

Vandføringsevne i danske vandløb 1976-1995

Faglig rapport fra DMU, nr. 189

Hans Legaard Iversen

Niels Bering Ovesen

Afdeling for Ferskvandsøkologi

Datablad

Titel: Vandføringsevne i danske vandløb 1976-95

Forfattere: Hans Legaard Iversen, Niels Bering Ovesen

Afdelingsnavn: Afdeling for Vandløbsøkologi

Serietitel og nummer.: Faglig rapport fra DMU nr. 189

Udgiver: Miljø- og Energiministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser ©

URL: [http: \\www.dmu.dk](http://www.dmu.dk)

Udgivelsesår: Maj 1997

Referee: Torben Moth Iversen

Layout: Kathe Møgelvang, Juana Jacobsen

Bedes citeret: Iversen, H.L. & Ovesen, N.B. (1997): Vandføringsevne i danske vandløb 1976-1995. Danmarks Miljøundersøgelser. 58 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 189.

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.

Emneord: Hydrometri, vandstand, vandløbsvedligeholdelse, grøde, fysisk vandmiljø, tidsserieanalyse

ISBN: 87-7772-322-8
ISSN: 0905-815x

Papirkvalitet: Cyclus Print
Tryk: Silkeborg Bogtryk
Oplag: 600
Sideantal: 58
Pris: kr. 50,- (inkl. 25% moms, ekskl. forsendelse)

Købes hos:

Danmarks Miljøundersøgelser
Postboks 314, Vejlsøvej 25
8600 Silkeborg
Tlf. 8920 1400
Fax 8920 1414

Miljøbutikken, Information & Bøger
Læderstræde 1
1201 København K
Tlf. 3337 9292 (Bøger)
Tlf. 3392 7692 (Information)

Indhold

Sammenfatning 5

1 Indledning 7

2 Historisk oversigt 9

3 Metode 13

- 3.1 Generelt om vandstandsforhold 13
- 3.2 Datagrundlag 14
- 3.3 Beregning af styrevandstand 15
- 3.4 Statistisk analyse 17

4 Resultater 19

- 4.1 Udvikling i vandføringsevnen i perioden 1976-1995 19
- 4.2 Udvikling i vandføringsevne sammenholdt med ændringer i vedligeholdelsespraksis 22
- 4.3 Klimaets betydning for vandføringsevnen 25
- 4.4 Andre forhold 27

5 Referencer 29

Bilagsoversigt 31

- Bilag 1 32
- Bilag 2 34
- Bilag 3 52
- Bilag 4 54

Danmarks Miljøundersøgelser

Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports

Sammenfatning

Formålet med denne undersøgelse er at belyse den generelle udvikling af vandføringsevne i danske vandløb. Udviklingen er vurderet i relation til vandløbsmyndighedernes ændringer i vedligeholdelsespraksis for grødeskæring og oprensning efter vedtagelsen af den nye vandløbslov i 1982, hvor hensynet til miljøet i vandløbene blev indarbejdet i formålsparagraffen. Det skal understreges, at undersøgelsen ikke omfatter en vurdering af, om de regulativmæssige krav til vandføringsevnen er overholdt.

Metode

Udviklingen i vandføringsevnen er undersøgt ved statistisk analyse af vandstandsdata og vandføringsdata i perioden 1976 til 1995 fra 65 hydrometriske målestationer jævnt fordelt i hele landet.

Analysen er udført ved hjælp af Kendall's sæson-test, der er velegnet til at påvise en statistisk signifikant udvikling.

Analysen er foretaget særskilt på data fra sommer og vinter og overvejende på data fra store og middelstore vandløb. Undersøgelsen af udviklingen i vandstandsforholdene er foretaget således, at årstidsvariationen i vandføringen ikke har indflydelse på resultaterne. Udviklingen er sammenlignet med oplysninger om praksis for grødeskæring og øvrig vandløbsvedligeholdelse, der er indhentet ved amter og kommuner.

Reduktion af vandføringsevnen i ca. halvdelen af de undersøgte vandløb

Resultaterne viser, at der i omkring halvdelen af samtlige undersøgte vandløb i løbet af perioden 1976 til 1995 er sket en reduktion af vandføringsevnen. I godt 10% af vandløbene er der sket en forøgelse, og i resten af vandløbene er der ikke nogen signifikant ændring i vandføringsevnen. Den overvejende del af reduktionen er sket i løbet af den seneste 10-års periode.

Vandspejlet er steget op til en halv meter

I de vandløb, hvor vandføringsevnen er reduceret, svarer det til en vandstandsstigning på gennemsnitligt ca. 20 centimeter, og i de enkelte vandløb varierer stigningen mellem 4 og 58 centimeter. Vandstandsstigningerne er sket både i sommer- og vinterperioden. Vandstandsstigningerne er beregnet for henholdsvis sommer- og vintermiddelvandføringer. En særskilt analyse af, hvor meget vandstanden er steget ved store afstrømninger, hvor der er risiko for oversvømmelser, er ikke foretaget. En vurdering af ændringen i oversvømmelsesrisikoen kræver detaljeret kendskab til udviklingen i de enkelte vandløbs geometri.

Reduktion i vandføringsevnen skyldes ikke alene ændret vedligeholdelsespraksis

Det kan ikke påvises, at den generelle reduktion i vandføringsevnen skyldes ændret vedligeholdelsespraksis, idet der i en del af vandløbene er sket ændringer af vandføringsevnen på trods af, at vedligeholdelsespraksis ikke er ændret. Det er dog sandsynligt, at ændret vedligeholdelsespraksis har været medvirkende årsag til at vandstanden er steget, idet stigningen er størst i vandløb med ændret vedligeholdelsespraksis.

Indsnævring af vandløbene til regulativmæssige dimensioner

En reduktion i vandføringsevne falder desuden i de fleste tilfælde sammen med myndighedernes ændrede praksis for vandløbsvedligeholdelse, hvor grødeskæring er begrænset til en strømrønde, der er smallere end vandløbet med en gradvis indsnævring af vandløbet til følge. Denne praksis er indført i erkendelse af, at vandløbsmyndighederne ikke er berettigede til at vedligeholde vandløbene udover de dimensioner, der er fastlagt i regulativerne.

Andre forhold end vedligeholdelse kan påvirke vandføringsevnen

Undersøgelsens resultater indikerer, at naturlige variationer betinget af klimatiske udsving kan have påvirket vandføringsevnen. Således kan en række milde vintre efter 1986 være medvirkende årsag til, at vandføringsevnen er reduceret.

1 Indledning

Denne undersøgelse er gennemført på initiativ af Miljøstyrelsen. Undersøgelsen indgår i en række projekter, der er iværksat med henblik på at undersøge konsekvenserne for afvandingsforholdene på de vandløbsnære arealer efter vedtagelsen af den nye vandløbslov i 1982. Med disse projekter ønskes det afklaret, om de seneste års oversvømmelser har naturlige årsager eller skyldes regulativmæssige forhold.

Formålet med denne delundersøgelse er at belyse, om vandføringsevnen i danske vandløb generelt er reduceret. Udviklingen vurderes i relation til vedligeholdelsespraksis og ændringer i denne som en konsekvens af revisionen af vandløbsloven i 1982, hvor hensynet til miljøet i vandløbene blev indarbejdet i formålsparagraffen. Det skal understreges, at undersøgelsen ikke omfatter en vurdering af, om de regulativmæssige krav til vandføringsevnen er overholdt.

Undersøgelsen indeholder en statistisk analyse af vandløbsdata i perioden 1976 til 1995, og den er foretaget ved hjælp af data fra 65 hydrometriske målestationer. På baggrund af resultaterne af den statistiske analyse er der givet en vurdering af udviklingen i vandløbets vandføringsevne. Udviklingen er sammenlignet med oplysninger om praksis for grødeskæring og øvrig vandløbsvedligeholdelse, der er indhentet ved amter og kommuner.

Miljøstyrelsen har finansieret undersøgelsen, der er udarbejdet af Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Vandløbsøkologi. Afdelingen har siden 1994 varetaget opgaven som Fagdatacenter for Hydrometriske Data, og de hydrometriske data, der er anvendt i undersøgelsen, indgår i fagdatacentrets database. Der skal rettes en tak til amter og kommuner, der har bidraget med oplysninger om vedligeholdelse og andre forhold af betydning for vandføringsevnen. Bent Lauge Madsen skal have stor tak for sit bidrag til den historiske oversigt.

2 Historisk oversigt

Love og regler for vandløb går langt tilbage i historien. Både før og nu afspejler de væsentlige interesser knyttet til vandet og vandløbene.

Vandløbsloven af 1949

Fra begyndelsen af dette århundrede er kravene til vandløbenes afledningsevne steget i takt med, at flere og flere marker er blevet drænet, og at der er blevet tilledt regnvand fra befæstede arealer. Som en konsekvens heraf blev der gennemført en række reguleringer, der har bevirket, at vedligeholdelsen opretholder en unaturlig stor vandføringsevne, hvorved de berørte vandløb er kommet i sedimentdynamisk uligevægt. De stigende mængder spildevand begyndte også at påvirke vandløbene, og det blev nødvendigt med en gennemgribende lovrevision, som endte med vandløbsloven af 1949. I denne lov er afledningsinteresserne helt dominerende: vandets afledning har fortrinsret overfor enhver anden benyttelse af vandløbet.

Selve vedligeholdelsen skulle normalt udføres af dem, der havde mest gavn af den: bredejerne. Opgaven for myndighederne var at lave tilsyn og sikre, at vandløbslovens regler blev fulgt. Regler for vedligeholdelsens omfang blev fastlagt i regulativer, i hvert tilfælde i de offentlige vandløb.

Ændring af vandløbsloven i 1963

I 1963 skete der en ændring i vandløbsloven, der fik en afgørende betydning for vandløbene: amter og kommuner overtog forpligtelsen til at vedligeholde de offentlige vandløb. Stigende krav om effektivitet i vedligeholdelsesarbejdet og risikoen for erstatningssager, hvis vandføringsevnen var for ringe, førte til hårdhændet grødeskæring, kantskæring og oprensning. Dette satte sammen med de stigende mængder spildevand sit præg på vandløbet: ikke blot var vandløbene forurenede, men de blev også fysisk forarmede.

Hårdhændet oprensning

Lovens generelle tilladelse til at "oprense" vandløbene 20 cm dybere end den "regulativmæssige" bund ved maskinel oprensning havde til hensigt at mindske antallet af opgravninger mest muligt. Der er eksempler på, at når de vandløbsnære arealer begyndte at blive mere vandlidende uden for grødesæsonen, blev der gennemført oprensninger, uden at det altid blev kontrolleret, om vandløbene overholdt de dimensionskrav, som fremgik af regulativerne. Denne oprensningspraksis var årsag til, at mange vandløb var både bredere og dybere end foreskrevet i regulativerne (*Christiansen & Schliinsen 1996*).

Forarmning af dyreliv

Oprensningen tog en mængde sten- og grusbanker med, som fiskene lægger æg i, og som er levested for mange arter af vandløbenes smådyr. Den hårdhændede grødeskæring fjernede desuden levesteder og skjulesteder for fisk og smådyr, og den gav strømmen adgang til frit at erodere i bredderne. Følgen var, at vandløbene blev bredere og bredere, og mange var plaget af sandvandring. Den tætte skæring af bredderne fjernede levesteder for markens dyreliv, og på varme sommerdage kunne solen uhindret varme vandet op. Endvidere for-

svandt mange af de naturlige træer ved vandløbene, da de stod i vejen for gravemaskinerne og mejekurvene.

Ringe fysisk variation i vandløb

Man var for alvor begyndt at rense spildevandet, der forurened vandløbene. Det gav umiddelbart gode resultater, idet den synlige påvirkning med f.eks. slagteri- og mejerispildevand forsvandt. Men ellers viste de forventede resultater sig ikke. Der kom hverken en ny bestand af smådyr eller af fisk. Mistanken rettede sig imod den ringe fysiske variation i vandløbene. Det var ikke nok at sikre rent vand i vandløbene, hvis de atter skulle have "et alsidigt dyre- og planteliv", som det blev udtrykt i miljøbeskyttelsesloven af 1973; der skulle også være varierede fysiske forhold.

Miljøbeskyttelsesloven af 1973

I miljøbeskyttelsesloven af 1973 forberedte Folketinget, at det kunne komme på tale at lave en mere skånsom vedligeholdelse: "Ministeren for Forureningsbekæmpelse kan efter forhandling med de kommunale myndigheder fastsætte regler om oprensning og vedligeholdelse af vandløb", kom der til at stå. Dette gav bl.a. anledning til en række forsøg og undersøgelser, der fik betydning for den nuværende vandløbslov og ikke mindst for vejledning og råd om en mere skånsom vedligeholdelse.

