	Testsandsynlighed (%)	Estimat for hældning	95 %-konfidensinterval for hældning
Vandføring	14,3	22	-2,10	3,6	-21	[-39;-1,5]
Kvælstof	13,6	25	2,56	1,0	0,055	[0,016;0,090]
Fosfor	15,1	18	-1,33	18	-0,002	[-0,004;0,0007]

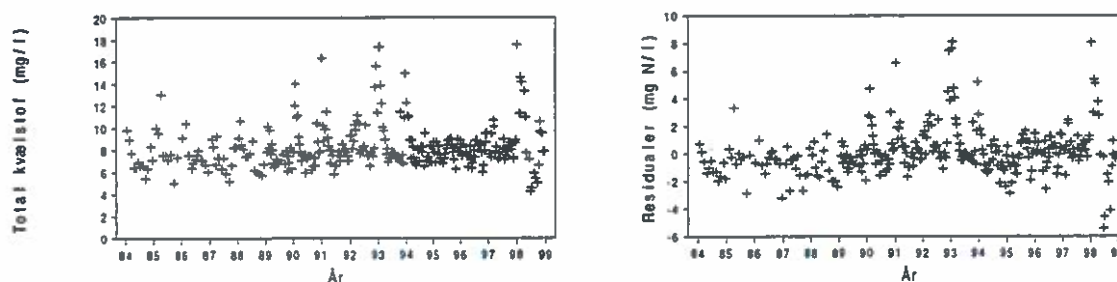
Figur 24: LOWESS-kurver for koncentrationer af total kvælstof og total fosfor.



## Romdrup Å, V. Lodsholm Bro:

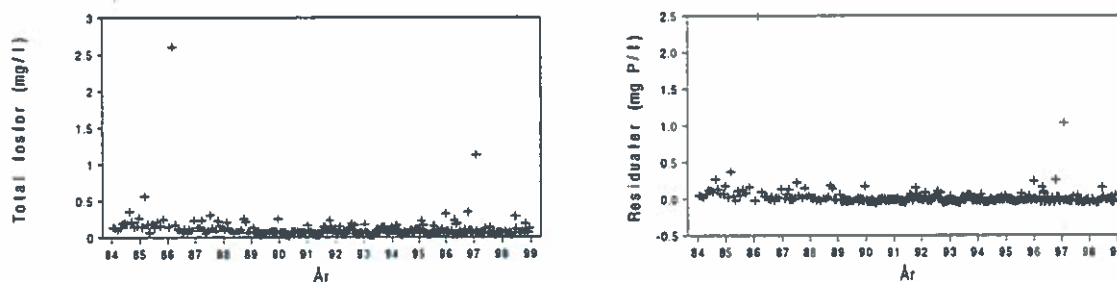
Alle de undersøgte testvariable viste homogene sæsontrends. For de korrigerede koncentrationer af total kvælstof blev der fundet en signifikant ( $P=1,3\%$ ) stigning i undersøgelsesperioden (figur 25). Udviklingstendensen kan estimeres til  $0,010\text{ mg l}^{-1}\text{ år}^{-1}$ .

Figur 25: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt af vandføringskorrigerede koncentrationer af total kvælstof.



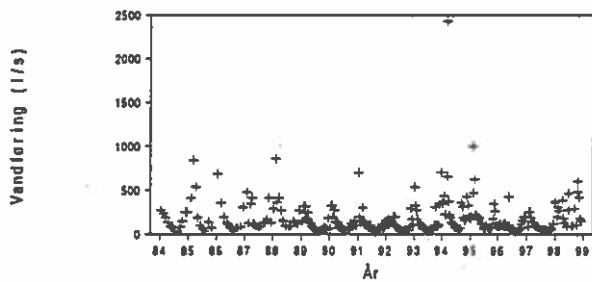
Der er ligeledes fundet en signifikant ( $P=0,43\%$ ) udviklingstendens i de korrigerede koncentrationer af total fosfor. Som man kan se i figur 26, så drejer det sig om et fald, som ved Sen's hældningsestimator kan estimeres til  $-0,004\text{ mg l}^{-1}\text{ år}^{-1}$ .

Figur 26: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total fosfor.



Vandføringer er faldet i perioden, men faldet er ikke signifikant.

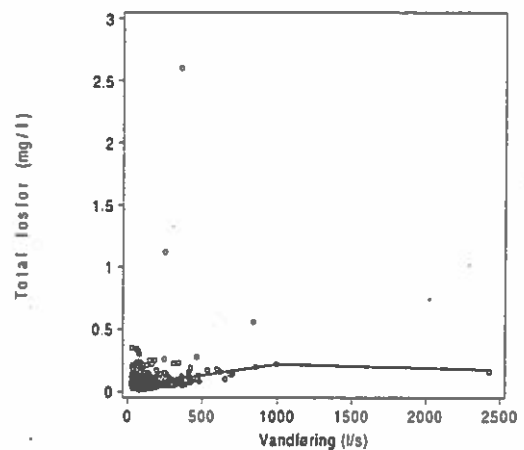
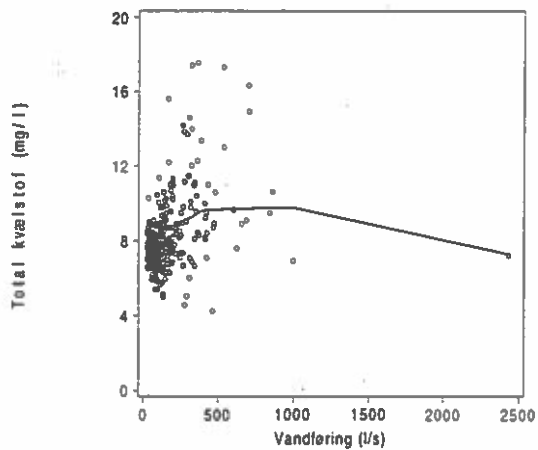
Figur 27: Tidsserieplot af vandføringen på måledage.



Tabel 7: Testresultater samt hældningsestimater med 95 %-konfidensintervaller.

Testvariabel	Homogenitetstest	Testsandsynlighed (%)	Testværdi (Z)	Testsandsynlighed (%)	Estimat for hældning	95 %-konfidensinterval for hældning
Vandføring	11,1	44	-0,595	55	-1,2	[-6,8;3,7]
Kvælstof	9,67	56	2,49	1,3	0,010	[0,029;0,168]
Fosfor	14,7	20	-2,85	0,43	-0,004	[-0,008;-0,002]

Figur 28: LOWESS-kurver for koncentrationer af total kvælstof og total fosfor.

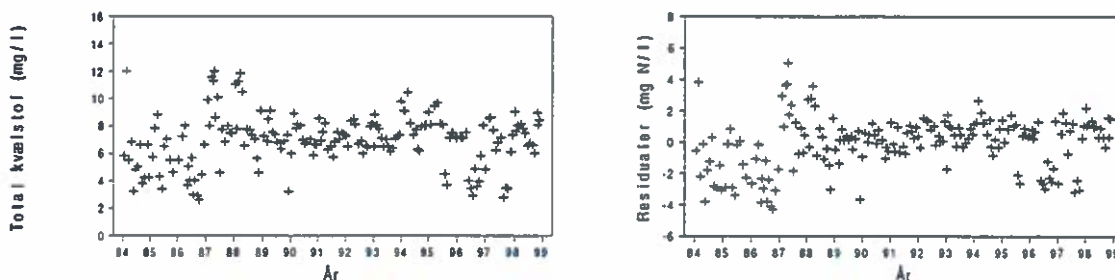




## Dybvad Å, NS Bredkilde Bæk:

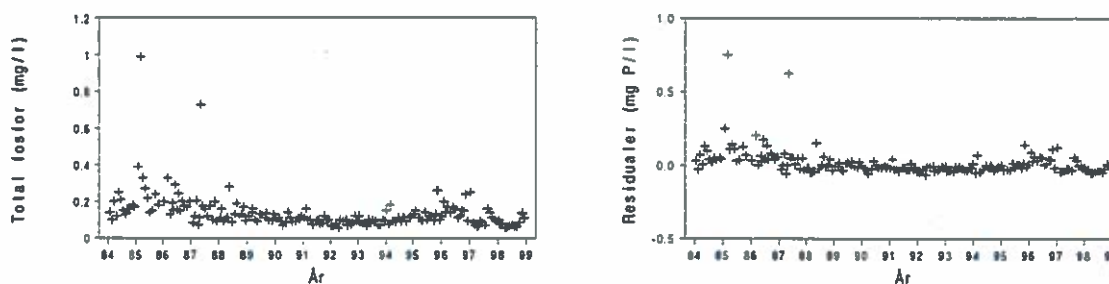
Selvom figur 29 viser en klar positiv udviklingstendens i de korrigerede koncentrationer af total kvælstof, så er tendensen ikke signifikant på et 5 %-niveau. Det kan skyldes en række negative residualer i perioden 1995-97. Homogenitetstesten giver accept af hypotesen om homogene sæsonrends.

Figur 29: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total kvælstof.



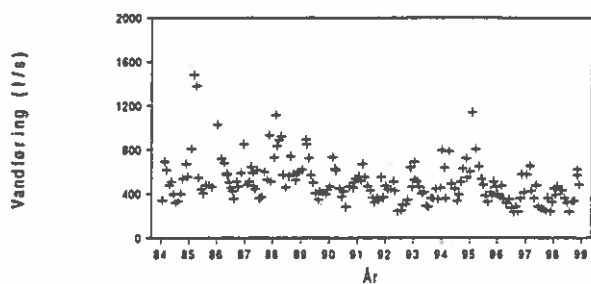
Til gengæld kan hypotesen om homogene trends i de korrigerede koncentrationer af total fosfor ikke accepteres ( $P=1,3\%$ ). Men hvis man alligevel tester den samlede udviklingstendens får man et signifikant fald ( $P=1,5\%$ ), som kan estimeres til  $-0,004\text{ mg l}^{-1}\text{ år}^{-1}$ .

Figur 30: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total fosfor.



Samlet set er vandføringen faldet signifikant ( $P=1,4\%$ ) i den undersøgte periode. Faldet kan estimeres til  $-3\text{ l s}^{-1}\text{ år}^{-1}$ , hvilket svarer til  $-0,23\text{ l s}^{-1}\text{ km}^{-2}\text{ år}^{-1}$ .

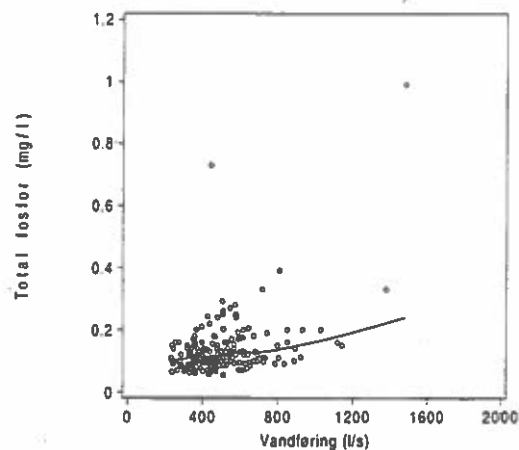
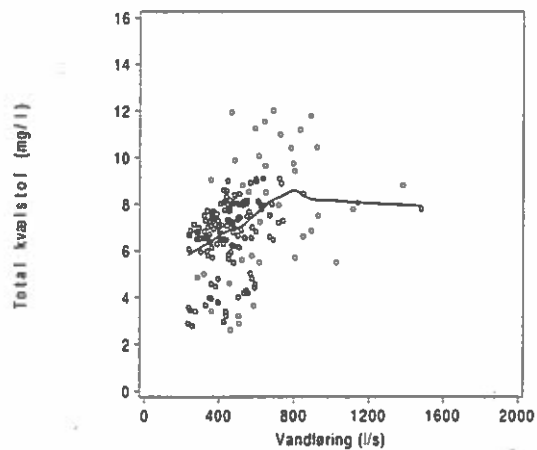
Figur 31: Tidsserieplot af vandføringen på måledage.



Tabel 8: Testresultater samt hældningsestimater med 95 %-konfidensintervaller.

Testvariabel	Homogenitetstest	Testsandsynlighed (%)	Testværdi (Z)	Testsandsynlighed (%)	Estimat for hældning	95 %-konfidensinterval for hældning
Vandføring	8,02	71	-2,49	1,4	-13	[-24;-3,3]
Kvælstof	17,0	11	1,83	6,8	0,106	[-0,008;0,215]
Fosfor	24,0	1,3	-2,44	1,5	-0,004	[-0,008;-0,0009]

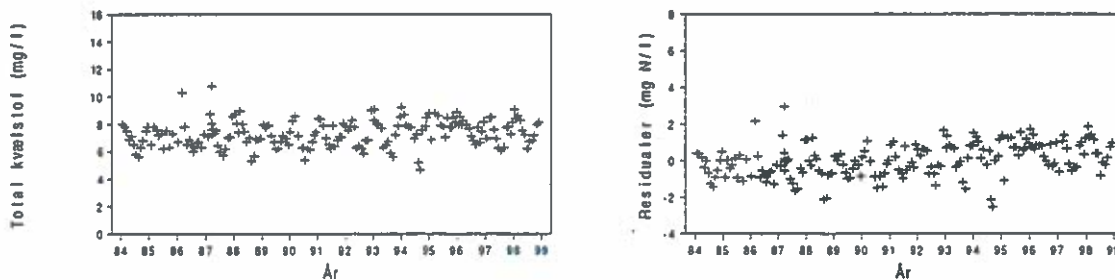
Figur 32: LOWESS-kurver for koncentrationer af total kvælstof og total fosfor.