I sin mest enkle form gik rådene ud på at indskrænke skæringen af grøde, så der blev efterladt grødebræmmer ved siderne. Det var en forløber for strømrændeskæringen. Et andet råd gik ud på at holde grøden nede med den skygge, man kunne få ved at lade være med at skære bredplanterne eller ved at plante træer. Vandløbsmyndighederne begyndte hurtigt at eksperimentere med nye metoder, dog i al forsigtighed.

I Nordjyllands Amt lavede man forsøg med grødebræmmer i Voer å systemet, som gav meget overbevisende resultater i form af en forøget bestand af ørreder. Interessen for den nye vedligeholdelse bredte sig, allerede før en ny lovgivning var færdig.

Den nuværende vandløbslov fra 1982

Arbejdet med en ny vandløbslov startede i 1976, og betænkningen var færdig marts 1981. Arbejdet byggede i høj grad på de forsøg, der var i gang, og de råd og vejledninger, der blev udbredt til vandløbsmyndighederne. Rådet om at bevare skyggegivende bredplanter blev indarbejdet i den nye vandløbslov fra 1982, men udelukkende baseret på økonomiske argumenter: man kunne spare penge på vedligeholdelseskontoen. Tiden var endnu ikke moden til for mange økologiske nydannelser i loven. Men det udelukkede ikke, at den nye praksis havde positive, økologiske følgevirkninger i vandløbet.

Den nye vandløbslov, der trådte i kraft den 1. november 1983, har bestemmelser om vedligeholdelse, der egentlig ikke afviger fra dem i den gamle lovgivning, idet vandløbene skal vedligeholdes i overensstemmelse med reglerne herom i regulativerne. I loven hedder det, at "Vandløbene skal vedligeholdes, så deres skikkelse eller vandføringsevne ikke ændres". Men formuleringen åbner for, at et vandløb kan tage mange forskellige former, blot det har den fastlagte vandføringsevne. Det vil sige, at vandløbene kan fravige fra den skikkelse, der er angivet i regulativerne.

Nyskabelser i loven

Den væsentlige nyskabelse i vandløbsloven er bestemmelsen i formålsparagraffen, om at vedligeholdelse skal gennemføres, så den ikke alene tilgodeser afvandingen, men også de krav der er fastsat i bl.a. miljøbeskyttelsesloven. Disse krav skal sikre, at der kan være et alsidigt dyre- og planteliv i vandløbet, noget der er nærmere bestemt i de målsætninger for vandløbskvaliteten, der er i amternes recipientkvalitetsplaner.

Revision af regulativer

Mere konkrete bestemmelser om vedligeholdelsen skulle formuleres inden for de følgende 10 års revisioner af regulativerne. I praksis er den skånsomme vedligeholdelse indført før revisionen af regulativerne, i hvert fald i de fleste amtsvandløb og nogle kommunevandløb med højere målsætninger. En mulighed har været at lave tillægsregulativer, hvilket en del amter har benyttet sig af. Med hjemmel i den ny vandløbslov er vandføringsevnen i en del vandløb bevidst søgt reduceret med henblik på at tilgodese de miljømæssige forhold. Dette er sket i de vandløb, der tidligere blev vedligeholdt udover de gældende regulativmæssige bestemmelser. Man har udnyttet mulighederne for kun at skære grøde eller rense op i den del af vandløbet, der kan rummes inden for det tværsnit, der er fastlagt i regulativet. Man er således blevet opmærksom på nødvendigheden af at indføre bestemmelser, der sikrer at oprensning og grødeskæring kun foretages inden for de grænser, der er fastlagt af krav til skikkelse eller vandføringsevne.

Det har givet gode muligheder for at lave skånsom vedligeholdelse uden at komme i konflikt med de aftalte krav til vandføringsevne. De danske vandløb er i kraft af den skånsomme vedligeholdelse blevet mere uordentlige at se på. I forhold til tidligere skærer man ikke al grøden væk. Om denne praksis har indflydelse på vandløbets vandføringsevne, er emnet for undersøgelserne, der er fremlagt i denne rapport.

3 Metode

3.1 Generelt om vandstandsforhold

Vandstand og vandføring

Vandstanden i vandløbene afhænger primært af vandføringen, dvs. hvor meget vand der strømmer i vandløbet. Vandføringen afhænger dels af, hvor meget det har regnet, dels af hvor stor en del af nedbøren, der når vandløbet, samt eventuelle spildevandstilførsler. Vandstanden er generelt højst om vinteren. Det skyldes, at vandføringen er størst i vinterhalvåret, hvor en større del af nedbøren strømmer af til vandløbene. Vandstanden er lavere om sommeren, fordi den regn, der falder om sommeren, i mindre omfang bidrager til vandføringen på grund af den store fordampning på denne årstid. Vandet, der strømmer af i vandløbene i sommerhalvåret, tilføres primært vandløbene fra tilsivende grundvand.

Vandstand og vandførings- evne

Udover vandføringen afhænger vandstanden tillige af vandføringsevnen, dvs. hvor mange liter pr. sekund, der kan løbe ved en given vandstandskote. Det er dog mest praktisk at illustrere vandføringsevnen ved at se på ændringer i vandstanden ved en konstant vandføring. I et smalt vandløb er vandstanden højere end i et bredt vandløb ved samme vandføring. Hvis vandløbet fyldes op af grøde eller is, stiger vandstanden tillige, selvom vandføringen er konstant. Forhindres vandstrømmen lokalt i vandløbet, vil det samtidig få vandstanden til at stige på en længere strækning ovenfor forhindringen, hvorved vandet stuves op.

Om vinteren afhænger vandføringsevnen først og fremmest af vandløbets geometri og eventuelle isdannelser, fordi grøden helt eller delvist henfalder på denne årstid. I sommerhalvåret er vandstanden både bestemt af geometrien og den hydrauliske modstand i den fremvoksende grøde.

Vedligeholdelse og vandfø- ringsevne

Praksis med hensyn til grødeskæring har naturligvis betydning for mængden af grøde i vandløbet om sommeren, men grødeskæringen kan tillige afstedkomme midlertidige og permanente ændringer i vandløbets geometri på grund af vandløbsvegetationens evne til at tilbageholde sediment. Oprensninger/opgravninger fører til en øjeblikkelig udvidelse af vandløbet, men forøger erosionsrisikoen på længere sigt. Når udviklingen i vandføringsevnen som følge af ændret vedligeholdelsespraksis undersøges, betragter man derfor samtidige ændringer i grødens hydrauliske virkning og ændringer i geometriens indflydelse på vandstandsforholdene. Vedligeholdelsespraksis har derfor betydning for vandstandsforholdene både sommer og vinter.

Formålet med denne undersøgelse er at analysere udviklingen i vandføringsevnen, og det er derfor nødvendigt at udføre beregninger, der viser udviklingen i vandstandsforholdene uafhængigt af udviklingen i vandføringen.

3.2 Datagrundlag

Hydrometriske målestationer

Vandføringsevnen undersøges på grundlag af bearbejdede data fra hydrometriske målestationer, der repræsenterer en strækning af varierende længde nedenfor målestationen. Påvirkningsstrækningen til målestationen kan skønnes som vanddybde divideret med bundhældning nedenfor målestationen. En station i et dovent vandløb med en hældning på 0,2 promille og en vanddybde på 2 m vil være påvirket af en strækning 10 km, mens en station i et 1 m dybt vandløb med 2 promilles fald kun vil være påvirket af en strækning 500 m nedstrøms målestationen. Det antages, at påvirkninger af vandføringsevnen i vandløbene generelt vil kunne aflæses ved målestationerne.

Fra målestationerne foreligger tidsserier af døgnlige værdier af vandstand og vandføring. Tidsserierne er beregnet på grundlag af kontinuerede vandstandsregistreringer. Der er udført regelmæssige vandføringsmålinger til at etablere en fast sammenhæng mellem vandstand og vandføring samt til at indarbejde forskydninger i vandføringsevnen ved beregning af vandføringen.

Udvælgelse af stationer

For at vandløb og målestationer kan indgå i datamaterialet, skal de opfylde visse kriterier.

- Målestationen skal som minimum have været i drift siden 1978.
- Målestationen må ikke være flyttet eller påvirket af betydelige reguleringer i driftsperioden.
- Vedligeholdelsespraksis og ændringer heri skal være dokumenterede.
- Vandløbet skal være grødepåvirket.

Krav til driftsperiode

Overgangen til mere miljøvenlige vedligeholdelsesprincipper er foregået gradvist og på forskellige tidspunkter fra den gældende vandløbslovs vedtagelse i 1982 og frem til i dag. For at tilvejebringe et godt sammenligningsgrundlag vurderes udviklingen i vandstandsforholdene over en 20-årig periode fra 1976 til og med 1995. For at få tilstrækkelig mange stationer med i undersøgelsen er der dog medtaget stationer med driftsstart fra 1978, samt enkelte med driftsstart i begyndelsen af firserne. Fordelen ved at betragte vandføringsevnen over en længere periode er, at betydningen af klimasvingninger og eventuelle udokumenterede forhold herved bedre kan vurderes.

Vandløbsstrækningen skal være upåvirket af restaureringsforanstaltninger.

Målestationer, hvor vandføringsevnen er påvirket af andre forhold end vedligeholdelsespraksis, er uegnede til undersøgelsen. Der kan f.eks. være tale om styrt, der er ombygget til stryg, stationer, der er påvirket af vandstanden i nedstrøms liggende vandløb, og søer eller vandløb, der er blevet genslynget eller påvirket af andre restaureringsformer. Endvidere må stationen ikke være flyttet.

Dokumentation for vedligeholdelsespraksis.

Fra amter og enkelte kommuner er der via spørgeskemaer indhentet generelle oplysninger om tidligere og nuværende vedligeholdelsespraksis, samt tidspunkt for ændring. For visse vandløb indskrænker oplysningerne sig til tidspunkt for indførelse af tillægsregulativ for samtlige amtsvandløb, mens der i andre tilfælde foreligger meget

detaljerede beskrivelser af ændringer i vedligeholdelsespraksis og fysiske forhold gennem undersøgelsesperioden. Der må derfor tages det forbehold, at det ikke har været muligt at få alle relevante informationer. Stationer, hvor vedligeholdelsen ifølge de foreliggende oplysninger er uændret i undersøgelsesperioden, indgår som referencestationer.

Vandløbet skal være grødepåvirket

Ændringen i grødeskæringspraksis har kun betydning for vandføringsevnen, hvis vandløbene er grødepåvirkede. Grødepåvirkningen behøver dog ikke at give en synlig årstidsvariation i vandføringsevnen, idet en reduktion i vandføringsevnen kan foregå ved en længevarende tilgroning af vandløbets sider.

Der er i alt udvalgt 65 stationer i et bredt udsnit af danske vandløb (se figur 3.1 bagest i rapporten). Heraf er 15 stationer klassificeret som referencestationer. Undersøgelsen omfatter primært store og mellemstore vandløb, da det fortrinsvis er i disse vandløb, der foreligger længere tidsserier.

3.3 Beregning af styrevandstand

Styrevandstanden er et mål for, hvordan vandstanden ville have udviklet sig, hvis vandføringen havde været konstant. Ændringer i styrevandstanden er derfor et udtryk for ændringer i vandføringsevnen. Således reduceres vandføringsevnen, når styrevandstanden stiger.

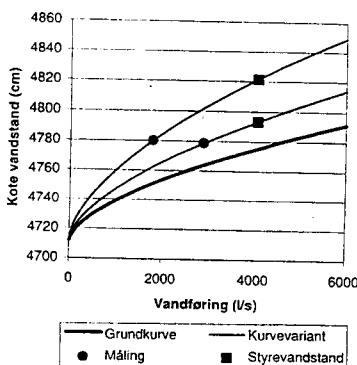
QH-relation

Sammenhængen mellem vandstand og vandføring kan udtrykkes som

$$Q = A(H - H_0)^n$$

hvor Q er vandføringen, A udtrykker blandt andet den modstand, vandløbet yder mod det strømmende vand, H er vandstanden, H_0 er den vandstand, hvor vandføringen netop er nul, og n er en parameter, der er bestemt af vandløbets geometri.

Grundkurve



Figur 3.2 Beregning af styrevandstand

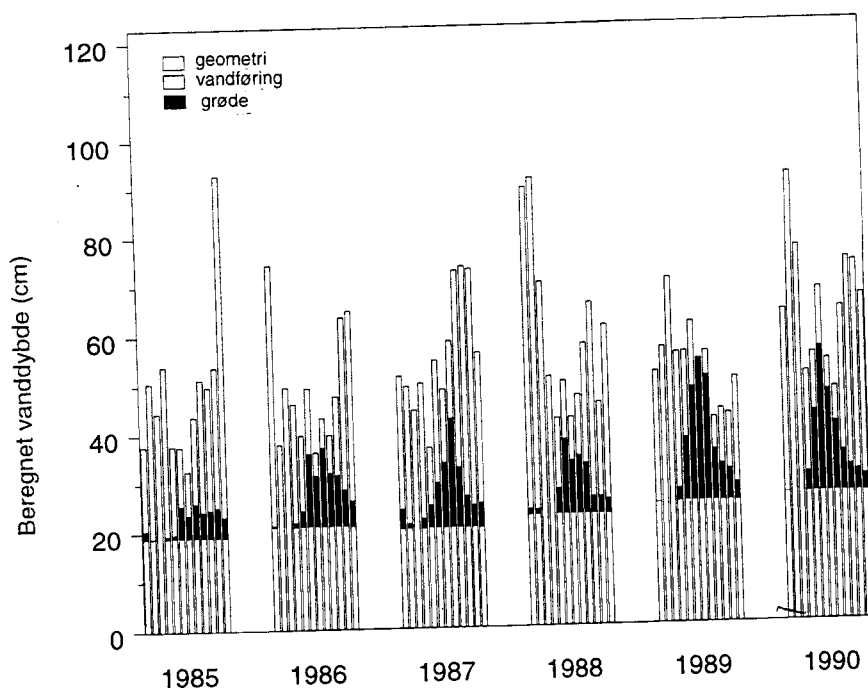
Om vinteren, hvor grødevæksten er minimal, kan man konstruere en kurve, der viser sammenhængen mellem vandstand og vandføring i det grødefri vandløb. Denne sammenhæng kaldes grundkurven (figur 3.2).

Når vandføringsevnen reduceres som følge af grødevækst eller andre forhold, sker der en forskydning af kurvesammenhængen mellem vandstand og vandføring. Denne forskydning kan beskrives ved hjælp af såkaldte kurvevarianter. Under antagelse af, at reduktionen i vandføringsevnen er procentvis lige stor ved alle vandføringer, vil parameteren A i kurvevarianten variere i forhold til grundkurven, mens de øvrige parametre vil være ens. Med denne viden kan kurvevarianten beregnes for hver måling af vandstand og vandføring. Når kurvevarianter er beskrevet for en række observationer, kan den teoretiske vandstandskurve svarende til en given konstant vandføring beregnes.

Ovennævnte angiver princippet for den vurdering af vandføringsevnen, der er foretaget i denne undersøgelse. Antagelsen om, at ændringen i vandføringsevnen er procentvis ens under alle vandføringer, er naturligvis en tilnærmelse til virkeligheden. Men metoden er alligevel fundet anvendelig til at udtrække udviklingstendenser af et så stort datamateriale, som der her er tale om.

Opsplitning af vandstand

På figur 3.3 ses et eksempel på udviklingen i vandstandsforholdene måned for måned i årene 1985 - 1990 ved Gudenå, Åstedbro. De hvide søjler er den geometrisk bestemte vandstand, og de sorte søjler repræsenterer den del af vandstanden, der er bestemt af grøde eller is. De hvide og sorte søjler udgør tilsammen styrevandstanden ved en styrevandføring på 796 l/s. De overliggende grå søjler er den vandstand, der skyldes, at månedsmiddelvandføringen har været større end 796 l/s. Summen af de tre søjler er således den registrerede månedsmiddelvandstand.



Figur 3.3 Geometriens, grødens og vandføringens indflydelse på vandstanden ved Gudenå, Åstedbro, 1985 - 1990.

Den geometriske vandstand

Den største vandføringsevne ses normalt i den sene vinter, hvor grødepåvirkningen er minimal. Der er her givet et forslag til størrelsen og udviklingen i den geometriske vandstand ved at antage, at ændringer i vandløbsprofilen kan aflæses i marts og gælder for det pågældende år. Antagelsen beror på, at tilgroning og tilbageholdelse af materiale i løbet af sommeren kun giver midlertidige ændringer i geometrien, der først når et stabilt niveau, efter at vinterens erosive kræfter har virket og udjævnet de ikke modstandsdygtige aflejringer. Det fremgår dog af figuren, at den geometriske vandstand i visse måneder kan være lidt lavere end i marts.

Udvikling i vandføringsevnen

Måneder, hvor vandstanden er tydeligt påvirket af tilisning, er ikke medtaget i analysen, idet effekt af isstuvninger eller andre frostfænomener ikke er interessante i denne sammenhæng. Den grødebe-

stemte vandstand topper i løbet af juni-august og nærmer sig i dette tidsrum den geometriske vandstand i størrelsesorden. Den geometriske vandstand udviser en jævn men beskedent stigning, mens der er større udsving i den grøde bestemte vandstand, der dog også er markant stigende.

3.4 Statistisk analyse

For at få størst mulig udbytte af informationen i de behandlede data er der anvendt en statistisk analyse.

Komplikationer i statistisk tolkning af hydrometriske data

En statistisk fortolkning af udviklingstendenser i hydrometriske data er imidlertid kompliceret, og standardmetoder er ofte uanvendelige. Der er flere årsager til komplikationer i fortolkningen af serien af vandstandsdata.

- Der forekommer ofte korte eller lange perioder, hvor der ikke findes vandstandsregistreringer, eller de er fejlbehæftede på grund af driftsforstyrrelser eller ekstreme klimatiske forhold.
- Tidsserierne udviser en tydelig seriel korrelation med sæsonprægede og klimaprægede udsving. Disse udsving tilslører en langtid udvikling i vandføringsevnen.
- Det kan ikke antages, at data er normalfordelt.
- Antagelsen, om at vandføringsevnen har samme procentvise påvirkning af vandstanden ved alle vandføringer, er en tilnærmelse.

Traditionelle statistiske metoder såsom regressionsanalyser kan ikke anvendes, fordi de kræver, at data med rimelig sikkerhed er normalfordelte, og at seriel korrelation ikke er tilstede, mens parametriske tidsserieanalyse bryder sammen, fordi data ikke er ækvidistante. I stedet anvendes her en fordelingsfri statistisk metode, Kendall's sæsontest, som er robust over for alle de førnævnte komplikationer (Larsen, 1996; Hirsch, 1984).

Kendall's sæson test

På grund af årstidsvariationen i serien af styrevandstande opdeles sommer og vinter i mindre intervaller af en måneds varighed, idet serien af vandstande i f.eks. januar måneder antages at være nogenlunde ens påvirket af sæsonvariationer. Hver måned analyseres for udviklingstendenser og disse kombineres derefter til analyser for hele sommerperioden og hele vinterperioden. Derved elimineres sæsoneffekten. Analysemetoden forudsætter én måling pr. måned hvert år, så derfor beregnes månedsmidler af vandstand og vandføring.

Vinter- og sommerperioder

Datamaterialet er todelt for at få en udviklingstendens for sommerperioden (1. maj - 30. november), hvor grødepåvirkningen er stor og for vinterperioden (1. december - 30. april), hvor en evt. udvikling i vandføringsevnen primært skyldes ændringer i vandløbsgeometrien.

Ændring i styrevandstand

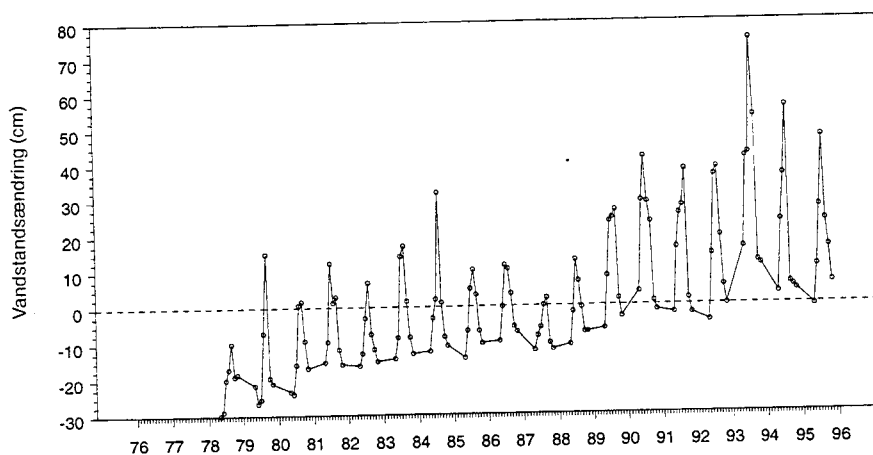
Styrevandstanden for sommeren er beregnet ud fra sommermiddelvandføringen (1. maj - 31. oktober) i undersøgelsesperioden, og styrevandstanden for vinteren er tilsvarende beregnet ud fra vintermiddelvandføringen.

For at få en statistisk korrekt fortolkning er det nødvendigt at forstærke udviklingstendenser ved at transformere de koterede styre-

vandstande til differencer mellem styrevandstand og den gennemsnitlige styrevandstand for hele perioden. Figur 3.4 er et eksempel på en kurve fra Trend å, der viser ændringen i styrevandstanden i cm.

Analyser af 3 perioder

Der er gennemført en analyse af udviklingen i vandstandsforholdene i hele undersøgelsesperioden (1976 - 1995). Desuden er der udført en analyse af udviklingen i første halvdel af perioden (1976 - 1985), hvor vedligeholdelsespraksis i reglen kun havde til formål at sikre vandføringsevnen, samt en analyse af udviklingen efter 1986, hvor vedligeholdelsespraksis generelt er overgået til en mere miljøvenlig form. Ved særskilt at analysere udviklingen i 16 referencevandløb, hvor der ikke er sket ændringer i vedligeholdelsespraksis, er betydningen af vedligeholdelsespraksis vurderet i forhold til den generelle udvikling i vandstandsforholdene.



Figur 3.4 Udvikling i styrevandstandene i sommerperioden (maj - november) 1976 -1995 i Trend å ved Fredbjerg bro.

1986 er valgt som skæringsår, fordi vandløbsmyndighederne i praksis har ventet nogle år efter den nye vandløbslovs ikrafttrædelse i 1983 med at indføre nye vedligeholdelsesprincipper. I 42 ud af 50 vandløb, hvor vedligeholdelsespraksis er ændret, er ændringen sket efter 1986. Samtidig er det mest hensigtsmæssigt i den statistiske analyse at dele datamaterialet i to lige store tidsserier, der i øvrigt virker bedst på tidsserier af mindst 10 års varighed.

Analyseresultater

Den statistiske metode frembringer en udviklingstendens for hver måned (UP-test statistic) og en tendens for den samlede udvikling henholdsvis sommer og vinter. Testværdiens størrelse angiver, hvor kraftig tendensen er, mens testværdiens fortegn angiver, om vandstanden er stigende (positiv) eller faldende (negativ). Hvis parameteren "probability" er mindre end 0,05, vil tendensen skyldes tilfældigheder i mindre end 5 ud af 100 gange, og udviklingen betragtes så at være signifikant. Stationerne er grupperet efter om der er sket en reduktion i vandføringsevnen, en forøgelse i vandføringsevnen eller ingen signifikant ændring er indtruffet. Generelle udviklingstendenser er efterfølgende fundet ved hjælp af Chi_test's (Elliot, 1983)

Årlige stigning i styrevandstanden

På strækninger, hvor der er sket en signifikant reduktion af vandføringsevnen, er den årlige stigning i styrevandstanden estimeret ved hjælp af Sen's hældningsestimator (Hirsch et al., 1982). Forskelle i stigningstakt mellem grupper af stationer er fundet ved Kruskal-Wallis's analyse (Elliot, 1983).

4 Resultater

Først gennemgås den generelle udvikling i vandføringsevnen, på grundlag af den statistiske analyse. Resultater af Kendall's sæson test for de enkelte vandløbsstrækninger findes i bilag 3.

Herefter følger en beskrivelse og diskussion af typiske udviklingstræk sammenholdt med oplysninger om vedligeholdelsespraksis. I bilag 2 findes diagrammer, der viser udviklingen i vandføringsevnen både sommer og vinter ved de 65 hydrometriske stationer, der indgår i undersøgelsen.