## Binderup Å, NS Binderup Mølle:

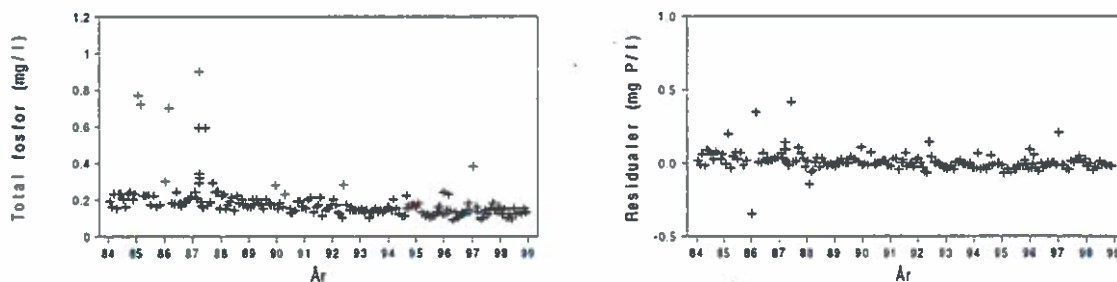
De vandføringskorrigerede koncentrationer af total kvælstof har været kraftigt stigende igennem hele den analyserede periode (figur 33). Alle sæsonrends er homogene, og samlet er trenden signifikant ( $P=0,05\%$ ) og af en størrelse, som kan estimeres til  $0,073 \text{ mg l}^{-1} \text{ år}^{-1}$ .

Figur 33: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af kvælstof.



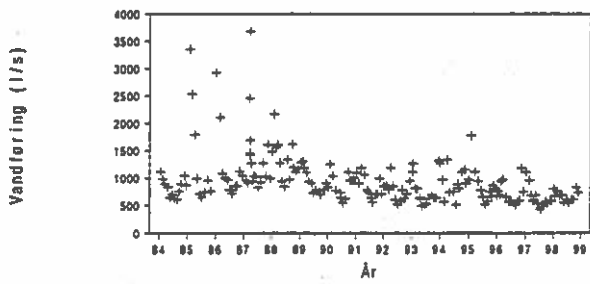
Til gengæld ser man faldende korrigerede koncentrationer af total fosfor i perioden og især først i perioden (figur 34). Udviklingstendensen er signifikant ( $P=1,3\%$ ), sæsonrends er homogene, og den samlede hældning kan estimeres til  $-0,003 \text{ mg l}^{-1} \text{ år}^{-1}$ .

Figur 34: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af fosfor.



Vandføringerne på måledage har været faldende især sidst i perioden (figur 35), og analysen giver en signifikant ( $P=0,48\%$ ) udviklingstendens i hele perioden og af en estimeret størrelse på  $-26 \text{ l s}^{-1} \text{ år}^{-1}$ , hvilket kan omregnes til  $-0,29 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2} \text{ år}^{-1}$ .

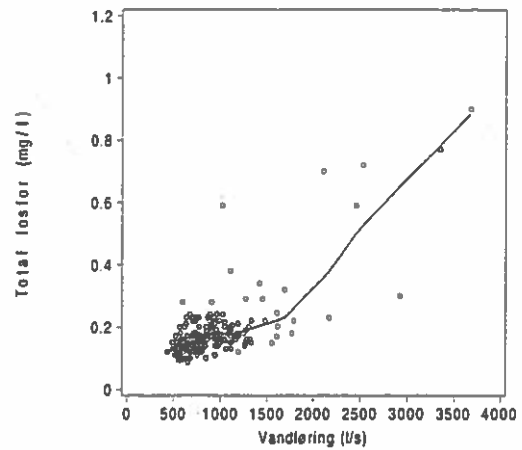
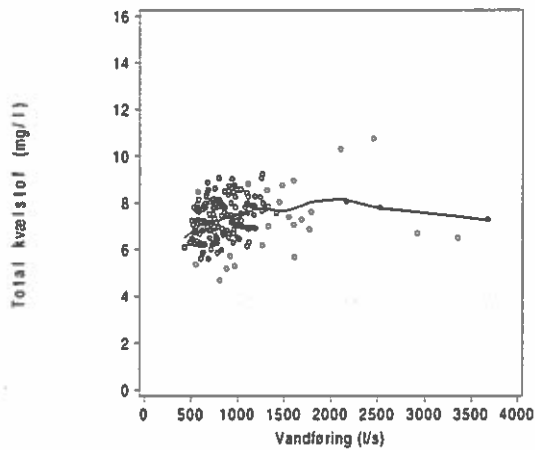
Figur 35: Tidsserieplot af vandføringen på måledage.



Tabel 9: Testresultater samt hældningsestimater med 95 %-konfidensintervaller.

Testvariabel	Homogenitetstest	Testsandsynlighed (%)	Testværdi (Z)	Testsandsynlighed (%)	Estimat for hældning	95 %-konfidensinterval for hældning
Vandføring	6,10	87	-2,82	0,48	-26	[-46;-11]
Kvælstof	6,20	86	3,50	0,05	0,073	[0,043;0,114]
Fosfor	12,6	32	-2,50	1,3	-0,003	[-0,005;-0,0009]

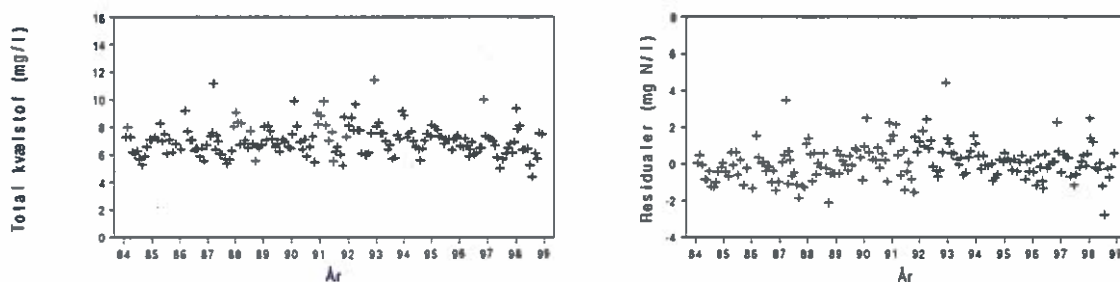
Figur 36: LOWESS-kurver for koncentrationer af total kvælstof og total fosfor.



## Hasseris Å, NS Hyllestrømmen, SF V. Enggård:

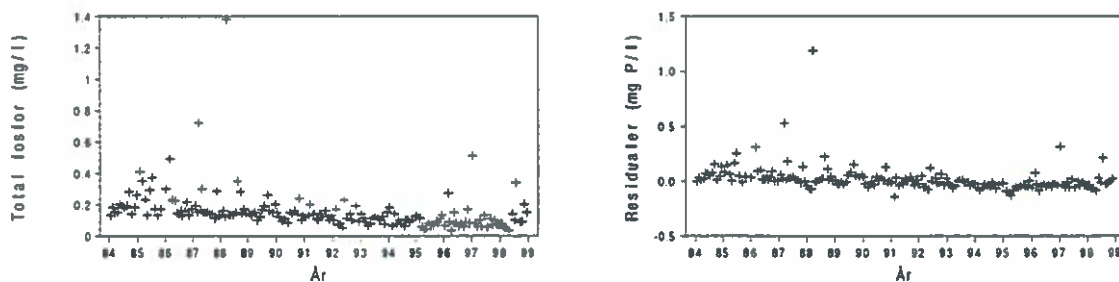
De korrigerede koncentrationer af total kvælstof viser en stigende tendens, som ikke er signifikant. Man kan se, at koncentrationerne er stigende indtil 1992, hvorefter de falder igen (figur 37). Homogenitetstesten giver accept.

Figur 37: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total kvælstof.



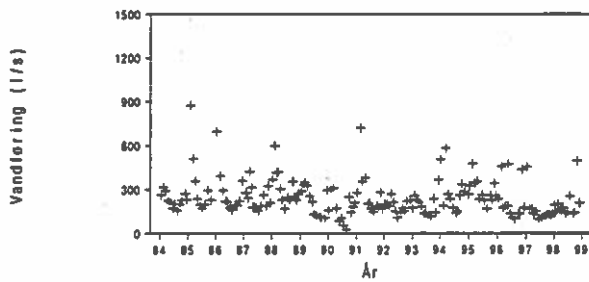
Korrigerede koncentrationer af total fosfor viser en klar faldende tendens igennem hele perioden med det kraftigste fald før 1994 (figur 4.38). Testen om homogenitet af sæsoner accepteres, og den samlede trend er signifikant ( $P=0,07\%$ ) og med et estimat beregnet til at være  $-0,008 \text{ mg l}^{-1} \text{ år}^{-1}$ .

Figur 38: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total fosfor.



Vandføringer på måledage falder i perioden, men faldet er ikke homogent ( $P=2,1\%$ ) og heller ikke signifikant. Tre måneder udviser stigende vandføringer og resten faldende.

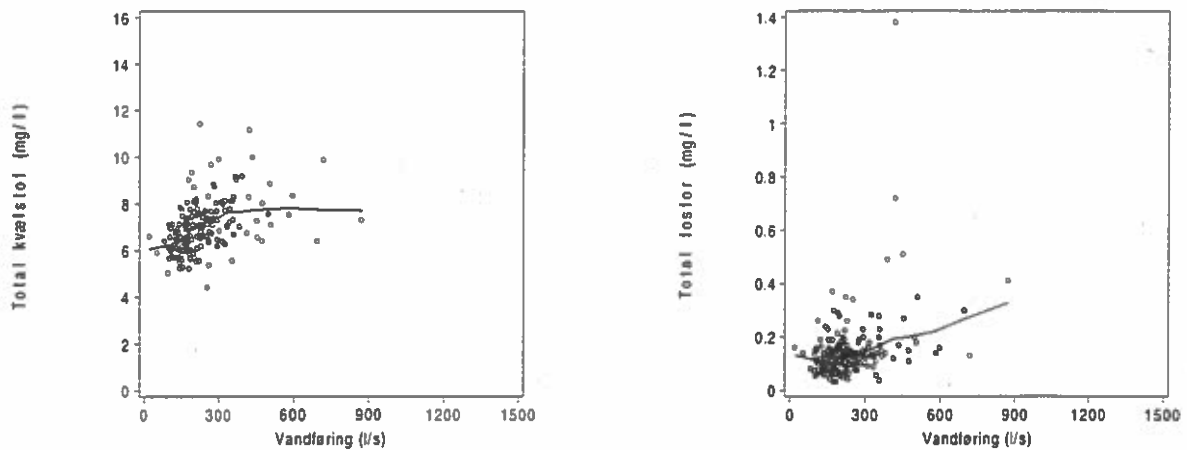
Figur 39: Tidsserieplot af vandføringen på måledage.



Tabel 10: Testresultater samt hældningsestimater med 95 %-konfidensintervaller.

Testvariabel	Homogenitetstest	Testsandsynlighed (%)	Testværdi (Z)	Testsandsynlighed (%)	Estimat for hældning	95 %-konfidensinterval for hældning
Vandføring	22,5	2,1	-1,77	7,7	-5,6	[-11;0,9]
Kvælstof	10,6	48	0,924	36	0,021	[-0,023;0,067]
Fosfor	13,4	27	-3,38	0,07	-0,008	[-0,011;-0,003]

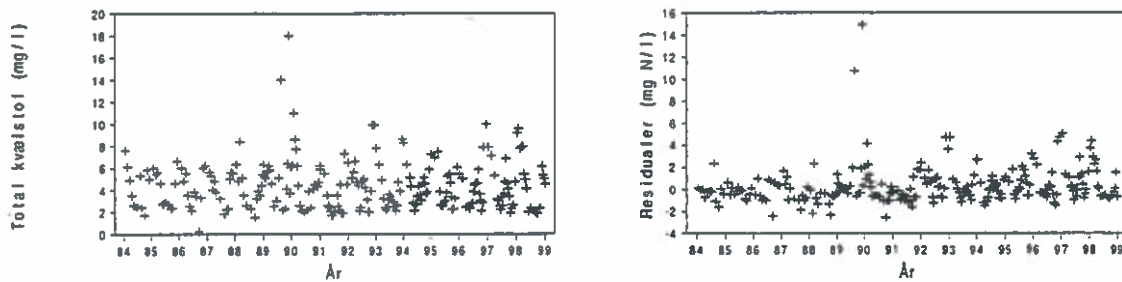
Figur 40: LOWESS-kurver for koncentrationer af total kvælstof og total fosfor.



## Hvidbjerg Å, Hvidbjerg Møllegård:

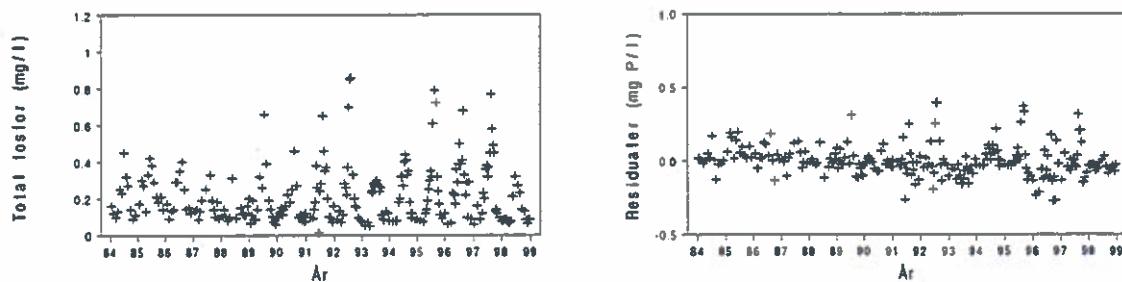
Med hensyn til homogenitet af sæsonrends bliver denne hypotese accepteret for alle tre testvariable. For de korrigerede koncentration af total kvælstof findes der en signifikant ( $P=4,3\%$ ) stigning i perioden (figur 41). Udviklingstendensen kan estimeres til  $0,062\text{ mg l}^{-1}\text{ år}^{-1}$ .

Figur 41: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total kvælstof.



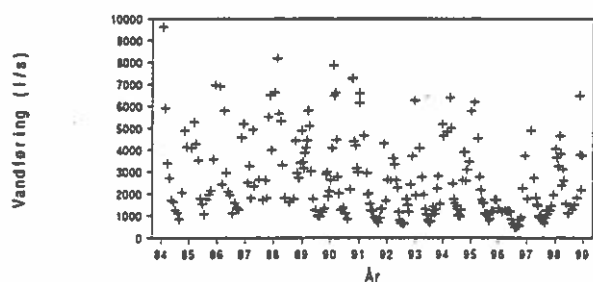
De vandføringskorrigerede total fosforkoncentrationer viser et jævnt fald igennem hele perioden (figur 42). Faldet er signifikant ( $P=1,0\%$ ) og estimeres til  $-0,005\text{ mg l}^{-1}\text{ år}^{-1}$ .