Klimavariationer og disses indvirkning på vandføringsevnen belyses på grundlag af informationer om temperatur og afstrømning i perioden 1976 - 1995.

Endelig indeholder kapitlet en diskussion af andre årsager til den generelle udvikling i vandføringsevnen end ændringer i vedligeholdelsespraksis og klimatiske variationer.

Vandføringsevnen er som nævnt i metodeafsnittet vurderet på grundlag af udviklingen i styrevandstandene, der viser vandstandsforløbet beregnet på grundlag af en konstant vandføring. Når ordet vandstande indgår i det følgende, er der tale om styrevandstand.

4.1 Udvikling i vandføringsevnen i perioden 1976 - 1995

Tabel 4.1 Udvikling i vandføringsevnen på 65 stationer i Danmark på 95% konfidensniveau.

Periode	Sæson	Signifikant reduktion	Ingen ændring	Signifikant forøgelse
		Antal (%)	Antal (%)	Antal (%)
1976 - 1995	Vinter	32 (49)	25 (39)	8 (12)
	Sommer	26 (40)	31 (48)	8 (12)
1976 - 1985	Vinter	18 (28)	28 (43)	19 (29)
	Sommer	12 (18)	35 (54)	18 (28)
1986 - 1995	Vinter	31 (48)	34 (52)	0 (0)
	Sommer	21 (32)	42 (65)	2 (3)

Generel reduktion i vandføringsevnen i perioden 1976 - 1995

Der er sket en generel reduktion af vandføringsevnen i perioden 1976 - 1995 både sommer og vinter. På 40 ud af 65 vandløbsstrækninger, hvor der er foregået en udvikling i årene 1976 - 1995, er der i 3 ud af 4 tilfælde sket en reduktion i vandføringsevnen (tabel 4.1). Denne forskel er signifikant.

Tendensen til at vandføringsevnen er reduceret i danske vandløb indtræffer dog ikke i de første 10 år efter 1976, hvor der ikke er signifikant flere reduktioner i vandføringsevnen end forøgelser. Den generelle reduktion bliver derimod signifikant efter 1986 (tabel 4.1).

Tabel 4.2. Udvikling i vandføringsevnen (95% konfidensniveau) på 65 stationer i Danmark, opdelt i grupper med og uden ændring i vedligeholdelsespraksis.

Periode	Sæson	50 Stationer med ændring i vedligeholdelsespraksis		15 Stationer uden ændring i vedligeholdelsespraksis	
		Signifikant reduktion Antal (%)	Signifikant forøgelse Antal (%)	Signifikant reduktion Antal (%)	Signifikant forøgelse Antal (%)
1976 - 1995	Vinter	24 (48)	7 (14)	8 (53)	1 (7)
	Sommer	17 (34)	7 (14)	9 (60)	1 (7)
1976 - 1985	Vinter	15 (30)	15 (30)	3 (20)	4 (27)
	Sommer	11 (22)	16 (32)	1 (7)	2 (13)
1986 - 1995	Vinter	25 (50)	0 (0)	6 (40)	0 (0)
	Sommer	15 (30)	2 (4)	6 (40)	0 (0)

Ingen statistisk sammenhæng mellem ændringer i vedligeholdelsespraksis og reduktion i vandføringsvnen

Det fremgår af tabel 4.2, at den generelle reduktion i vandføringsevnen i årene 1976 -1995 også er foregået i vandløb, hvor vedligeholdelsespraksis ikke er ændret. En chi-test viser, at der ikke er signifikant forskel på udviklingen i henholdsvis referencestationer og stationer med ændret vedligeholdelsespraksis. Den statistiske analyse godtgør således ikke, at vandføringsevnen generelt er reduceret på grund af ændringer i vedligeholdelsespraksis.

Fra 1986 og frem til 1995, hvor vedligeholdelsen overgik til mere miljøvenlige principper, er der i vintrene sket en signifikant reduktion i vandføringsevnen i 50% af de vandløb, hvor vedligeholdelsespraksis er ændret, mens en forøgelse ikke indtræffer i nogen vandløb om vinteren. Der ses tilsvarende en signifikant reduktion i vandføringsevnen på 40% af de vandløbsstrækninger, hvor der ikke er sket ændringer i vedligeholdelsespraksis. Udviklingen i referencevandløbene kan ikke på grundlag af en chi-test siges at være signifikant forskellig fra udviklingen i vandløb, hvor vedligeholdelsespraksis er ændret. Der er således heller ikke efter 1986 statistisk sammenhæng mellem vedligeholdelsespraksis og den generelle udvikling i vandføringsevnen.

Sommer

Efter 1986 er der sket en reduktion i vandføringsevnen ved ca. halvdelen af alle stationer om vinteren, mens der kun er sket en reduktion ved ca. en tredjedel af stationerne om sommeren. Denne forskel skyldes tilsyneladende, at generelle vandstandsstigninger har en tendens til at drukne i fluktuationer i de grødepåvirkede vandløb om sommeren. Generelle vandstandsstigninger kan være udslag af, at vandløbene er indsnævrede.

Jylland og øerne

Det beskrevne mønster på landsplan genfindes i Jylland og på Øerne med undtagelse af perioden 1976 - 1985 (tabel 4.3 og tabel 4.4). I Jylland ses i denne periode klart flest signifikante forøgelser i vandføringsevnen, mens der på Øerne omvendt er flest vandløb med reduceret vandføringsevne. Udviklingen i vandløb med ændret vedligeholdelse er signifikant forskellig i de to landsdele i vinterhalvåret. Chi-testen kan ikke gennemføres på vandløb med ændringer i vedligeholdelsespraksis for sommerhalvåret, idet kravet til mindst 5 observationer i mindst 20% af de enkelte klasser ikke er opfyldt. Udfø-

res testen på alle vandløb for sommerhalvåret ses også en signifikant forskel på udviklingen i de to landsdele.

Fordelingen af vandløbsstrækninger, hvor vedligeholdelsespraksis ikke er ændret, er skæv, idet 10 ud af 15 er beliggende på Øerne. 3 af de 10 strækninger ligger dog i samme vandløb, nemlig Susåen.

Tabel 4.3 Signifikant udvikling i vandføringsevnen (95% konfidensniveau) på 40 stationer i Jylland opdelt i grupper med og uden ændring i vedligeholdelsespraksis.

Periode	Sæson	35 Stationer med ændring i vedligeholdelsespraksis		5 Stationer uden ændring i vedligeholdelsespraksis	
		Signifikant reduktion Antal(%)	Signifikant forøgelse Antal(%)	Signifikant reduktion Antal(%)	Signifikant forøgelse Antal(%)
1976 - 1995	Vinter	15 (43)	5 (14)	2 (40)	1 (20)
	Sommer	11 (31)	6 (17)	3 (60)	1 (20)
1976 - 1985	Vinter	8 (23)	13 (37)	0 (0)	1 (20)
	Sommer	7 (20)	15 (38)	0 (0)	1 (20)
1986 - 1995	Vinter	19 (54)	0 (0)	2 (40)	0 (0)
	Sommer	10 (29)	1 (3)	2 (40)	0 (0)

Tabel 4.4 Signifikant udvikling i vandføringsevnen (95% konfidensniveau) på 25 stationer på Øerne, opdelt i grupper med og uden ændring i vedligeholdelsespraksis

Periode	Sæson	15 Stationer med ændring i vedligeholdelsespraksis		10 Stationer uden ændring i vedligeholdelsespraksis	
		Signifikant reduktion Antal(%)	Signifikant forøgelse Antal(%)	Signifikant reduktion Antal(%)	Signifikant forøgelse Antal(%)
1976 - 1995	Vinter	9 (60)	2 (13)	6 (60)	0 (0)
	Sommer	6 (40)	1 (7)	6 (60)	0 (0)
1976 - 1985	Vinter	7 (47)	2 (13)	3 (30)	3 (30)
	Sommer	4 (27)	1 (7)	1 (10)	1 (10)
1986 - 1995	Vinter	6 (40)	0 (0)	4 (40)	0 (0)
	Sommer	5 (33)	1 (7)	4 (40)	0 (0)

Vandstandsstigningen i perioden 1976-1995 var omkring 20 cm både sommer og vinter ved de stationer, hvor der er sket en reduktion i vandføringsevnen (tabel 4.5 og bilag 4). Stigningen er hovedsageligt sket efter 1986, hvor den var ca. 17 cm. Endvidere var stigningen om sommeren signifikant størst ved de stationer, hvor vedligeholdelsespraksis er ændret (tabel 4.6). Det er derfor sandsynligt, at ændringer i vedligeholdelsespraksis har været medvirkende årsag til den generelle reduktion i vandføringsevnen efter 1986. Vandstandsstigningerne er som nævnt beregnet for henholdsvis sommer- og vintermiddelvandføringer. Hvor meget vandstanden er steget ved store afstrømninger, hvor der er risiko for oversvømmelser, afhænger af vandløbenes geometri og årsagen til vandstandsstigningen. I vandløb med trapezformede tværsnit og indsnævring/pålejring i bunden af vandløbet er vandstandsstigningen lavere ved ekstreme vandføringer end ved middelvandføringer. I vandløb med rektan-

gulære tværsnit er vandstandsstigningen derimod mindst lige så stor ved ekstreme vandføringer som i normalsituationen.

Tabel 4.5 Årlig stigning i styrevandstand (cm) ved stationer, hvor der er sket en signifikant reduktion i vandføringsevnen.

	Vinter			Sommer		
	n	Middel	Median	n	Middel	Median
1976-1995	32	0,93	0,86	26	1,03	0,97
1986-1995	31	1,74	1,64	21	1,66	1,63

Tabel 4.6 Årlig stigning i styrevandstand i perioden 1986-1995 (cm) ved stationer, hvor der er sket en signifikant reduktion i vandføringsevnen.

1986-1995	Vinter			Sommer			
	Stationer	n	Middel	Median	n	Middel	Median
med ændret vedligeholdelsespraksis		25	1,81	1,66	15	1,94	1,78
uden ændret vedligeholdelsespraksis		6	1,40	1,32	6	0,96	0,84

4.2 Udvikling i vandføringsevne sammenholdt med ændringer i vedligeholdelsespraksis

Det fremgår af den statistiske analyse, at der er sket en generel reduktion af vandføringsevnen i perioden 1986 - 1995. Da der ikke kunne påvises nogen signifikant forskel mellem stationer med ændringer i vedligeholdelsespraksis og referencevandløb, må andre forhold end vedligeholdelsespraksis have haft væsentlig indflydelse på vandføringsevnen. Det fremgik dog også, at den årlige vandstandsstigning var signifikant størst på vandløbsstrækninger, hvor vedligeholdelsespraksis er ændret.

Derfor følger nu en gennemgang af, om der er et sammenfald mellem skift i vedligeholdelsespraksis og ændringer i vandføringsevnen (bilag 2) i de vandløb, hvor der er sket en signifikant reduktion i vandføringsevnen.

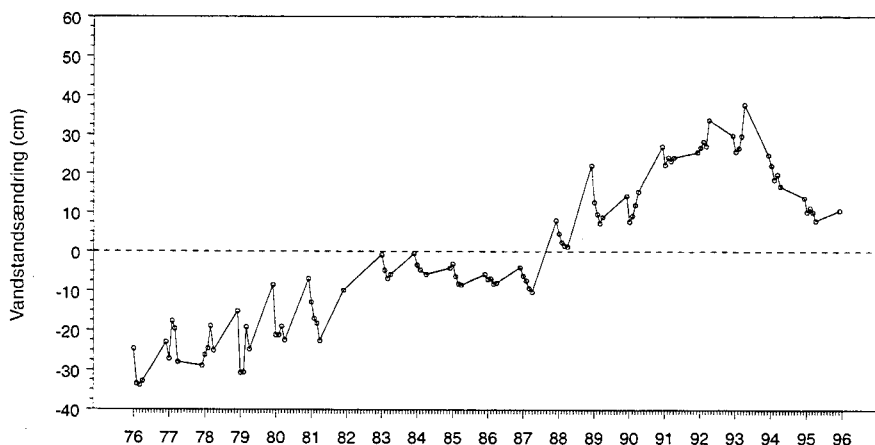
Sammenfald mellem skift i vedligeholdelsespraksis og vandstandsstigning

I 21 ud af 27 vandløbsstrækninger, hvor der er sket en signifikant reduktion i vandføringsevnen efter 1986, er der et sammenfald mellem overgang til mere miljøvenlig vedligeholdelse og en stigning i vandstanden (bilag 1 og bilag 2). I Jylland er der et sammenfald mellem skift i vedligeholdelse og en vandstandsstigning i 16 ud af 19 vandløbsstrækninger, mens det er tilfældet i 5 ud af 8 strækninger på øerne.