Figur 42: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total fosfor.



Der har været et signifikant ( $P=2,1\%$ ) fald i vandføringerne. Faldet kan være svært at se (figur 43), men det kan estimeres til  $-66\text{ l s}^{-1}\text{ år}^{-1}$ . Og det svarer til  $-0,28\text{ l s}^{-1}\text{ km}^{-2}\text{ år}^{-1}$ .

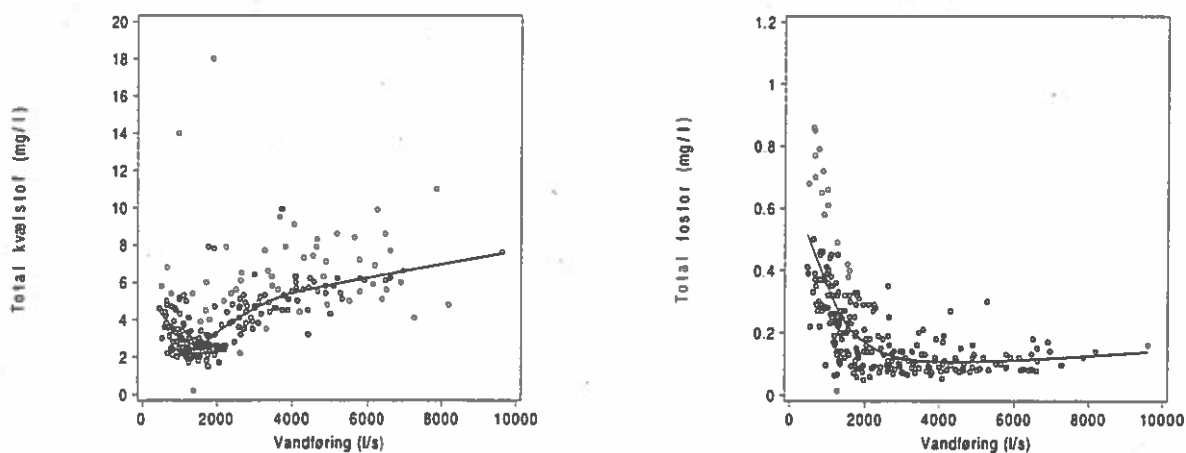
Figur 43: Tidsserieplot af vandføringen på måledage.



Tabel 11: Testresultater samt hældningsestimater med 95 %-konfidensintervaller.

Testvariabel	Homogenitetstest	Testsandsynlighed (%)	Testværdi (Z)	Testsandsynlighed (%)	Estimat for hældning	95 %-konfidensinterval for hældning
Vandføring	13,3	27	-2,32	2,1	-66	[-138;-12]
Kvælstof	14,4	21	2,02	4,3	0,062	[0,003;0,125]
Fosfor	15,6	16	-2,58	1,0	-0,005	[-0,010;-0,001]

Figur 44: LOWESS-kurver for koncentrationer af total kvælstof og total fosfor.

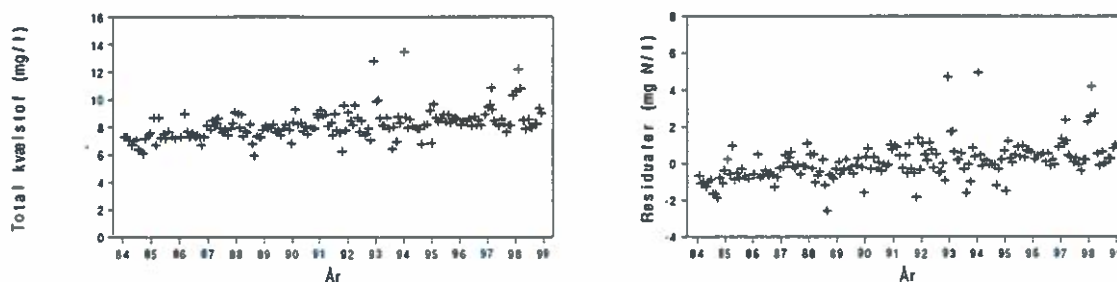




## Bjørnsholm Å, V. Holme Bro:

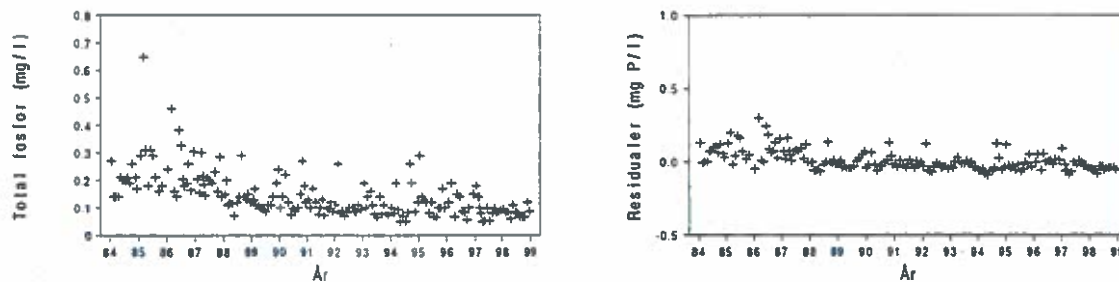
Som man kan se i figur 45 er der en markant stigning i de vandføringskorrigerede koncentrationer af total kvælstof. Stigningen er signifikant og estimeres til at være  $0,106 \text{ mg l}^{-1} \text{ år}^{-1}$ .

Figur 45: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total kvælstof.



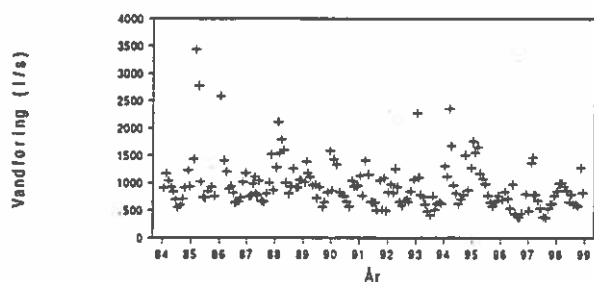
Også korrigerede fosforkoncentrationer kan udvise en signifikant ( $P=0,2 \%$ ) udviklings-tendens (figur 46). Tendensen er negativ og kan estimeres til  $-0,007 \text{ mg l}^{-1} \text{ år}^{-1}$ . Faldet er dog størst først i perioden.

Figur 46: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total fosfor.



Vandføringer på måledage er ligeledes faldet signifikant ( $P=4,8$ ) i perioden. Man får et estimat på  $-18 \text{ l s}^{-1} \text{ år}^{-1}$ , som svarer til  $-0,22 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2} \text{ år}^{-1}$ . Til sidst skal det nævnes, at alle de tre trends er homogene mellem sæsoner.

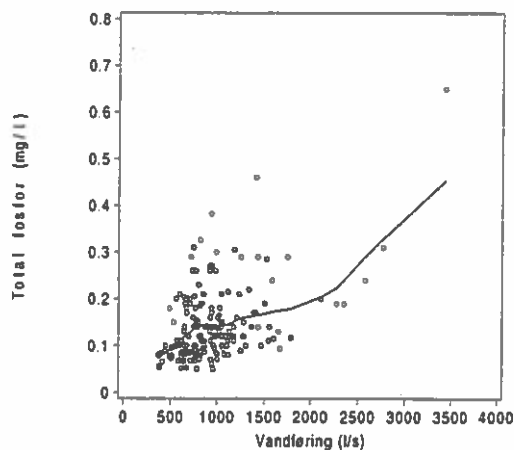
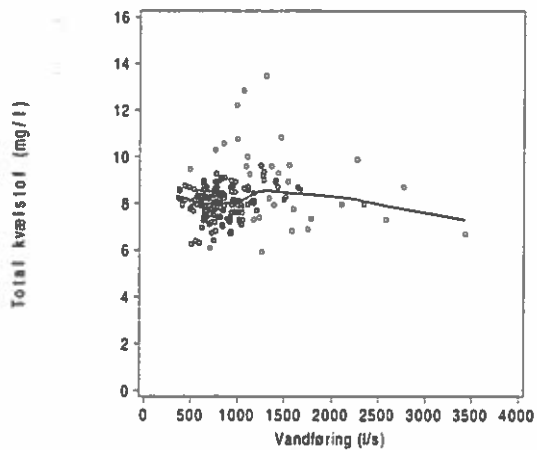
Figur 47: Tidsserieplot af vandføringen på måledage.



Tabel 12: Testresultater samt hældningsestimater med 95 %-konfidensintervaller.

Testvariabel	Homogenitetstest	Testsandsynlighed (%)	Testværdi (Z)	Testsandsynlighed (%)	Estimat for hældning	95 %-konfidensinterval for hældning
Vandføring	7,02	80	-1,98	4,8	-18	[-36;0,4]
Kvælstof	5,40	91	3,65	0,03	0,106	[0,052;0,153]
Fosfor	11,9	37	-3,12	0,2	-0,007	[-0,011;-0,003]

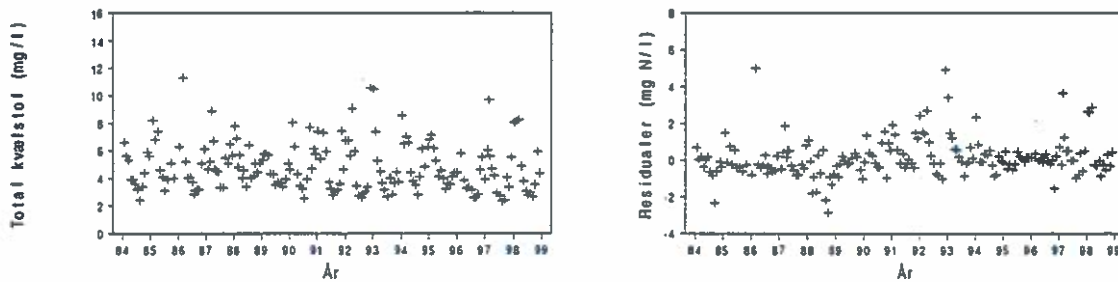
Figur 48: LOWESS-kurver for koncentrationer af total kvælstof og total fosfor.



## Trend Å, V. Trend:

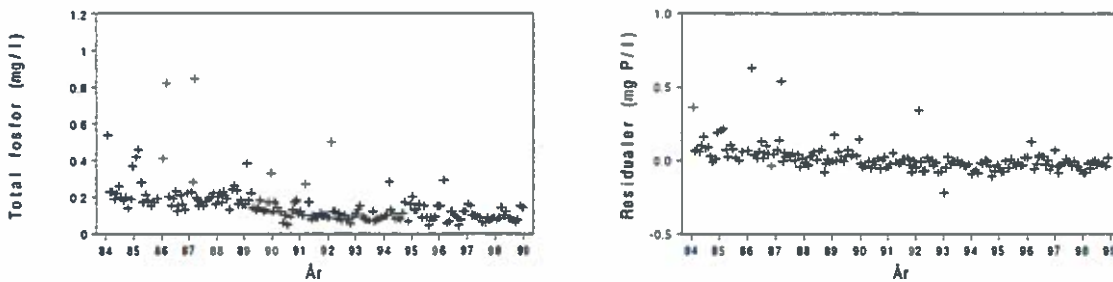
Samlet set har de korrigerede koncentrationer af total kvælstof udvist en positiv udviklingstendens igennem hele den undersøgte periode (figur 4p). Udviklingstendensen er homogen mellem sæsoner, signifikant ( $P=4,4\%$ ) og kan estimeres til  $0,032\text{ mg l}^{-1}\text{ år}^{-1}$ .

Figur 49: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total kvælstof.



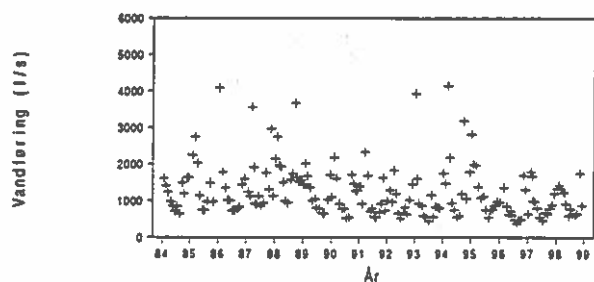
For de korrigerede foforkoncentrationer ser man en markant faldende tendens, som er stærkest først i perioden (figur 50). Over hele perioden er der et signifikant ( $P=0,08\%$ ) fald og det kan estimeres til  $-0,007\text{ mg l}^{-1}\text{ år}^{-1}$ . Der er homogenitet mellem sæsoner.

Figur 50: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total fosfor.



Også vandføringer er faldet signifikant ( $P=1,4\%$ ) i perioden (figur 51). Reduktionen kan estimeres til  $-29\text{ l s}^{-1}\text{ år}^{-1}$ . Dette kan regnes om til  $-0,21\text{ l s}^{-1}\text{ km}^{-2}\text{ år}^{-1}$ . Trenden er ligeledes homogen mellem sæsoner.