På 14 vandløbsstrækninger ses reduktionen i vandføringsevnen som en forøget grødepåvirkning om sommeren og evt. en generel vandstandsstigning. På andre 7 strækninger ses et sammenfald mellem overgangen til skånsom vedligeholdelse og en efterfølgende generel vandstandsstigning. En generel hævnning i vandstandsniveauet både sommer og vinter tolkes som nævnt i metodeafsnittet at skyldes en ændring i vandløbets geometri. Det vil sige, at det alene er en indsnævring og/eller pålejring på vandløbsbunden, der har ført til reduktioner i vandføringsevnen.

Ændringen af vandløbsloven i 1963 førte som nævnt i kapitel 2 til, at vandløbene ved indgangen til firserne ofte var bredere og dybere end foreskrevet i regulativerne. Det er af flere tilsynsmyndigheder bemærket, at der i de senere år er sket en kraftig indsnævring som følge af, at vedligeholdelsen er blevet begrænset til regulativmæssig bredde.

Det er eventuelt denne udvikling, der kan aflæses på de vandløbsstrækninger, hvor der er sket en generel vandstandsstigning efter overgangen til skånsom vedligeholdelse.



Figur 4.1. Udvikling i vandstandene i vinterperioden (december - april) 1976-1995 i Ryom å ved Ryomgård bro.

Ryom å ved Ryomgård bro (figur 4.1) er et eksempel på, at vandstanden stiger, efter at vedligeholdelsespraksis fra og med 1987 blev ændret til strømrændeskæring i regulativmæssig bredde i Ryom å. Der er siden sket en kraftig indsnævring af vandløbet. Reduktionen i vandføringsevnen efter 1986 kan dog også være resultat af klimaforandringer (se side 29).

Forøget grødepåvirkning

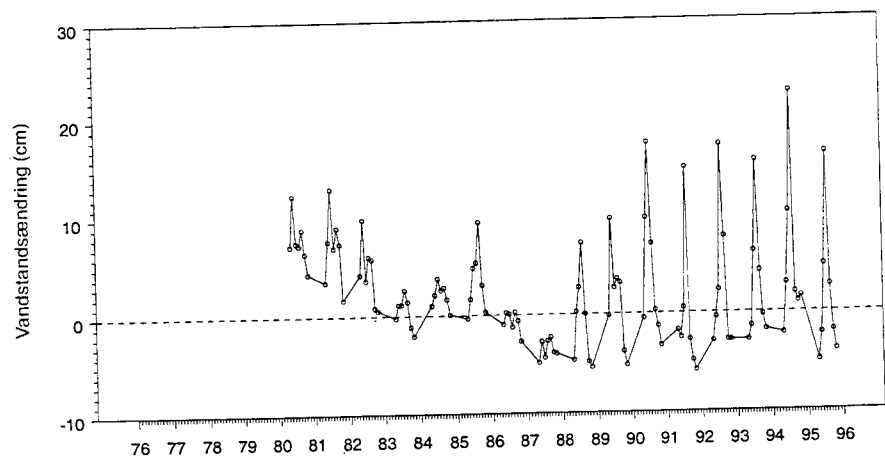
Forøget grødevækst resulterer i større udsving i styreniveauet om sommeren. Grødemængden afhænger af lysindstrålingen i det strømmende vand og dermed af ændringer i beskygning langs vandløbet. Praksis med hensyn til oprensninger kan ligeledes have betydning, idet hårdhændede metoder fjerner grundlaget for planternes fremvækst. Grødearter har forskellige hydrauliske egenskaber, hvorfor ændringer i arts sammensætningen på længere sigt også vil have indflydelse på grødepåvirkningen i vandløbet. Endelig kan nævnes, at grødens maksimale udbredelse i vandløbet begrænses af frekvensen af grødeskæringer.

I 14 ud af 27 vandløbsstrækninger, hvor der er sket en signifikant reduktion i vandføringsevnen efter 1986, ses en forøget grødepåvirkning og eventuelt en generel vandstandsstigning i forbindelse med omlægning af vedligeholdelsen.

Halkjær å

På figur 4.2 ses, hvordan vandføringsevnen ændres i forbindelse med overgangen til miljøvenlig vedligeholdelse i Halkjær å i 1988. Fra 1980 til 1988 ses en konstant forøgelse af vandføringsevnen både sommer og vinter, mens vandstandene stabiliseres om vinteren, og udsvingene i sommervandstandene bliver kraftigere efter 1988. Fra

1978 til 1982 blev der skåret grøde i hele vandløbsbredden, og kantvegetationen blev fjernet til 1 m over vandspejlet. Fra 1983 til 1988 blev der skåret bund og skæg, det vil sige det, der hænger i vandspejlet. Fra efteråret 1988 blev der kun skåret grøde i en strømrende på bunden af vandløbet, der både er bredere og op til 1 meter dybere end foreskrevet i regulativet på strækningen. Selv om udsvingene i vandføringsevnen forøges efter 1988, er den dog generelt forbedret i forhold til perioden 1980 -1985. Nordjyllands amt har konstateret forøget grødevækst i årene 1988-1996, og foreslår det hænger sammen med en udbygning af Års renselæg i 1988, hvilket dels kan have forøget lysindstrålingen på grund af renere vand, dels kan skyldes, at der tidligere kom kraftige pulser af vandføringer fra Års, der gav erosion i bunden og forårsagede mekanisk slid på bunden. En alternativ forklaring på den forøgede grødevækst er, at man tidligere i højere grad har fjernet vækstgrundlaget for grøden i forbindelse med oprensninger.



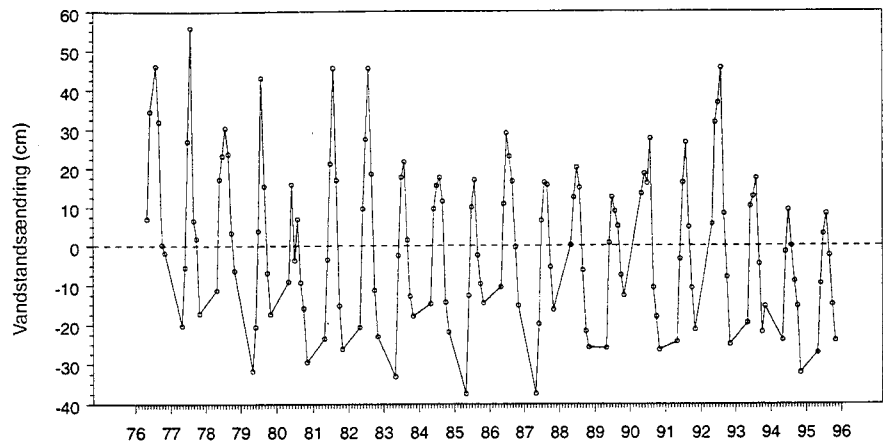
Figur 4.2 Udvikling i vandstandene i sommerperioden (maj - november) 1976 -1995 i Halkjær å ved Ågård.

På 23 ud af 50 strækninger, hvor vedligeholdelsespraksis er ændret, er der ikke sket nogen signifikant udvikling i vandføringsevnen efter 1986.

Selv om der ikke er sket ændringer over sommerperioden som helhed, er der dog på 6 af de 23 strækninger sket en signifikant reduktion i vandføringsevnen i august/september, hvor grødepåvirkningen generelt er maksimal. Der er på alle 6 strækninger et sammenfald mellem reduktionen i vandføringsevnen i eftersommeren og skift i vedligeholdelsespraksis.

Forøgelse i vandføringsevnen i Vejle å

I Vejle å ved Refgårdslund dambrug er der sket en signifikant forøgelse i vandføringsevnen i perioden 1976 - 1995 (figur 4.3). Årsagen kan være, at skånsom vedligeholdelse her er kombineret med hyppigere grødeskæringer og løbende justeringer. I Vejle å blev alle kanter slået helt op til terrænhøjde frem til 1979. Fra 1979 til 1982 blev hele profilet skåret op til 0,5 m over forventet højeste sommervandstand 2-3 gange årligt. Efter 1982 påbegyndtes skånsom vedligeholdelse med 8 årlige skæringer af 90% af grøden. I de senere år har praksis været ca. 5 skæringer af ca. 60-70% af grøden.



Figur 4.3 Udvikling i vandstandene i sommerperioden (maj - november) 1976-1995 i Vejle å ved Refsgårdslund dambrug.

4.3 Klimaets betydning for vandføringsevnen

Voldsomme tøbrud kan forårsage kraftig erosion i sediment og tilbageblevne grødeøer, hvorved vandføringsevnen umiddelbart forbedres. Temperatur og afstrømning i vinterhalvåret har desuden betydning for grødens muligheder for at overvintrere og dermed også for grødeopblomstring i den følgende vækstsæson.

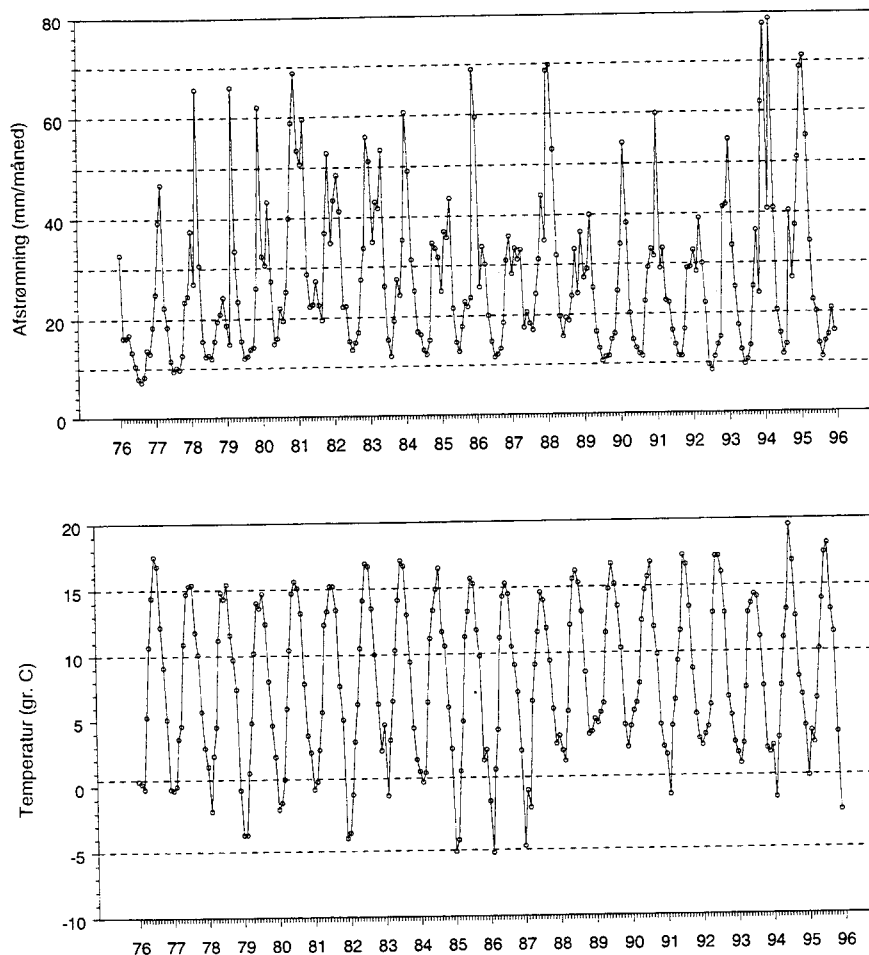
Klima og grødevækst

Om sommeren er det først og fremmest lysmængden, der har betydning for grødevæksten i vandløbet, men sommerbiomassen afhænger også af vækstens startbetingelser om foråret. I år med langvarigt isdække og sen forårsafstrømning vil makrofytterne først sent på sommeren, eller eventuelt slet ikke, nå det lysbegrænsende niveau. I forår med lav vandføring og stor indstråling starter vækstperioden derimod tidligt (Iversen *et al.*, 1989).

Overvintrende grøde

Hvordan temperatur og afstrømning indvirker på grøden om vinteren afhænger af grødeart. Grødearter, der spredes ved frøformering, hæmmes i vintre med høje afstrømninger og stor materialetransport, hvorved frøene begraves, og deres spiringsevne forringes. En grødeart som børstebledet vandaks, der overvintrer som stivelsesfyldte knolde i sedimentet, risikerer at blive løsrevet fra sedimentet ved kraftig erosion i vandløbsbunden. Under kraftige tøbrud efter langvarig frost kan arter som Pindsvineknop, der normalt er modstandsdygtige for erosion, bortrives i flager fra bundsedimentet. Tilisning af vandløbet formindsker generelt planternes chance for at overvintrere, dels fordi det forøger det mekaniske slid, men også fordi visse arter får frostskafer.

I østdanske vandløb er der normalt ingen overvintrende makrofytbiomasse, mens der i vestdanske vandløb med mindre årsvariationer i vandføringen er planter til stede året rundt (Iversen *et al.*, 1989).



Figur 4.4 Månedsmidler af temperatur (DMI) og afstrømning på landsplan i perioden 1976 - 1995.

I det følgende vurderes, om variationer i temperatur og afstrømning (figur 4.4) kan aflæses i udviklingen i vandføringsevnen.

Temperatur og afstrømning 1976 - 1985

Den større hyppighed af forøgelser i vandføringsevnen i perioden 1976 - 1985, set i forhold til hele undersøgelsesperioden, er sammenfaldende med en ændring i vinterklimaet. Efter varme og tørre år i midten af halvfjerdserne og deraf følgende lavere afstrømninger, følger en periode med kraftigere udsving i vinterafstrømningerne frem til midten af firserne. I denne periode indtræffer desuden 3 vintre med langvarige frostperioder med tre års mellemrum.

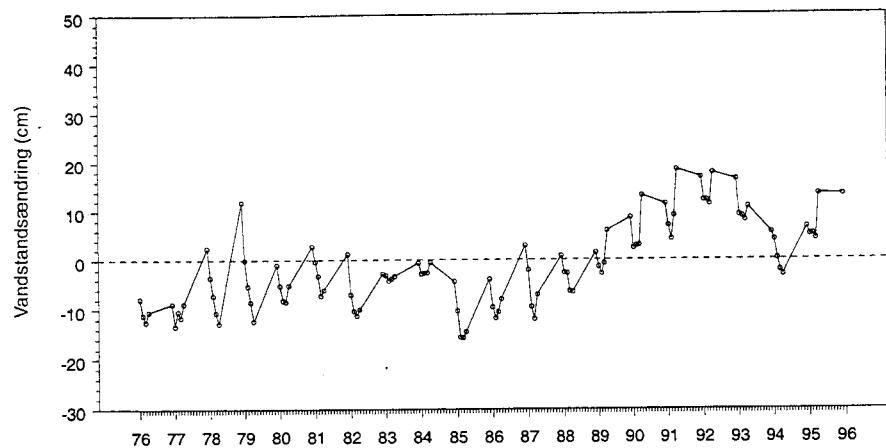
Temperatur og afstrømning 1986 - 1995

Klimaet kan være en medvirkende faktor til, at der i perioden 1986 - 1995 overvejende er sket en reduktion i vandføringsevnen. I midten af firserne indtræffer 3 på hinanden følgende isvintre. Den sidste halvdel af firserne og starten af halvfemserne er præget af ekstremt milde vintre og 5 vintre i træk med vinterafstrømninger under gennemsnittet.

Klima og vandføringsevnen efter 1986

Ved Gudenå, Åstedbro, hvor vedligeholdelsespraksis allerede blev ændret i 1978, kan de klimatiske variationer tilsyneladende aflæses i udviklingen i vandstandsforholdene (figur 4.5). Efter to milde vintre i 1982/1983 og 1983/1984 falder vintervandstanden ca. 15 cm i løbet af isvinteren 1984/1985 og forbliver lav i de to følgende isvintre. De næste 5 vintre, hvor klimaet er forholdsvis mildt og tørt, reduceres

vandføringsevnen gradvist med 20 cm. Den bratte forøgelse i vandføringsevnen i 1994 kan skyldes høje afstrømninger i januar og marts.



Figur 4.5 Udvikling i vandstandene i vinterperioden (december - april) 1976 - 1995 i Gudenå ved Åstedbro.

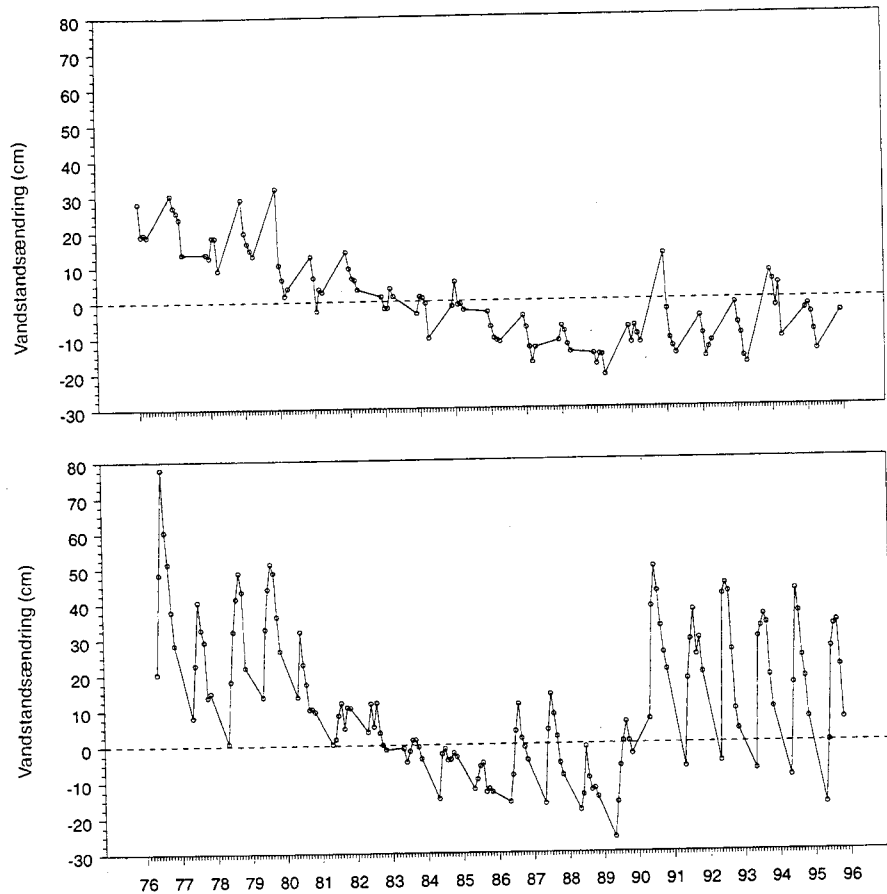
Nogenlunde tilsvarende udviklingsforløb, som i Gudenå ved Åstedbro findes ved 20 stationer, men billedet sløres af, at vedligeholdelsespraksis her med to undtagelser er ændret i årene 1987 til 1990. 7 af 16 stationer, hvor vedligeholdelsespraksis ikke er ændret, udviser en signifikant tendens til reduktion i vandføringsevnen. Men kun ved 2 af disse ses det førnævnte karakteristiske forløb. Der kan dog være andre forhold der gør sig gældende. Vandføringsevnen om vinteren kan være sikret af hårdhændet oprensning i efteråret, der kan være en anderledes makrofytsammensætning, eller de hydrologiske forhold kan være specielle.

4.4 Andre forhold

Vedligeholdelsespraksis og klimatiske forhold har indflydelse på vandføringsevnen, men også andre forhold kan spille ind.

Forbedret vandkvalitet

Oplysninger om vedligeholdelsespraksis i Nørreå gør det rimeligt at antage, at en konstant og signifikant forøgelse i vandføringsevnen fra 1976 - 1989 (figur 4.6) er resultat af, at en omfattende vedligeholdelse har medført en stor udvidelse af vandløbets bredde og eventuelt også en uddybning af bunden. Efter 1990 stabiliseres vandføringsevnen om vinteren og udsvingene i sommervandstandene vokser markant. I *Christiansen & Schlüsen (1996)* er det dokumenteret, at de kraftigere udsving i sommervandstandene er et resultat af en forøget grødemængde i vandløbet. *Christiansen og Schlüsen (1996)* har foreslået, at den kraftigere grødevækst efter 1990 skyldes, at forbedret spildevandsrensning i denne periode har ført til en øget sigtddybde og dermed en forøgelse i lysindstrålingen.



Figur 4.6 Udvikling i vintervandstandene (øverst) og sommervandstandene (nederst) måned for måned i Nørreå ved Vejrum bro.

Sammenhængen mellem sigtddybde og grødemængde er ligeledes foreslået for Non mølleå, Non Mølle (bilag 2), hvor en reduktion i vandføringsevnen efter 1986 ikke er en effekt af ændret vedligeholdelse. Den stigende grødepåvirkning i sommerperioden er derimod knyttet sammen med forbedring af vandkvaliteten i Hald sø. En reduktion i vandføringsevnen forklares i 3 ud af 10 vandløb med at vandkvaliteten er forbedret (Christiansen & Schlüsen 1996). Der foreligger ikke data, der kan understøtte hypotesen. Det er derfor usikkert, hvilken betydning den nævnte årsagssammenhæng har i forhold til vedligeholdelsespraksis og klimatiske forhold.

5 Referencer

Christiansen, R., Schlänsen, K. (1996): Vandstandsforhold. Viborg Amt 32 s.

Elliot, J. M. (1983): Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates. Freshwater biological association. Scientific publication no. 25. 159 s.

Hirsch, R.M., Slack, J.R og Smith, R.A. (1982): Techniques of trend analysis for monthly water quality data. Water resources research, nr 18. 15 s.

Hirsch, R.M., Slack, J.R (1984): A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. Water Resources Research, nr 20, 6 s.

Iversen, T.M., Lindegaard, C, Sand-Jensen, K., Thorup, J. (1989): Vandløbsøkologi. Ferskvandsbiologisk Laboratorium. 109 s.

Larsen, S.E. (1996): En statistisk testprocedure til analyse af udviklingstendenser i tidsserier af vandkvalitetsdata. Internt Notat, DMU. 20 s.

Raaschou, P. (1991): Vejledning i bearbejdning af data fra vandføringsstationer. Publikation nr. 7. Hedeselskabet Viborg. 41 s.

6 Bilagsoversigt

Bilag 1

Stationsliste med generelle oplysninger

Bilag 2

Udvikling i styrevandstande ved 65 hydrometriske målestationer

Bilag 3

Kendall's sæson-test

Bilag 4

Beregning af årlig vandstandsstigning

Bilag 1

Bilaget indeholder en liste over de udvalgte stationer og nogle generelle oplysninger.

Nummereringen er Det Danske Hedeselskabs firecifrede målestationsnummer.

Vintermiddelfastrømningen er gennemsnit af periodemiddelfastrømningen fra den 1. november til den 30. april for årene 1976 - 1995.

Sommermiddelfastrømningen er gennemsnit af periodemiddelfastrømningen fra den 1. maj til 31. oktober for årene 1976 -1995.

Grødepåvirkningen er beregnet som gennemsnitlige afvigelse mellem styrevandstandene i sommermånederne og grundkurven ved en sommermiddelvandføring.

Type angiver om ændringen i vedligeholdelse kan erkendes, ved de stationer hvor der er sket en signifikant reduktion i vandføringsevnen.

G: førøget grønepåvirkning om sommeren og evt. en stigning i styrevandstandene om vinteren.

P: stigning i styrevandstandene om vinteren som følge af indsnævring og/eller pålejring i tværprofilet.

U: upåvirket af ændringen i vedligeholdelsespraksis.