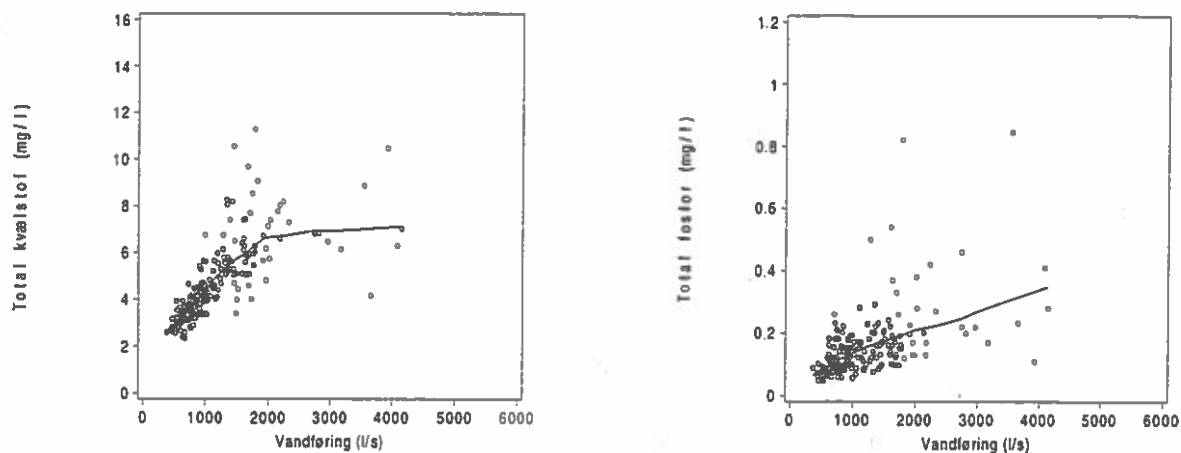
Figur 51: Tidsserieplot af vandføringen på måledage.



Tabel 13: Testresultater samt hældningsestimater med 95 %-konfidensintervaller.

Testvariabel	Homogenitetstest	Testsandsynlighed (%)	Testværdi (Z)	Testsandsynlighed (%)	Estimat for hældning	95 %-konfidensinterval for hældning
Vandføring	9,90	54	-2,45	1,4	-29	[-51;-7,3]
Kvælstof	11,0	44	2,02	4,4	0,032	[0,002;0,067]
Fosfor	13,3	27	-3,37	0,08	-0,007	[-0,011;-0,003]

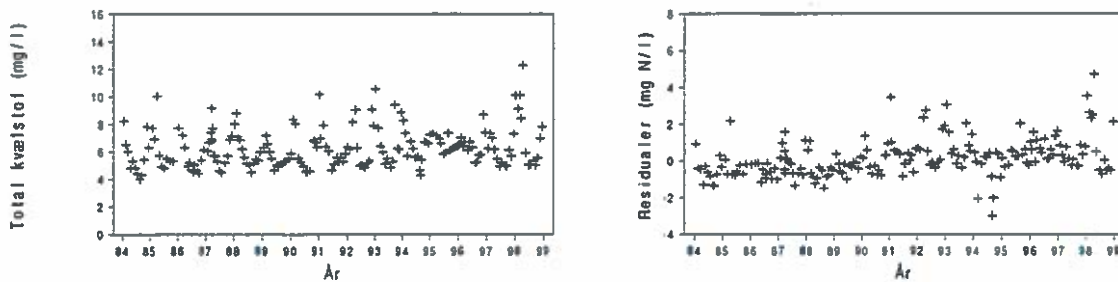
Figur 52: LOWESS-kurver for koncentrationer af total kvælstof og total fosfor.



## Lindborg Å, Ved Møllebro:

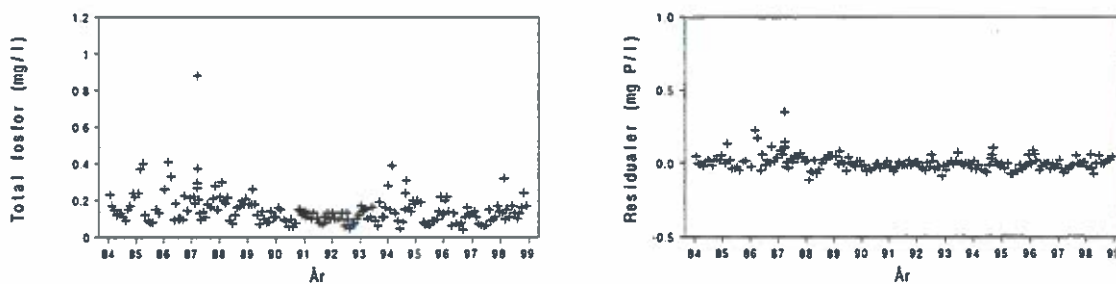
De vandføringskorrigerede koncentrationer af total kvælstof har en markant stigende tendens igennem hele perioden (figur 53). Stigningen er signifikant ( $P=0,22\%$ ), homogen mellem sæsoner og kan estimeres til  $0,085 \text{ mg l}^{-1} \text{ år}^{-1}$ .

Figur 53: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total kvælstof.



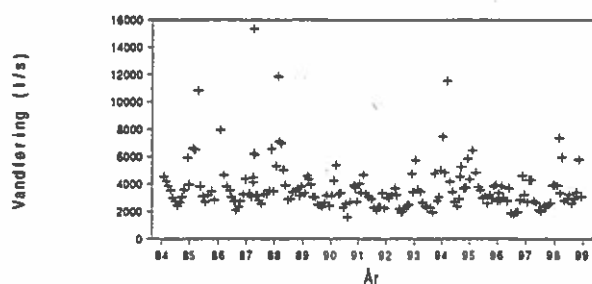
Et svagt fald i de korrigerede koncentrationer af total fosfor kan erkendes i figur 54. Faldet kan testes signifikant ( $P=3,8\%$ ) og estimeres til at være  $-0,002 \text{ mg l}^{-1} \text{ år}^{-1}$ . Desuden er trenden homogen mellem de 12 sæsoner.

Figur 54: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total fosfor.



Vandføringerne er faldet i perioden, men faldet er ikke signifikant, men dog homogent mellem sæsoner.

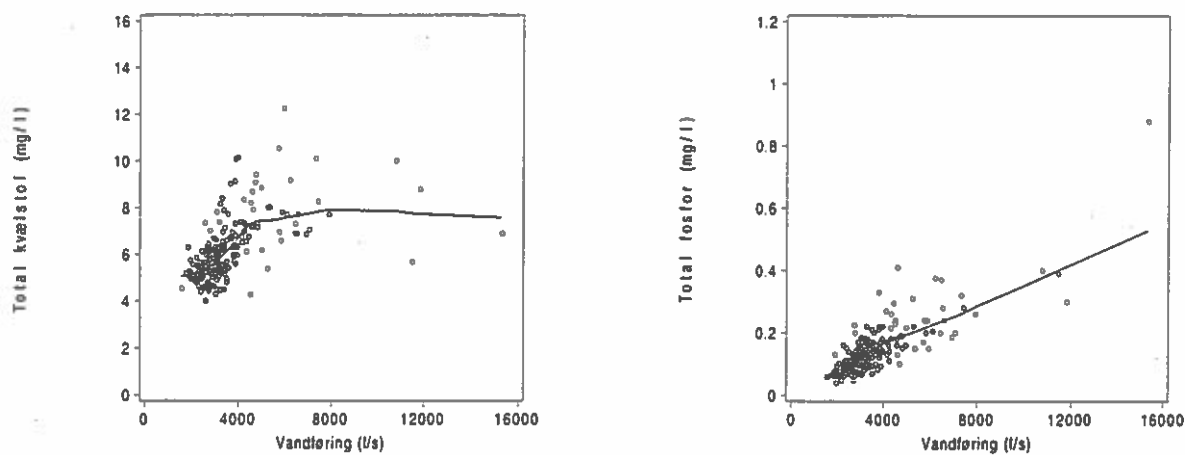
Figur 55: Tidsserieplot af vandføringen på måledage.



Tabel 14: Testresultater samt hældningsestimater med 95 %-konfidensintervaller.

Testvariabel	Homogenitetstest	Testsandsynlighed (%)	Testværdi (Z)	Testsandsynlighed (%)	Estimat for hældning	95 %-konfidensinterval for hældning
Vandføring	10,7	47	-1,17	24	-35	[-85;23]
Kvælstof	7,10	79	3,06	0,22	0,085	[0,033;0,136]
Fosfor	12,3	34	-2,07	3,8	-0,002	[-0,004;-0,0001]

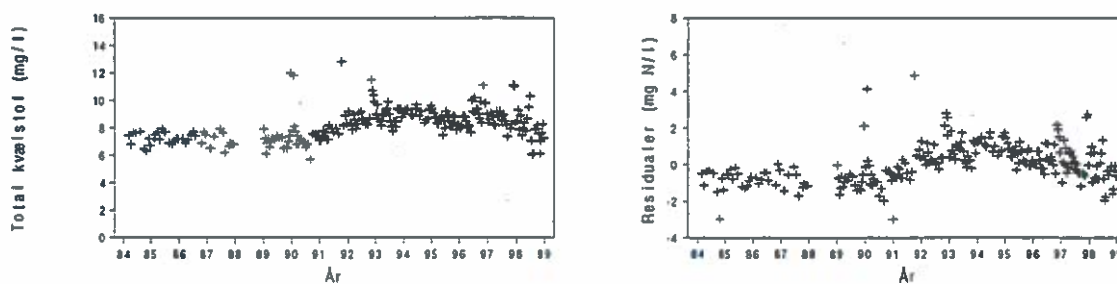
Figur 56: LOWESS-kurver for koncentrationer af total kvælstof og total fosfor.



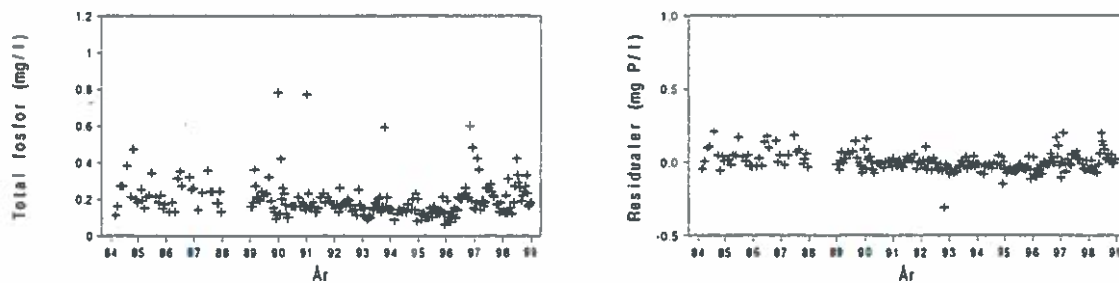
## Bredkær Bæk, NS Kærgård Mølle Dambrug:

For dette vandløb er der manglende værdier i 1988 for alle de tre analyserede variable. Ingen af de analyserede variable udviser nogle signifikante udviklingstendenser. Tidsserieplots er vist i figurene 57-59.

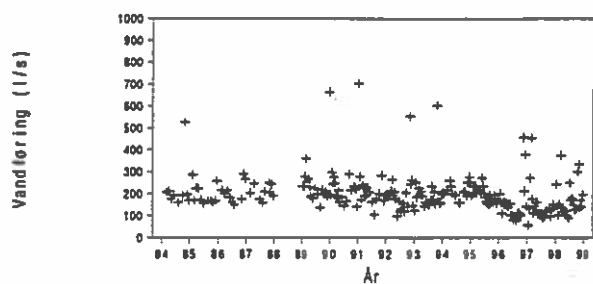
Figur 57: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total kvælstof.



Figur 58: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total fosfor.



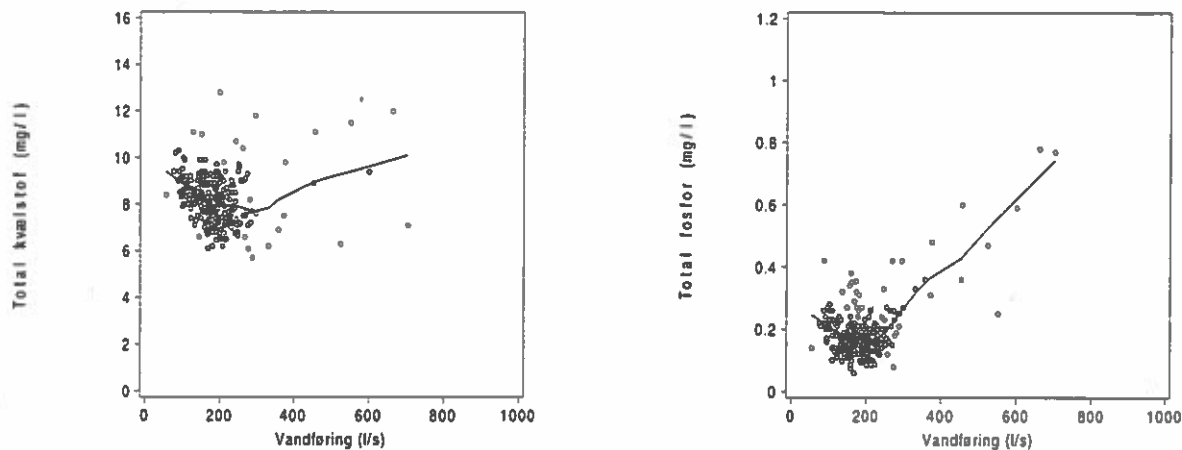
Figur 59: Tidsserieplot af vandføringen på måledage.



Tabel 15: Testresultater samt hældningsestimater med 95 %-konfidensintervaller.

Testvariabel	Homogenitetstest	Testsandsynlighed (%)	Testværdi (Z)	Testsandsynlighed (%)	Estimat for hældning	95 %-konfidensinterval for hældning
Vandføring	~0	~100	-1,75	8,0	-3,8	[-9,0;0,5]
Kvælstof	~0	~100	1,87	6,1	0,107	[-0,010;0,224]
Fosfor	~0	~100	-1,38	17	-0,004	[-0,010;0,002]

Figur 60: LOWESS-kurver for koncentrationer af total kvælstof og total fosfor.

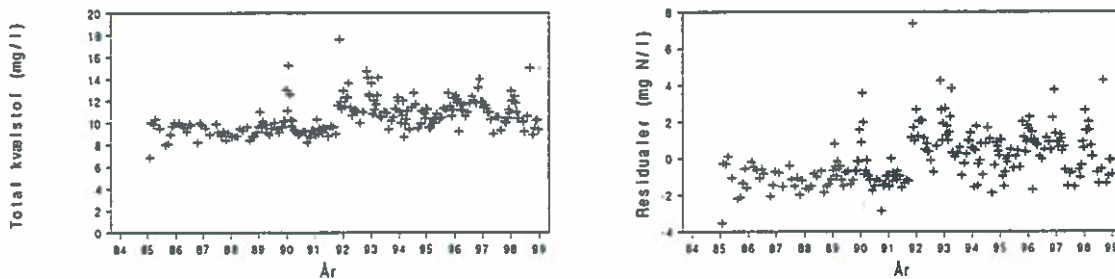




## Fald Å, Kokholm:

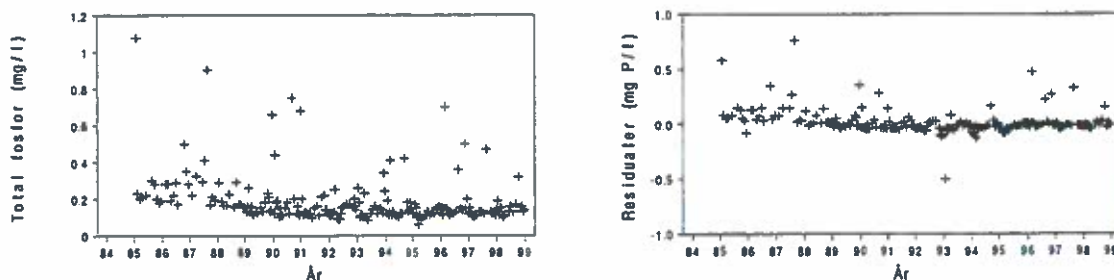
Alle tre tidsserier starter først i 1985. For de korrigerede koncentrationer af total kvælstof ser det ud til at være en markant ændring i niveauet fra nytår 1992 (figur 61). Så der er mere tale om en step-trend end en jævn stigning. Kendall' sæson-test giver en signifikant positiv trend ( $P=2,1\%$ ), men trenden er ikke homogen, idet der er stor forskel mellem hældningsestimater for de enkelte måneder. Det samlede hældningsestimat kan beregnes til  $0,126 \text{ mg l}^{-1} \text{ år}^{-1}$ .

Figur 61: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total kvælstof.



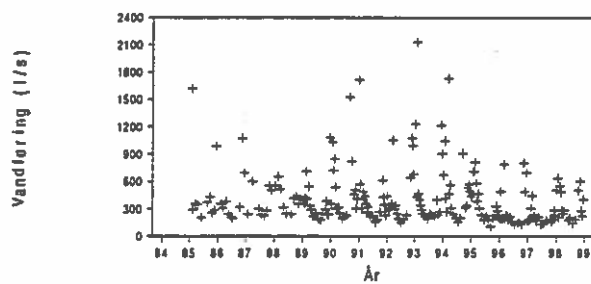
De korrigerede koncentrationer af total fosfor falder signifikant (figur 62) og mere jævnt, men med det største fald i begyndelsen af perioden. Faldet er signifikant ( $P=1,9\%$ ) og kan estimeres til  $-0,006 \text{ mg l}^{-1} \text{ år}^{-1}$ . Hypotesen om homogene trends mellem sæsoner kan accepteres.

Figur 62: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total fosfor.



Der er ligeledes et signifikant ( $P=0,87$ ) fald i vandføringerne på måledage (figur 4.48). Man kan beregne hældningsestimatet til at være  $-8,8 \text{ l s}^{-1} \text{ år}^{-1}$ , hvilket kan omregnes til  $-0,36 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2} \text{ år}^{-1}$ . Faldet er kun lige homogent mellem sæsoner.

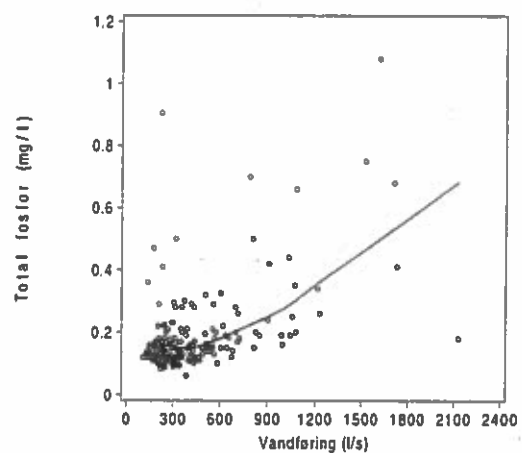
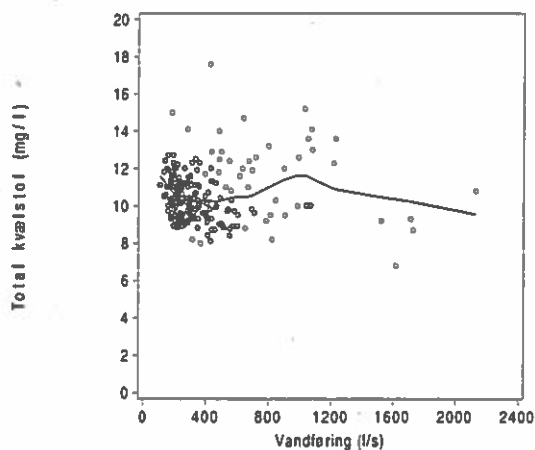
Figur 63: Tidsserieplot af vandføringen på måledage.



Tabel 16: Testresultater samt hældningsestimater med 95 %-konfidensintervaller.

Testvariabel	Homogenitetstest	Testsandsynlighed (%)	Testværdi (Z)	Testsandsynlighed (%)	Estimat for hældning	95 %-konfidensinterval for hældning
Vandføring	19,1	6,0	-2,62	0,87	-8,8	[-16;2,7]
Kvælstof	26,2	0,61	2,31	2,1	0,126	[0,016;0,234]
Fosfor	9,12	61	-2,34	1,9	-0,006	[-0,012;-0,001]

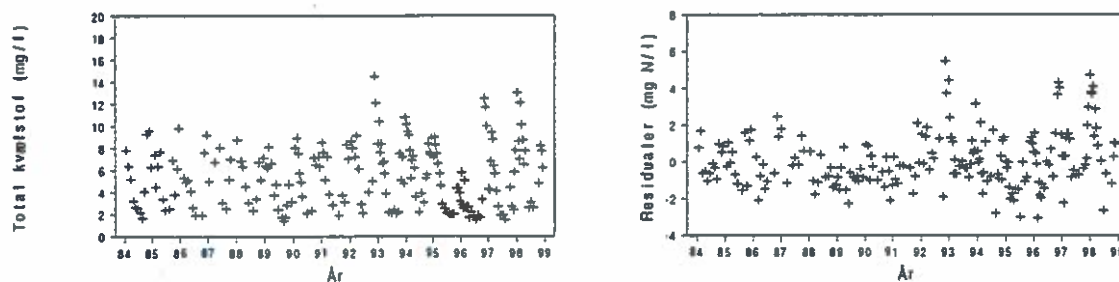
Figur 64: LOWESS-kurver for koncentrationer af total kvælstof og total fosfor.



## Hellegård Å, Handbjerg:

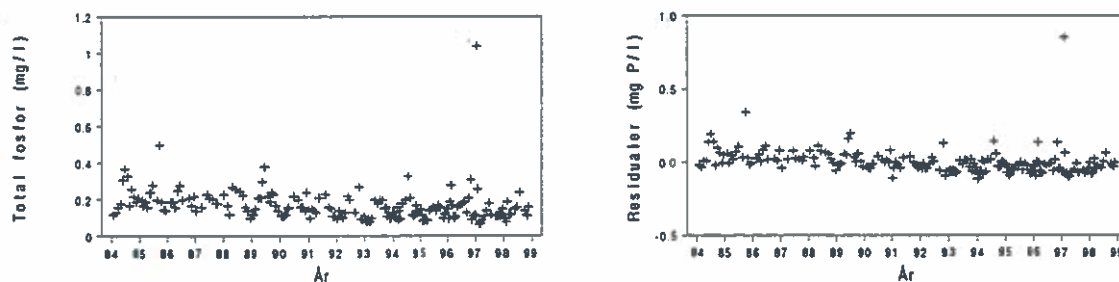
For dette vandløb har hverken de korrigerede koncentrationer af total kvælstof eller vandføringerne nogle signifikant udviklingstendenser (se figur 65 og 67).

Figur 65: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total kvælstof.

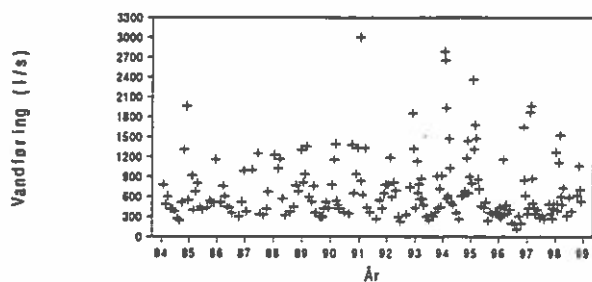


Med hensyn til de korrigerede koncentrationer af fosfor så er der en signifikant ( $P=0,07\%$ ) negativ udviklingstendens (figur 66). Trenden er dog ikke homogen mellem sæsoner, fordi der er størrelsesforskelle i månedshældningsestimaterne.

Figur 66: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total fosfor.



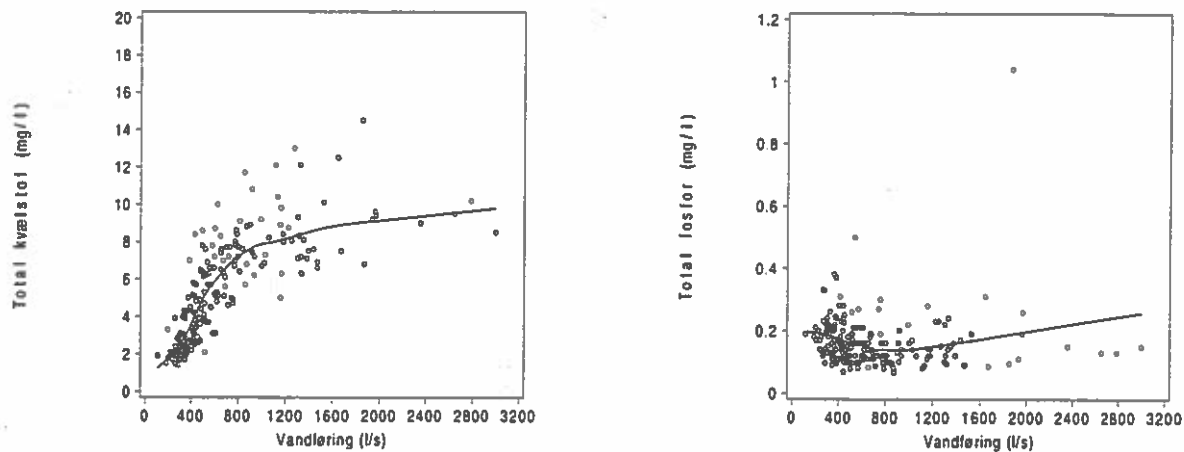
Figur 67: Tidsserieplot af vandføringen på måledage.



Tabel 17: Testresultater samt hældningsestimater med 95 %-konfidensintervaller.

Testvariabel	Homogenitetstest	Testsandsynlighed (%)	Testværdi (Z)	Testsandsynlighed (%)	Estimat for hældning	95 %-konfidensinterval for hældning
Vandføring	13,9	24	-0,900	37	-5,7	[-17;7,4]
Kvælstof	9,26	60	0,570	57	0,013	[-0,046;0,079]
Fosfor	22,7	2,0	-3,40	0,07	-0,007	[-0,010;-0,003]

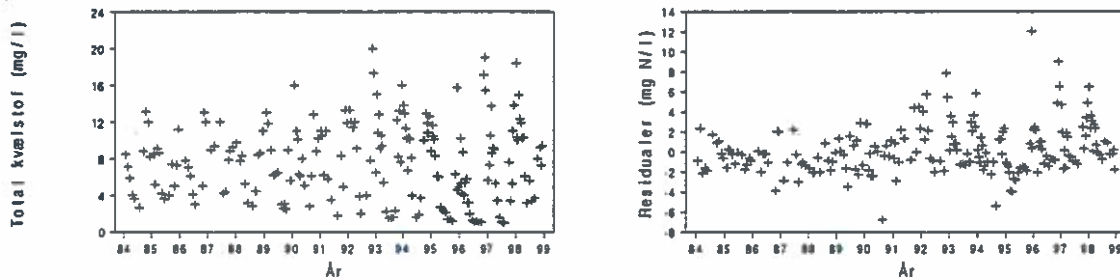
Figur 68: LOWESS-kurver for koncentrationer af total kvælstof og total fosfor.



## Hummelmose Å, Volstrup:

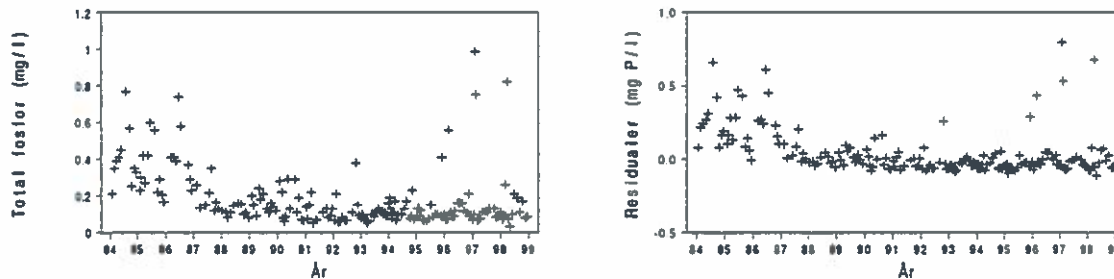
Alle de tre test for homogenitet kan accepteres. Korrigerede koncentrationer af total kvælstof har været stigende i den undersøgte periode (figur 69). Trenden er dog ikke signifikant.

Figur 69: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total kvælstof.