HU-nr	Vandløb	Lokalitet	Opland Km2	Vintermiddel l/s km2	Sommerrmiddel l/s km2	Grødepåvirkning Cm	Ændret vedl. år
03.01	Uggerby å	Astedbro	153.0	14.3	6.4	14.1	88
06.02	Ryå	Manna	284.7	14.7	7.4	13.9	88
07.01	Lindholm å	Elkær bro	106.0	14.7	4.5	12.2	88
10.03	Romdrup å	Lodsholm bro	28.1	9.7	3.0	8.3	88
10.14	Halkær å	Ågård	41.9	13.4	8.9	4.8	88
10.15	Herreds å/Sønderup Å	Vegger bro	108.0	14.2	8.9	7.5	88
11.02	Årup å	Årup	108.3	18.1	8.5	15.6	88
13.03	Trend å	Fredbjerg bro	116.3	14.1	8.3	15.3	88
14.01	Lindborg å	Lindborg bro	213.8	12.7	9.6	15	88
18.05	Skals å	Løvel bro	556.4	10.3	6.3	5.6	90
20.05	Skive å	Hagebro	518.4	15.1	11.1	8.1	-
21.01	Gudenå	Tvilumbro	1282.4	17.2	9.9	2	88-90
21.02	Gudenå	Astedbro	184.5	22.0	9.5	12.6	(78)
21.03	Nørre å	Vejrumbro	230.2	16.0	12.1	15.6	90
21.25	Non mølleå	Non mølle	34.8	35.4	32.8	0.4	-
21.28	Salten å	Salten bro	122.0	17.6	14.3	8	87
21.32	Mattrup å	Lillebro	80.4	14.0	9.7	10.7	90
21.39	Funder å	Funder St.	41.2	23.0	21.5	4.8	87
21.40	Gudenå	Voervadsbro	377.4	18.1	9.8	7.5	89
21.49	Lilleå	ns Løgstrup mølle dambrug	300.5	13.1	6.3	24.8	87
21.52	Alling å	Vester Alling	237.9	10.3	4.5	10.7	87
21.57	Lilleå	Grundfør mølle	69.6	13.9	6.0	3.4	87
22.10	Storå	os Holstebro renseanlæg	824.6	18.6	10.1	5.2	-
22.12	Lilleå	Hvoldal	83.1	23.8	18.3	11.6	88
24.01	Ryom å	Ryomgård bro	75.7	9.8	5.1	4.2	87
24.06	Skodå	Ridderlund	26.2	13.7	7.3	5.6	87
25.08	Skjern å	Tykskov	88.3	22.2	16.9	4.1	82
25.18	Vorgod å	Storebro - ns Rimmerhus bæk	228.4	19.6	10.5	18.3	89
26.01	Århus å	Skibby	118.6	13.6	4.5	0.8	87
27.01	Lille-Hansted å	Hansted	75.0	13.8	4.6	7.3	82
27.06	Odder å	Sanderenggård	39.3	17.0	6.2	0	87
28.02	Bygholm å	Kørup bro	154.2	16.4	5.0	5.7	88
31.14	Grindsted å	Eg	200.0	17.5	12.2	21.7	82-85
31.15	Ansager å	Lavborg	131.0	19.8	12.7	15.2	82-85
32.03	Vejle å	Refsgårdslund dambrug	131.9	24.2	18.0	31.8	82
34.03	Kolding å	Ejstrup	89.9	24.9	11.7	19	82
35.03	Sneum å	Nørå bro	223.6	20.0	11.0	14.8	82-85, 92
36.01	Kongeå	Kongebroen	387.8	22.6	11.8	11.7	82-85, 93
37.04	Taps å	Christiansfeld	65.1	18.5	5.6	4.4	92 ?
42.14	Vidå	St. Emmerske bro	248.3	19.9	8.4	7.3	-
43.05	Viby å	St. 2.9 km	29.1	13.3	3.8	3.5	92
44.08	Vindinge å	St. 9.9 km	127.6	12.8	3.5	4.9	90
45.21	Odense å	Kratholm	485.9	14.8	4.8	21.4	91
48.04	Højbro å	nv for Hanebjerggård	36.3	11.6	2.8	8.9	90
50.05	Nivå	Jellebro	62.4	11.1	3.5	10.2	90
50.06	Usserød å	Nive mølle	74.4	11.0	4.9	7.3	90
51.05	Bregninge å	Bregninge	23.3	8.0	4.1	1.4	-
52.07	Græse å	Hørup	25.4	6.4	3.2	6	90
52.08	Havelse å	Strø	102.7	8.4	2.6	2.4	90
52.14	Værebros å	Veksø bro	110.5	7.3	3.2	10.1	92
52.17	Lavring å	Flædevad bro	64.2	14.9	3.3	0.2	88
52.18	Tokkerup å	Søndergårde	28.9	15.5	3.6	0	-
53.02	Lille-Vejleå	Pilemølle	25.5	6.0	1.4	2.6	89-90
55.06	Åmose å	Ugerløse bro	111.6	12.6	3.0	24.8	92
56.02	Harrested å	Kramsvadgård	16.0	12.0	2.5	2.8	90
56.06	Tude å	Ørslev	148.0	11.7	2.6	10.6	(94)
56.09	Seerdrup å	Johannesdal	68.7	12.3	2.8	2.5	-
57.01	Saltø å	Grønbro	63.8	13.2	2.3	6.8	-
57.04	Suså	Næsby bro	611.3	12.7	3.3	27.4	-
57.08	Ringsted å	Lille-Svenstrup	193.8	11.5	2.9	9.7	-
57.12	Suså	Holløse mølle	762.2	13.9	3.6	16.5	-
57.21	Suså	Vetterslev	266.1	12.8	3.2	15.9	-
59.01	Tryggevælde å	Lille Linde	130.2	13.2	3.0	3.3	-
59.05	Krogbæk	Krogbæksbro	43.4	10.6	2.7	4.3	90
61.01	Tingsted å	Tingsted	36.0	11.8	2.4	5.1	86

Type angiver om ændringen i vedligeholdelsespraksis kan erkendes

U: upåvirket, G: forøget grødepåvirkning om sommeren, P: Insnævring og/eller pålejring i tværprofilen, I: Ingen ændring

Bilag 2

I bilag 2 findes diagrammer der viser udviklingen i styrevandstanden, som er en vandstand beregnet på grundlag af en konstant vandføring.

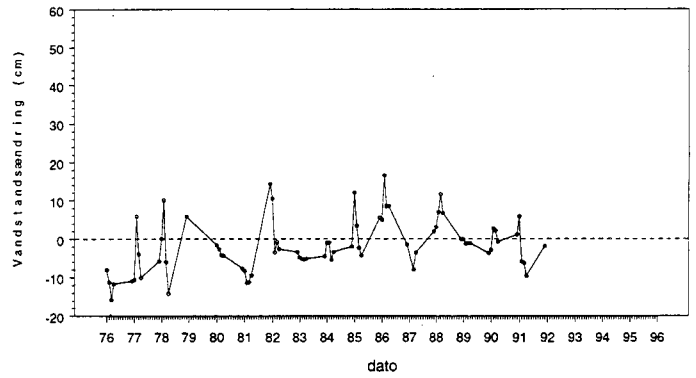
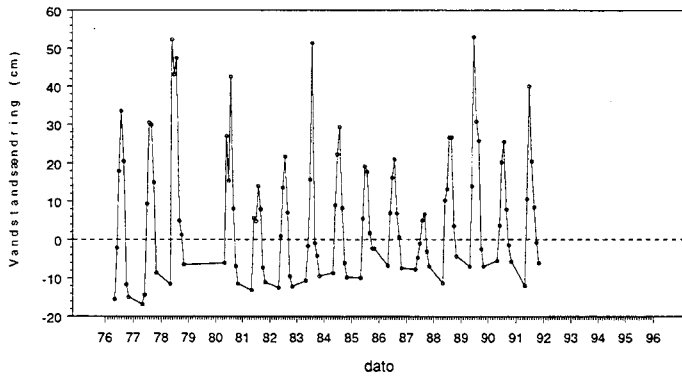
Styrevandstandene er beregnet for grødesæsonen (1. maj til 30. november) og månederne (1. december til 30. april) ved henholdsvis sommer og vintermiddelvandføringen.

Udvikling i vandføringsevnen

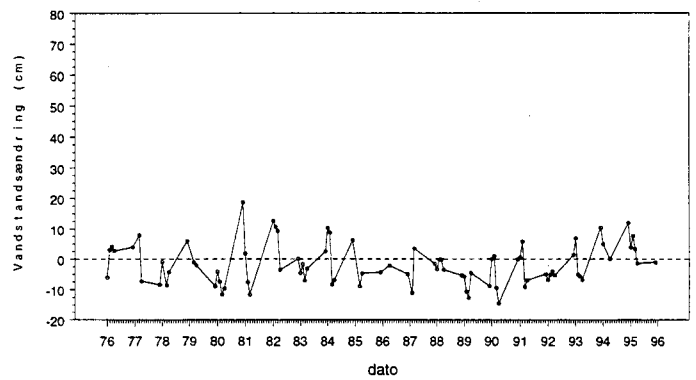
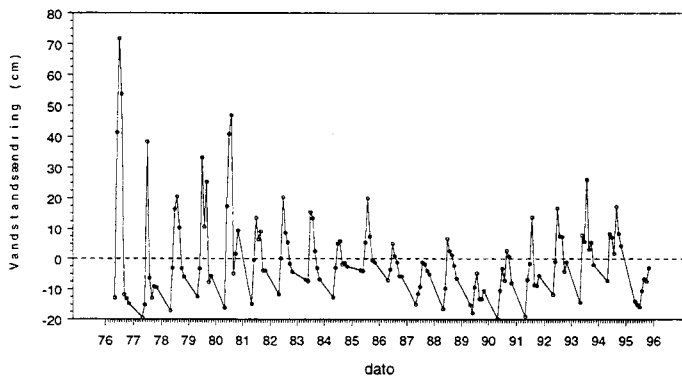
Sommer

Vinter

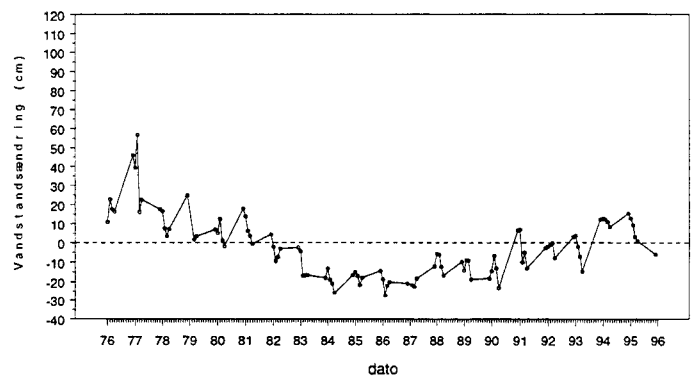
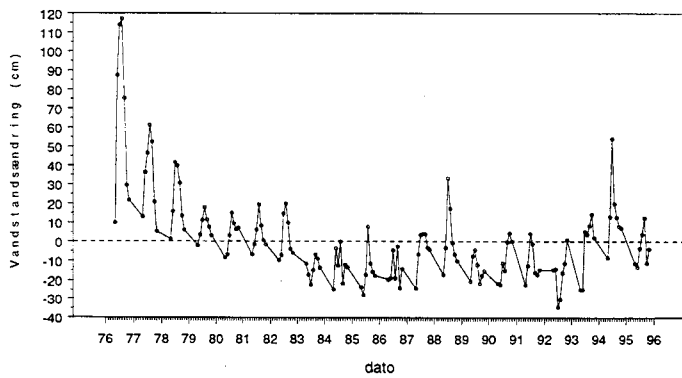
03.01 Uggerby å, Astedbro



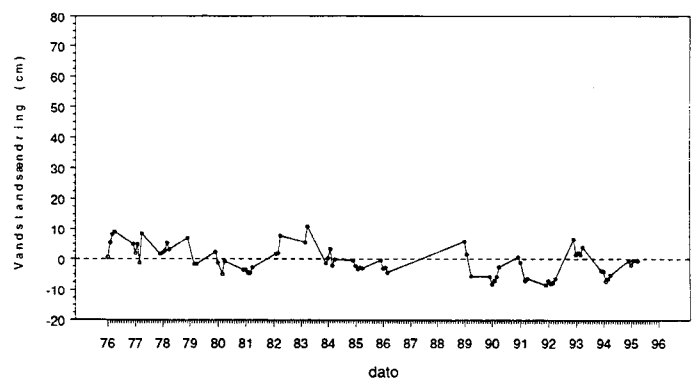
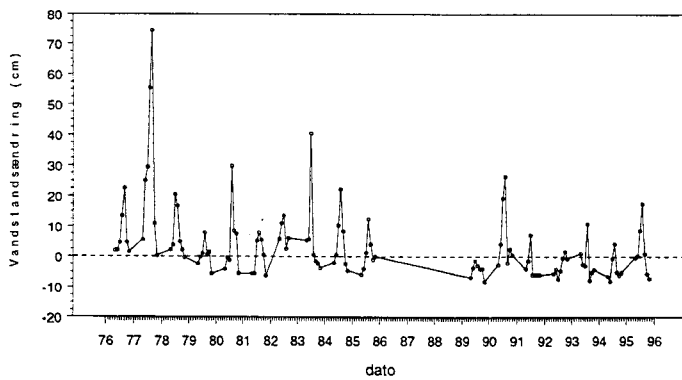
06.02 Ryå, Manna