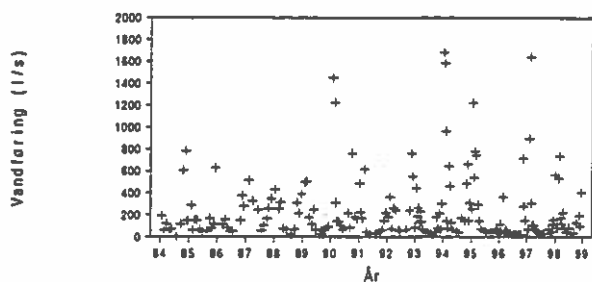
Med hensyn til korrigerede koncentrationer af total fosfor ser man et signifikant ( $P=0,43$  %) fald, som er homogent og kan estimeres til at være  $-0,009 \text{ mg l}^{-1} \text{ år}^{-1}$ . Faldet må siges at være størst først i perioden.

Figur 70: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total fosfor.



Vandføringerne er ligeledes faldet i perioden (figur 71), men faldet er ikke signifikant.

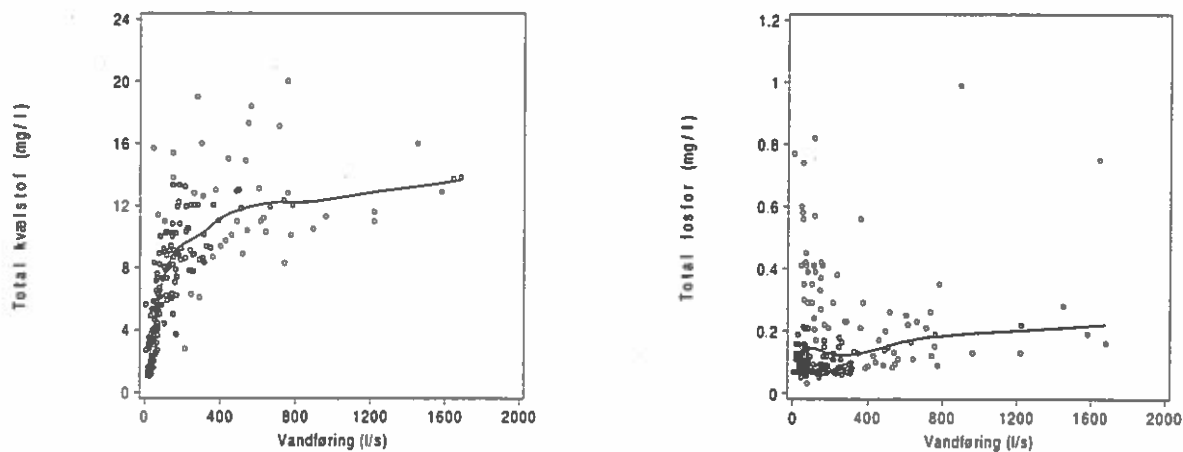
Figur 71: Tidsserieplot af vandføringen på måledage.



Tabel 18: Testresultater samt hældningsestimater med 95 %-konfidensintervaller.

Testvariabel	Homogenitetstest	Testsandsynlighed (%)	Testværdi (Z)	Testsandsynlighed (%)	Estimat for hældning	95 %-konfidensinterval for hældning
Vandføring	~0	~100	-1,48	14	-2,7	[-8,1;1,2]
Kvælstof	17,5	9,5	1,84	6,6	0,085	[-0,008;0,200]
Fosfor	~0	~100	-2,85	0,43	-0,009	[-0,019;-0,002]

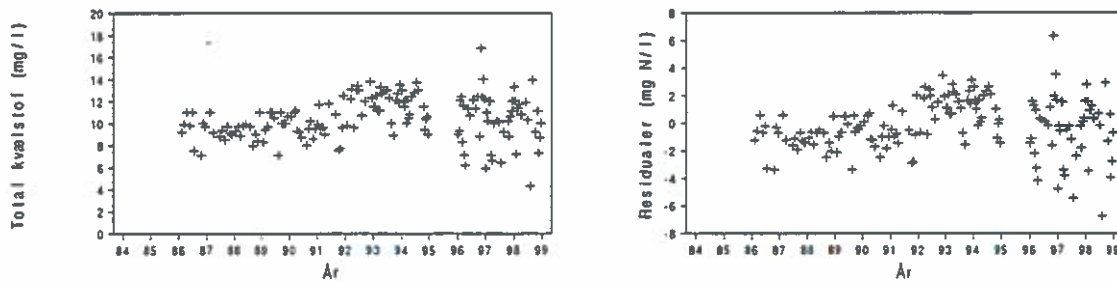
Figur 72: LOWESS-kurver for koncentrationer af total kvælstof og total fosfor.



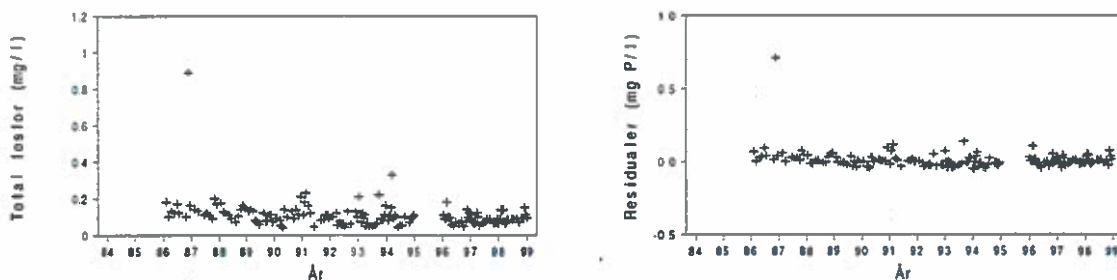
## Resenkær Å, OS Udløb i Nissum Bredning:

Tidsserierne for dette vandløb starter først i 1986, og der er et hul (hele 1995), hvor der ikke er nogle data. Alle homogenitetstest accepteres, men ingen af de tre testvariable udviser nogle signifikante udviklingstendenser (se figurerne 73-75).

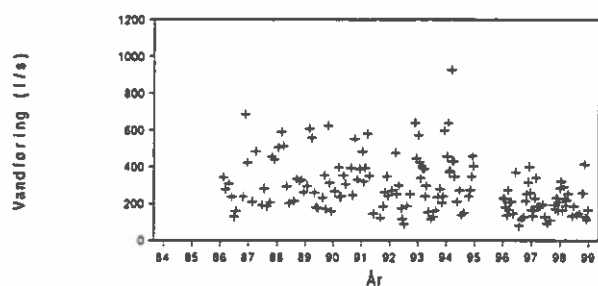
Figur 73: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total kvælstof.



Figur 74: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total fosfor.



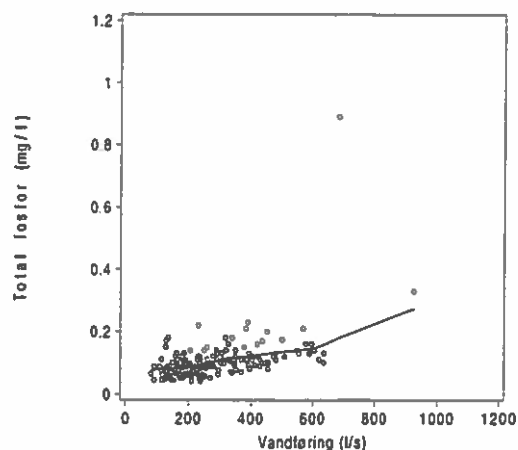
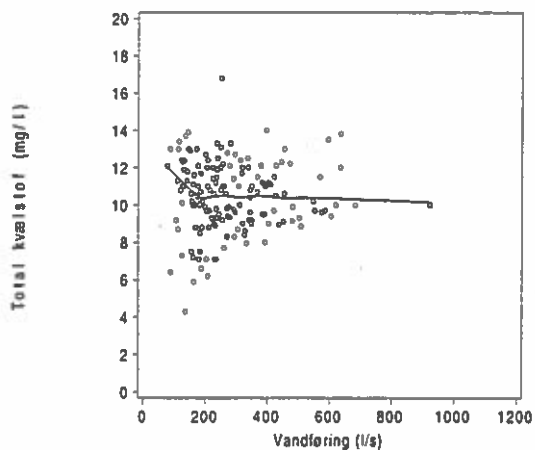
Figur 75: Tidsserieplot af vandføringen på måledage.



Tabel 19: Testresultater samt hældningsestimater med 95 %-konfidensintervaller.

Testvariabel	Homogenitetstest	Testsandsynlighed (%)	Testværdi (Z)	Testsandsynlighed (%)	Estimat for hældning	95 %-konfidensinterval for hældning
Vandføring	3,19	99	-1,66	9,6	-9,8	[-24;2,9]
Kvælstof	6,77	82	0,878	38	0,104	[-0,134;0,395]
Fosfor	11,8	38	-1,36	17	-0,002	[-0,007;0,002]

Figur 76: LOWESS-kurver for koncentrationer af total kvælstof og total fosfor.

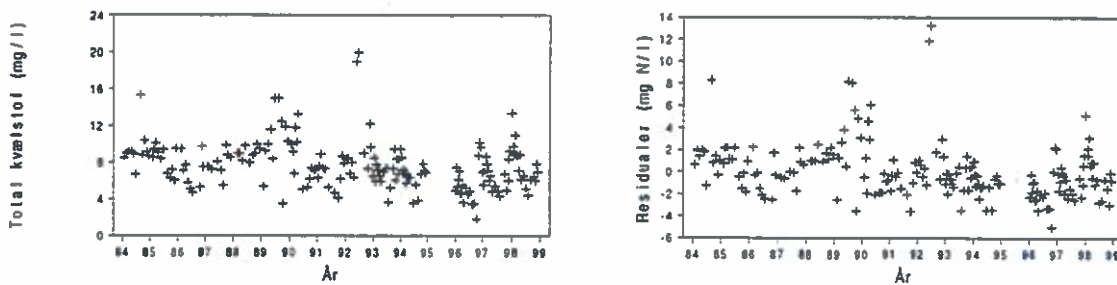




## Skærbæk, Kærhus Bro, NS Tilløb:

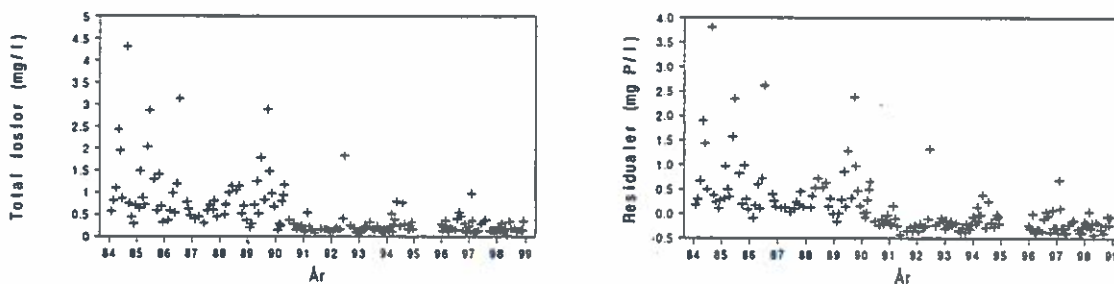
For dette vandløb er der ligeledes et hul i tidsserierne i 1995. Alle de tre trends er homogene mellem sæsoner. For de korrigerede koncentrationer af total kvælstof ser man et fald, men faldet er ikke signifikant (figur 77).

Figur 77: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total kvælstof.



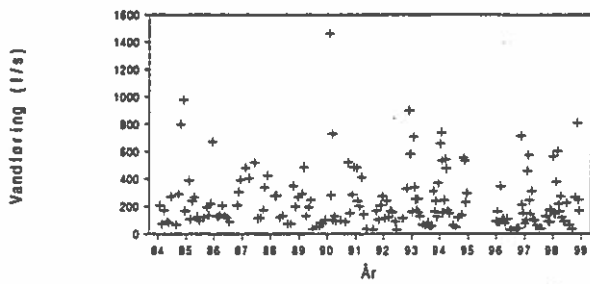
Derimod er faldet i korrigerede total fosforkoncentrationer signifikant ( $P=0,79\%$ ) og er størst først i perioden (figur 78). Samlet over hele perioden kan faldet estimeres til  $-0,052 \text{ mg l}^{-1} \text{ år}^{-1}$ .

Figur 78: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total fosfor.



Ser man på vandføringerne, så falder de i perioden, men udviklingstendensen er ikke signifikant (figur 79).

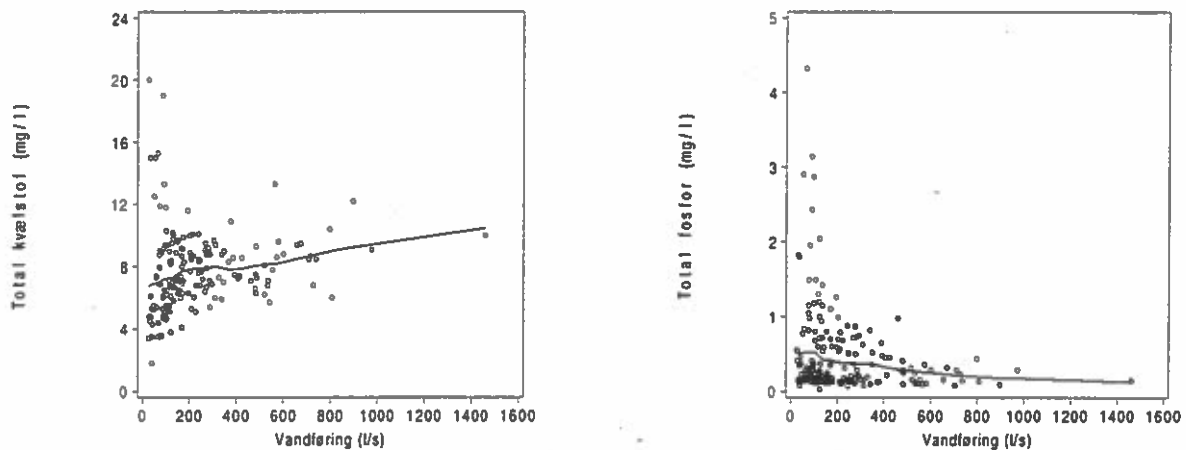
Figur 79: Tidsserieplot af vandføringen på måledage.



Tabel 20: Testresultater samt hældningsestimater med 95 %-konfidensintervaller.

Testvariabel	Homogenitetstest	Testsandsynlighed (%)	Testværdi (Z)	Testsandsynlighed (%)	Estimat for hældning	95 %-konfidensinterval for hældning
Vandføring	~0	~100	-0,997	32	-3,8	[-13;6,5]
Kvælstof	18,3	7,5	-1,80	7,2	-0,165	[-0,319;0,012]
Fosfor	~0	~100	-2,66	0,79	-0,052	[-0,095;-0,019]

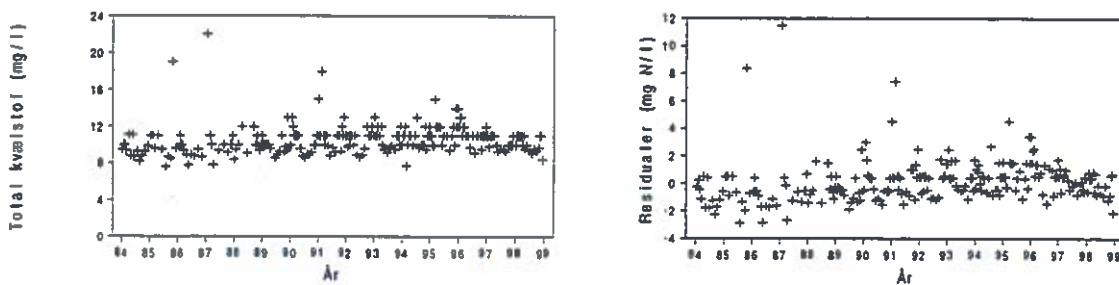
Figur 80: LOWESS-kurver for koncentrationer af total kvælstof og total fosfor.



## Simsted Å, Skive-Hobro Landevej:

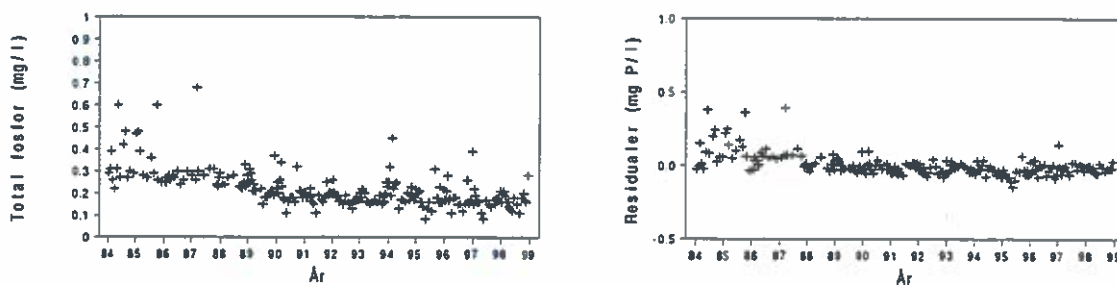
De korrigerede koncentrationer af total kvælstof har en stigende tendens i hele perioden på nær de to sidste år (1997-98). Samlet set er tendensen signifikant ( $P=0,34\%$ ), men ikke homogen. Udviklingstendensen kan samlet estimeres til  $0,099 \text{ mg l}^{-1} \text{ år}^{-1}$ .

Figur 81: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total kvælstof.



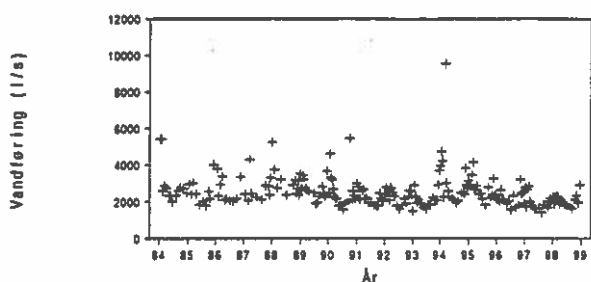
Som man kan se i figur 82 udviser de korrigerede koncentrationer af total fosfor et fald i den undersøgte periode. Et fald som er størst først i perioden, men som samlet set over hele perioden er signifikant ( $P=0,34\%$ ), homogent og som kan estimeres til at være  $-0,006 \text{ mg l}^{-1} \text{ år}^{-1}$ .

Figur 82: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total fosfor.



Også vandføringer har et signifikant ( $P=1,2\%$ ) fald i perioden (figur 83). Hældningsestimatet er beregnet til  $-48 \text{ l s}^{-1} \text{ år}^{-1}$ , som svarer til  $-0,22 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2} \text{ år}^{-1}$ .

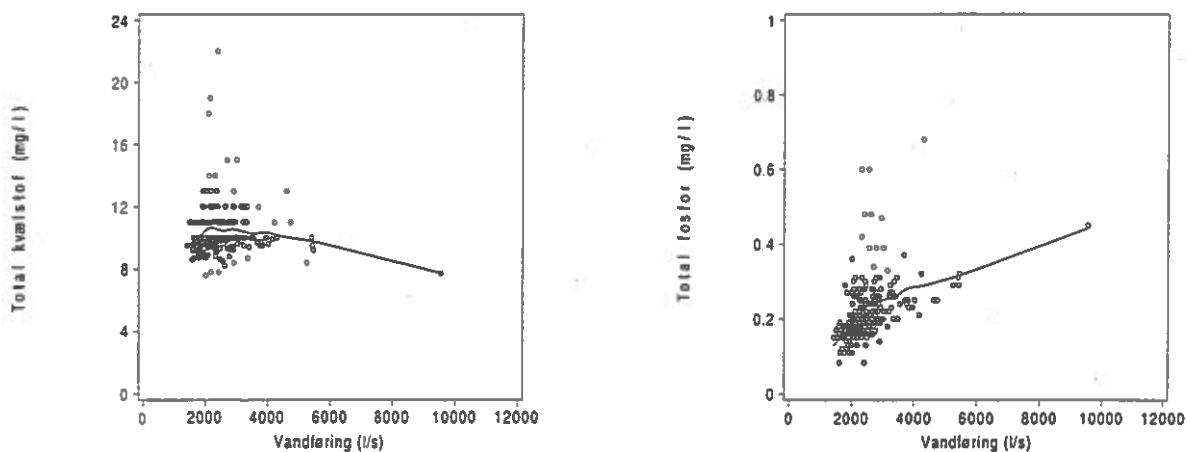
Figur 83: Tidsserieplot af vandføringen på måledage.



Tabel 21: Testresultater samt hældningsestimater med 95 %-konfidensintervaller.

Testvariabel	Homogenitetstest	Testsandsynlighed (%)	Testværdi (Z)	Testsandsynlighed (%)	Estimat for hældning	95 %-konfidensinterval for hældning
Vandføring	12,2	35	-2,50	1,2	-48	[-80;-12]
Kvælstof	27,9	0,33	2,92	0,34	0,099	[0,034;0,161]
Fosfor	14,5	20	-2,93	0,34	-0,006	[-0,011;-0,002]

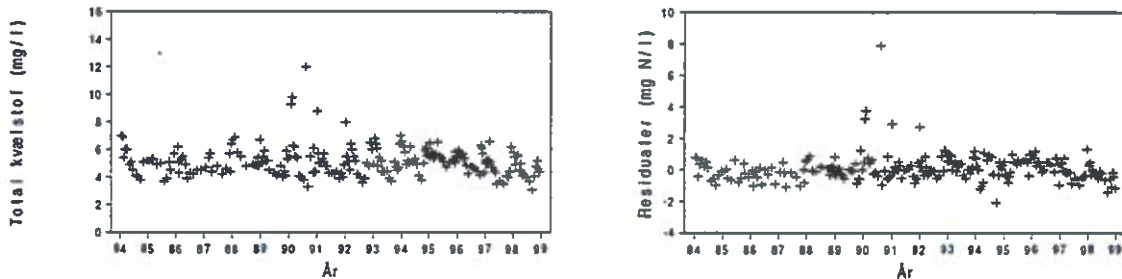
Figur 84: LOWESS-kurver for koncentrationer af total kvælstof og total fosfor.



## Skals Å, Løvel Bro:

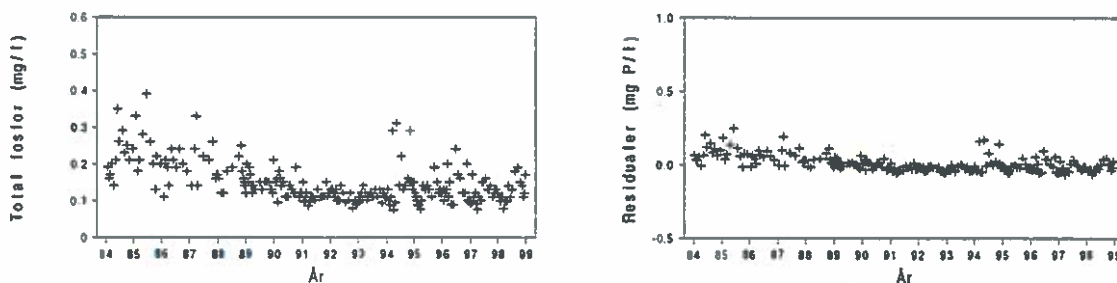
Alle tre tidsserier har homogene udviklingstendenser. Tidsserien af korrigerede koncentrationer af total kvælstof har ikke nogen signifikant udviklingstendens (figur 85).

Figur 85: Tidsserieplot af vandføringskorrigerede koncentrationer af total kvælstof.



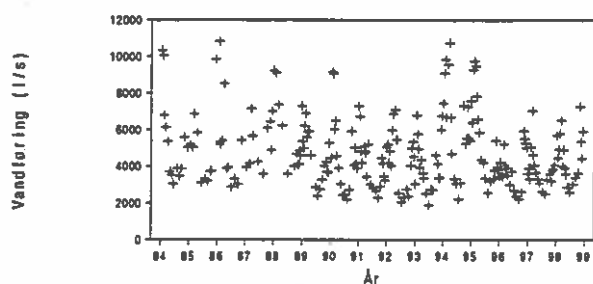
De korrigerede koncentrationer af total fosfor har ligesom mange af de andre vandløb en negativ tendens, som er størst først i perioden (figur 86). Faldet er signifikant ( $P=0,37\%$ ) og kan estimeres til  $-0,006 \text{ mg l}^{-1} \text{ år}^{-1}$ .

Figur 86: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total fosfor.



Vandføringerne har en ikke signifikant faldende udviklingstendens (figur 87).

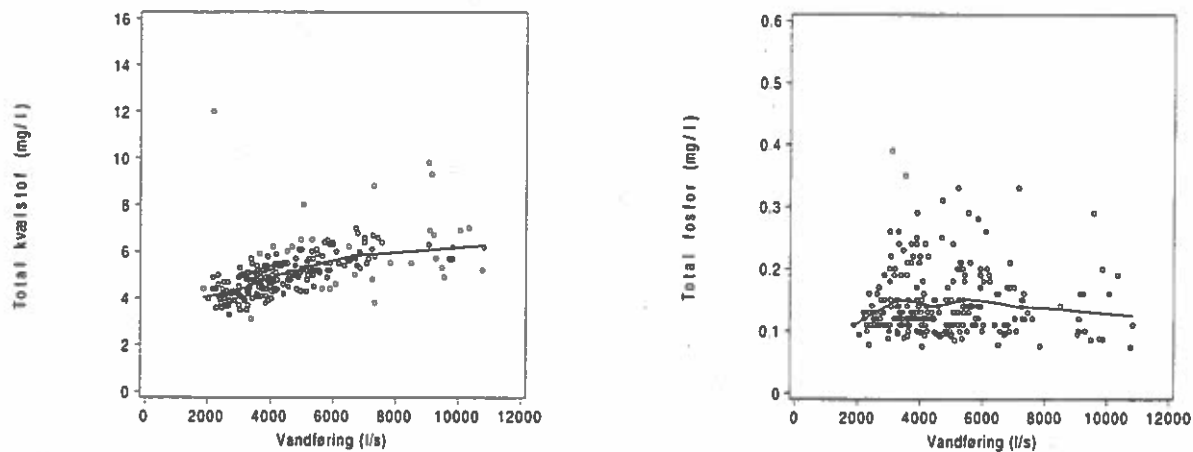
Figur 87: Tidsserieplot af vandføringen på måledage.



Tabel 22: Testresultater samt hældningsestimater med 95 %-konfidensintervaller.

Testvariabel	Homogenitetstest	Testsandsynlighed (%)	Testværdi (Z)	Testsandsynlighed (%)	Estimat for hældning	95 %-konfidensinterval for hældning
Vandføring	12,8	31	-1,74	8,2	-63	[-139;9,0]
Kvælstof	12,6	32	0,440	66	0,008	[-0,026;0,048]
Fosfor	12,7	31	-2,90	0,37	-0,006	[-0,010;-0,002]

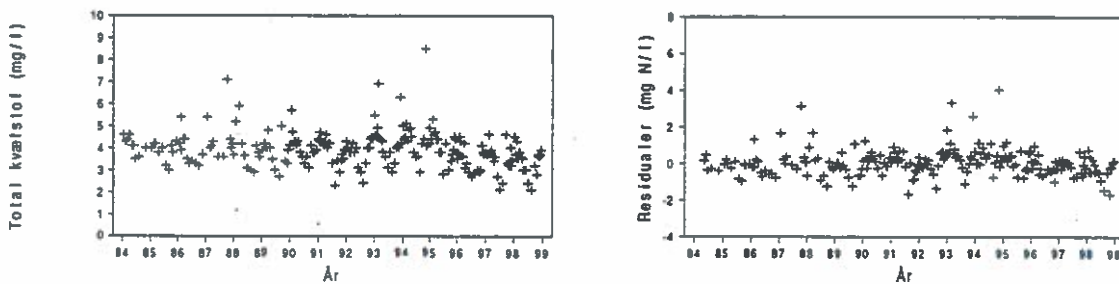
Figur 88: LOWESS-kurver for koncentrationer af total kvælstof og total fosfor.