07.01 Lindholm å, Elkær bro



10.03 Romdrup å, Lodsholm bro

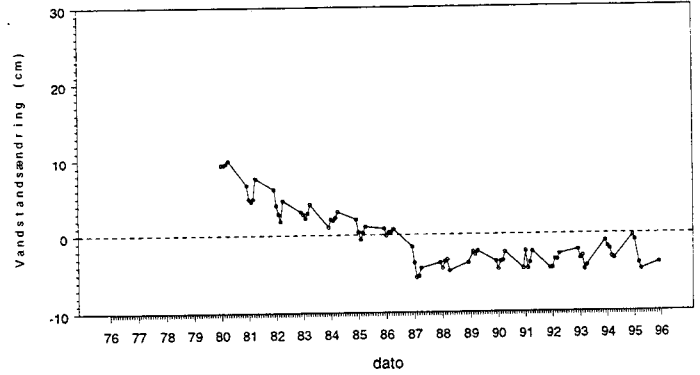
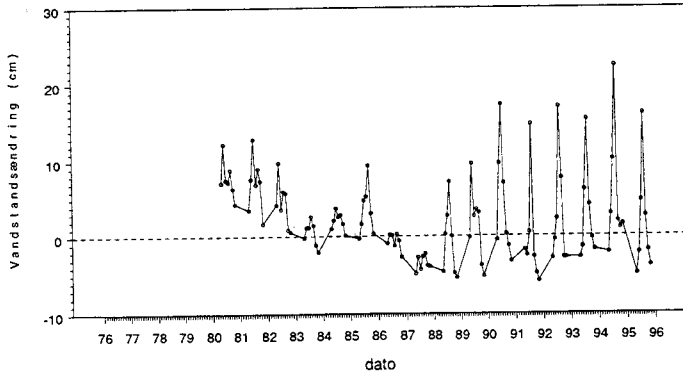


Udvikling i vandføringsevnen

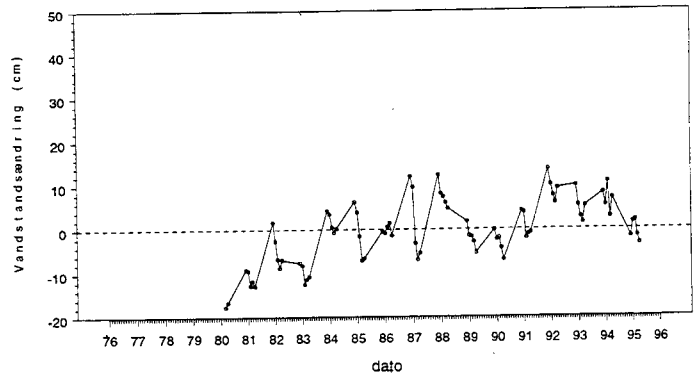
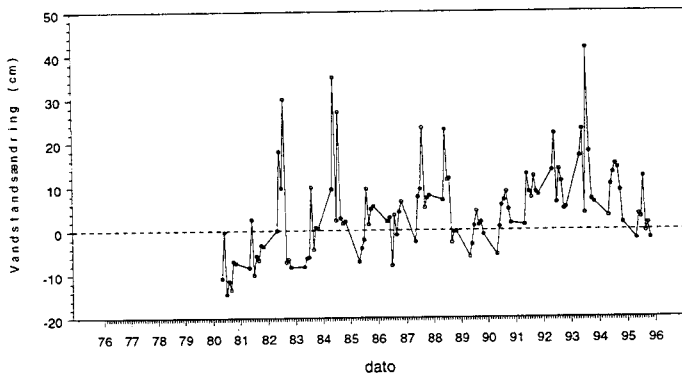
Sommer

Vinter

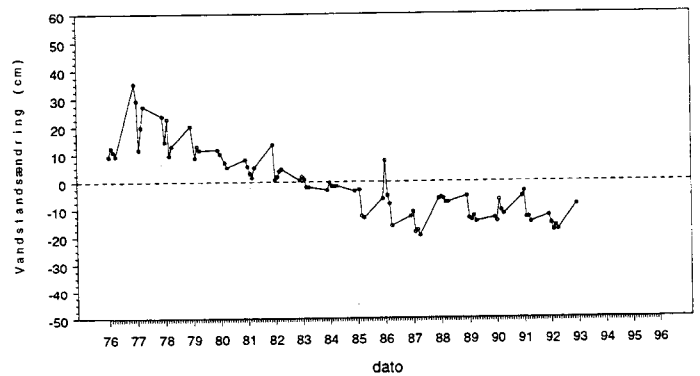
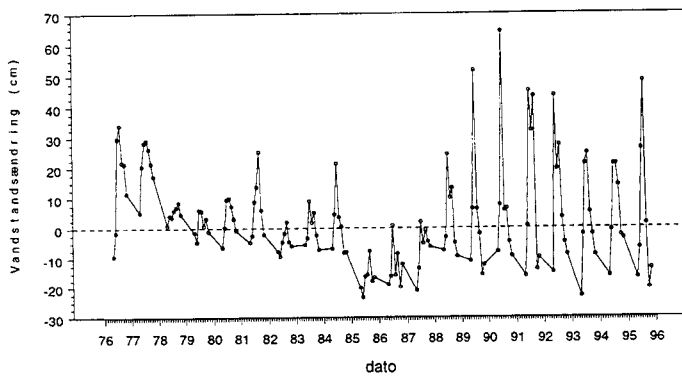
10.14 Halkær å, Ågård



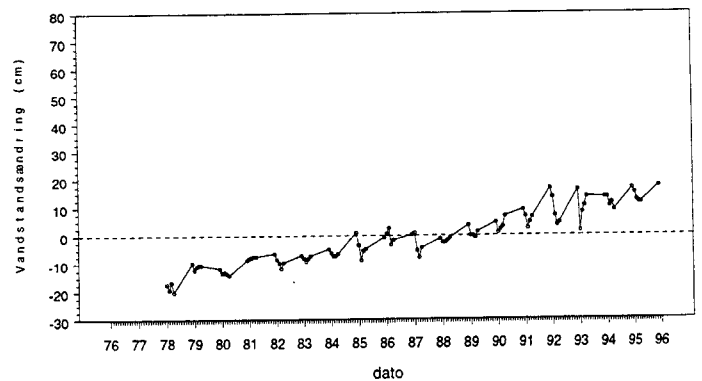
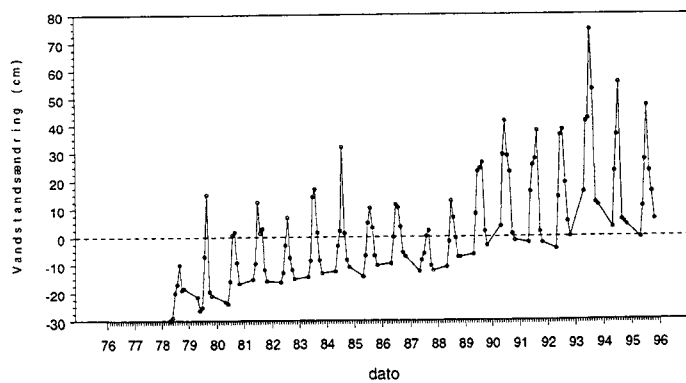
10.15 Herreds å, Vegger bro



11.02 Årup å, Årup



13.03 Trend å, Fredbjerg bro

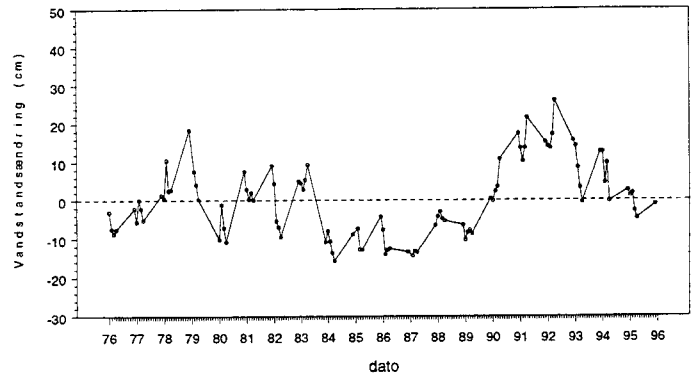
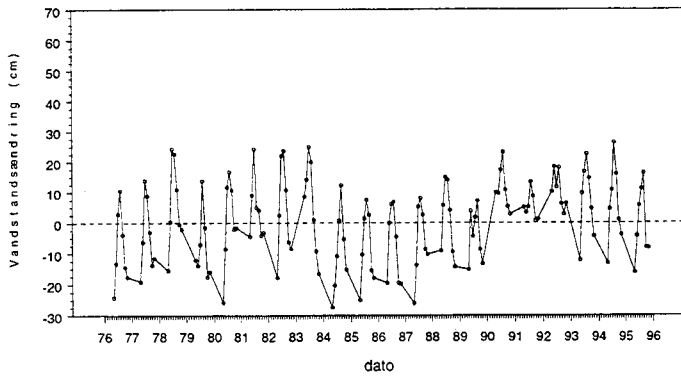


Udvikling i vandføringsevnen

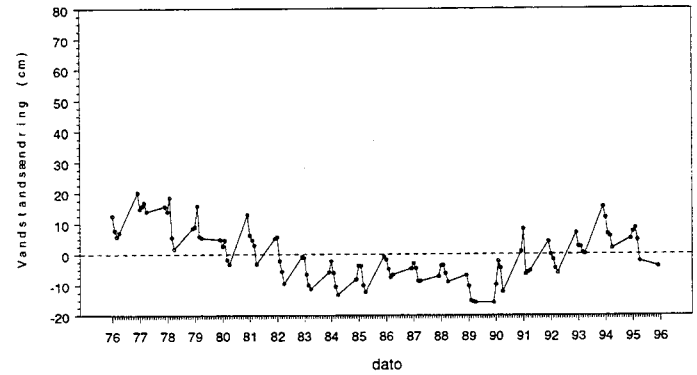
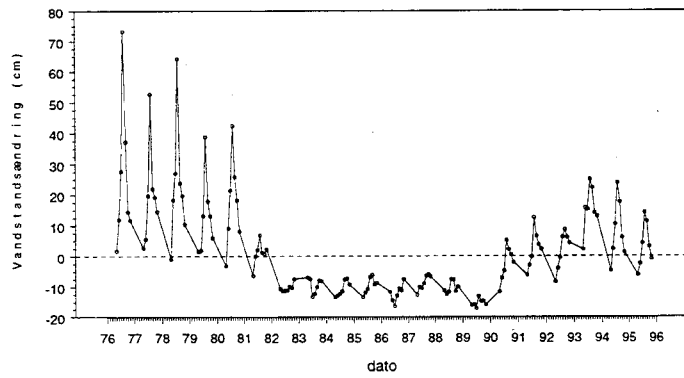
Sommer

Vinter

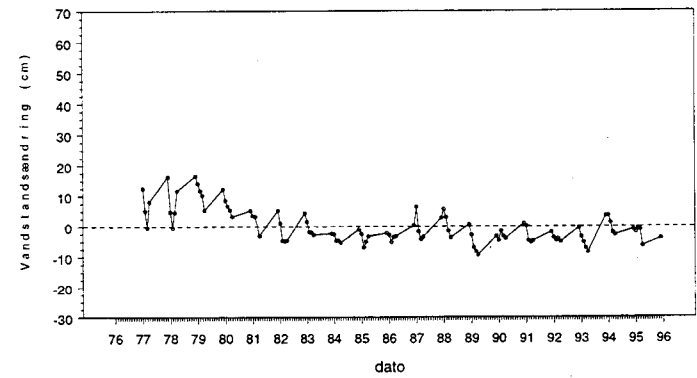
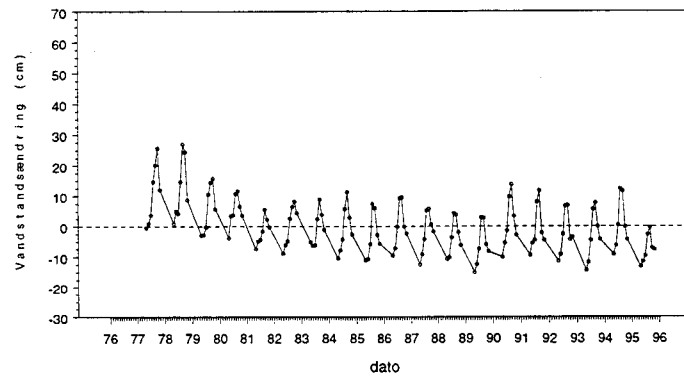
14.01 Lindenberg å, Lindenberg bro