## Fiskbæk, Nybro Jernbanen:

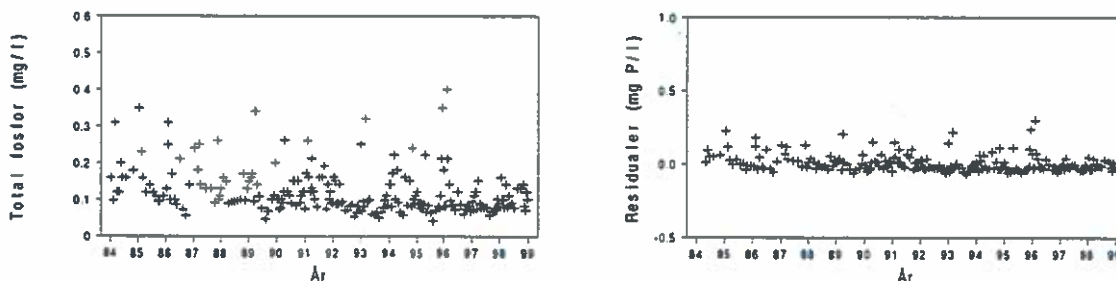
Også for dette vandløb kan man acceptere hypotesen om homogene trends mellem sæsoner for alle tre testvariable. Med hensyn til de korrigerede koncentrationer af total kvælstof kan man ikke påvise nogen signifikant udviklingstendens (figur 93).

Figur 93: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total kvælstof.



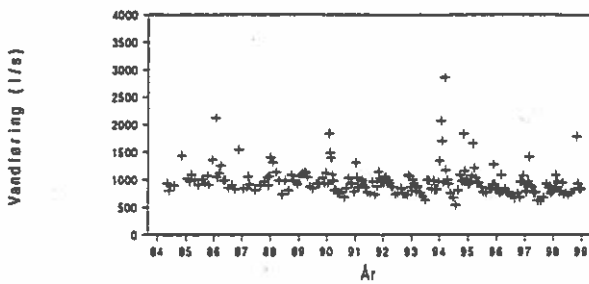
Men for de korrigerede fosforkoncentrationer ser man en faldende tendens (figur 94), som er signifikant ( $P=2,0\%$ ) og kan estimeres til at være  $-0,003\text{ mg l}^{-1}\text{ år}^{-1}$ .

Figur 94: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total fosfor.



Der er også en signifikant ( $P=0,46\%$ ) faldende udviklingstendens for vandføringer på måledage. Trenden estimeres til at være  $-15\text{ l s}^{-1}\text{ år}^{-1}$ , som er  $-0,23\text{ l s}^{-1}\text{ km}^{-2}\text{ år}^{-1}$ .

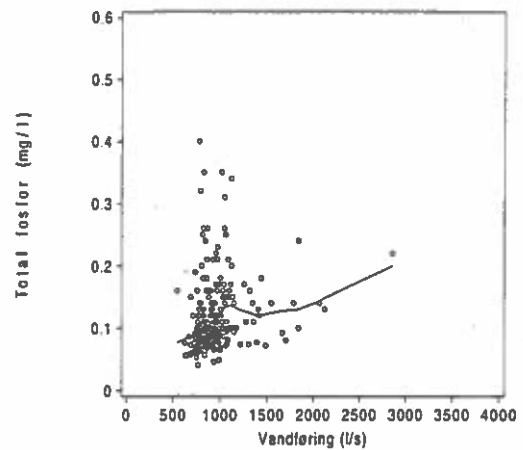
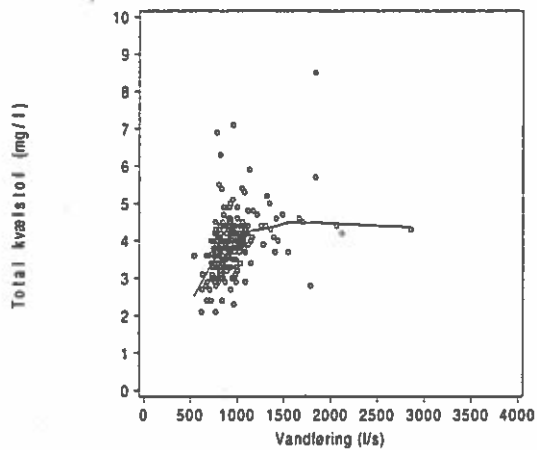
Figur 95: Tidsserieplot af vandføringen på måledage.



Tabel 24: Testresultater samt hældningsestimater med 95 %-konfidensintervaller.

Testvariabel	Homogenitetstest	Testsandsynlighed (%)	Testværdi (Z)	Testsandsynlighed (%)	Estimat for hældning	95 %-konfidensinterval for hældning
Vandføring	17,6	9,1	-2,84	0,46	-15	[-24;-5,1]
Kvælstof	11,1	44	-0,269	79	-0,004	[-0,044;0,035]
Fosfor	17,0	11	-2,34	2,0	-0,003	[-0,005;-0,0005]

Figur 96: LOWESS-kurver for koncentrationer af total kvælstof og total fosfor.

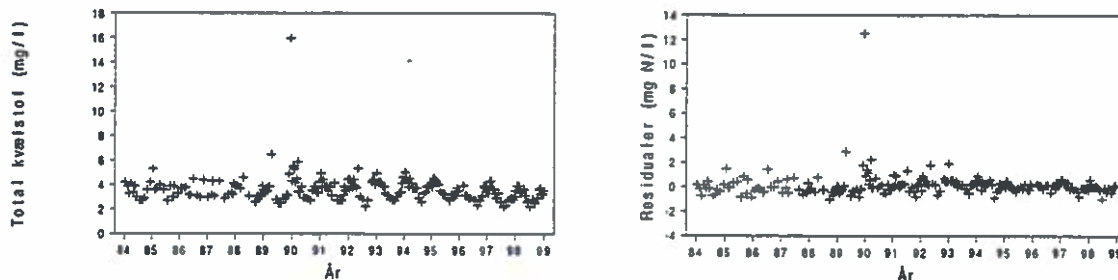




## Karup Å, Nørkær Bro:

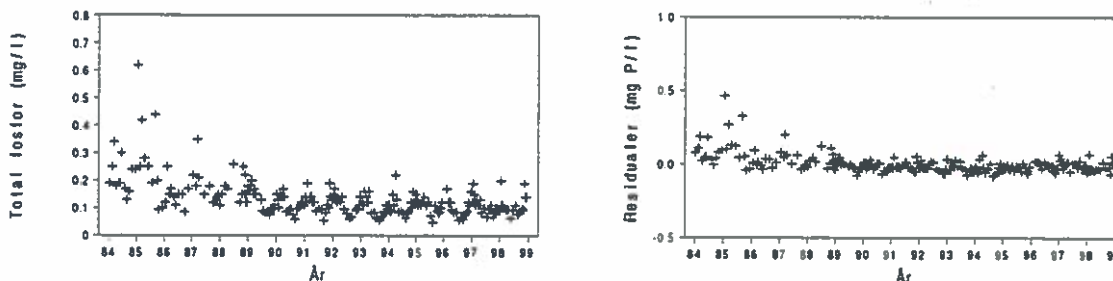
De korrigerede koncentrationer af total kvælstof har ikke nogen udviklings-tendens (figur 97).

Figur 97: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total kvælstof.



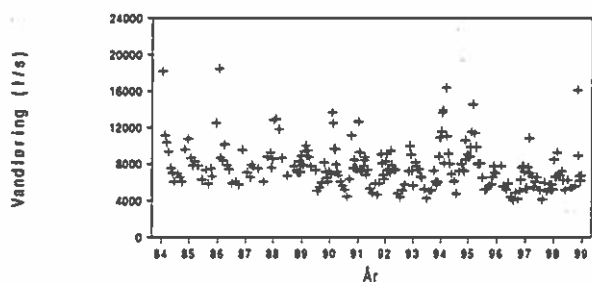
Også for dette vandløb ser man faldende korrigerede koncentrationer af total fosfor (figur 98). Faldet er homogent, signifikant ( $P=0,94\%$ ) og kan estimeres til  $-0,004\text{ mg l}^{-1}\text{ år}^{-1}$ .

Figur 98: Tidsserieplot med målte koncentrationer samt med vandføringskorrigerede koncentrationer af total fosfor.



Ligeledes er der et signifikant ( $P=1,1\%$ ) fald i vandføringerne. Hældningsestimatet kan estimeres ved  $-146\text{ l s}^{-1}\text{ år}^{-1}$ , som kan omregnes til  $-0,23\text{ l s}^{-1}\text{ km}^{-2}\text{ år}^{-1}$ .

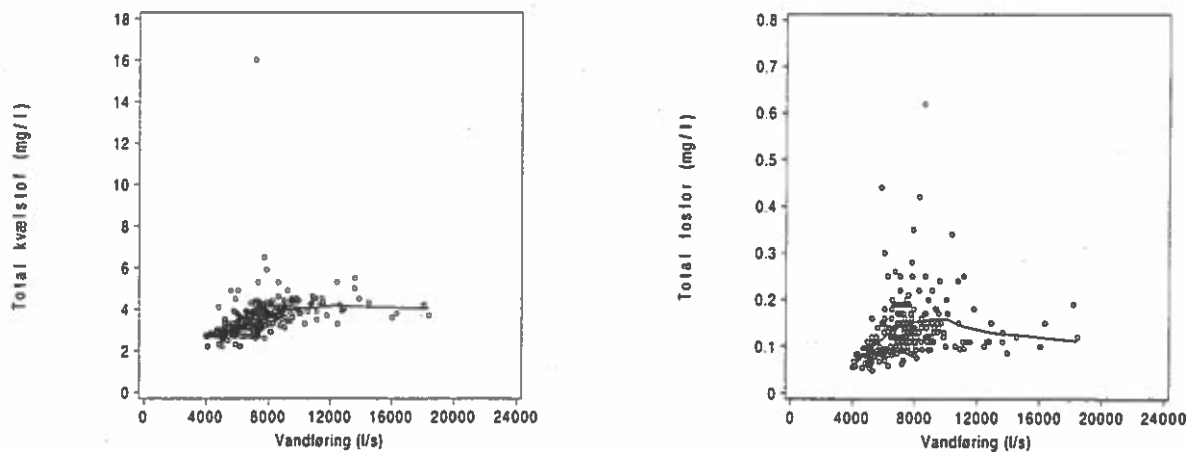
Figur 99: Tidsserieplot af vandføringen på måledage.



Tabel 25: Testresultater samt hældningsestimater med 95 %-konfidensintervaller.

Testvariabel	Homogenitetstest	Testsandsynlighed (%)	Testværdi (Z)	Testsandsynlighed (%)	Estimat for hældning	95 %-konfidensinterval for hældning
Vandføring	15,1	18	-2,53	1,1	-146	[-242;-40]
Kvælstof	8,51	67	0,991	32	0,014	[-0,014;0,036]
Fosfor	8,85	64	-2,60	0,94	-0,004	[-0,007;-0,001]

Figur 100: LOWESS-kurver for koncentrationer af total kvælstof og total fosfor.



# Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - DMU - er en forskningsinstitution i Miljø- og Energiministeriet. DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning indenfor natur og miljø.

Henvendelser kan rettes til:

URL: <http://www.dmu.dk>

Danmarks Miljøundersøgelser  
Frederiksborgvej 399  
Postboks 358  
4000 Roskilde  
Tlf.: 46 30 12 00  
Fax: 46 30 11 14

*Direktion og Sekretariat  
Forsknings- og Udviklingssektion  
Afd. for Atmosfærisk Miljø  
Afd. for Havmiljø og Mikrobiologi  
Afd. for Miljøkemi  
Afd. for Systemanalyse*

Danmarks Miljøundersøgelser  
Vejløvej 25  
Postboks 314  
8600 Silkeborg  
Tlf.: 89 20 14 00  
Fax: 89 20 14 14

*Afd. for Sø- og Fjordøkologi  
Afd. for Terrestrisk Økologi  
Afd. for Vandløbsøkologi*

Danmarks Miljøundersøgelser  
Grenåvej 12, Kalø  
8410 Rønde  
Tlf.: 89 20 17 00  
Fax: 89 20 15 14

*Afd. for Landskabsøkologi  
Afd. for Kystzoneøkologi*

Danmarks Miljøundersøgelser  
Tagensvej 135, 4  
2200 København N  
Tlf.: 35 82 14 15  
Fax: 35 82 14 20

*Afd. for Arktisk Miljø*

Publikationer:

DMU udgiver faglige rapporter, tekniske anvisninger, temarapporter, samt årsberetninger. Et katalog over DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter er tilgængeligt via World Wide Web. I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer.



# Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - DMU - er en forskningsinstitution i Miljø- og Energiministeriet. DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning indenfor natur og miljø.

Henvendelser kan rettes til:

URL: <http://www.dmu.dk>

Danmarks Miljøundersøgelser  
Frederiksborgvej 399  
Postboks 358  
4000 Roskilde  
Tlf.: 46 30 12 00  
Fax: 46 30 11 14

*Direktion og Sekretariat  
Forsknings- og Udviklingssektion  
Afd. for Atmosfærisk Miljø  
Afd. for Havmiljø og Mikrobiologi  
Afd. for Miljøkemi  
Afd. for Systemanalyse*

Danmarks Miljøundersøgelser  
Vejlsovej 25  
Postboks 314  
8600 Silkeborg  
Tlf.: 89 20 14 00  
Fax: 89 20 14 14

*Afd. for Sø- og Fjordøkologi  
Afd. for Terrestrisk Økologi  
Afd. for Vandløbsøkologi*

Danmarks Miljøundersøgelser  
Grenåvej 12, Kalø  
8410 Rønde  
Tlf.: 89 20 17 00  
Fax: 89 20 15 14

*Afd. for Landskabsøkologi  
Afd. for Kystzoneøkologi*

Danmarks Miljøundersøgelser  
Tagensvej 135, 4  
2200 København N  
Tlf.: 35 82 14 15  
Fax: 35 82 14 20

*Afd. for Arktisk Miljø*

## Publikationer:

DMU udgiver faglige rapporter, tekniske anvisninger, temarapporter, samt årsberetninger. Et katalog over DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter er tilgængeligt via World Wide Web. I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer.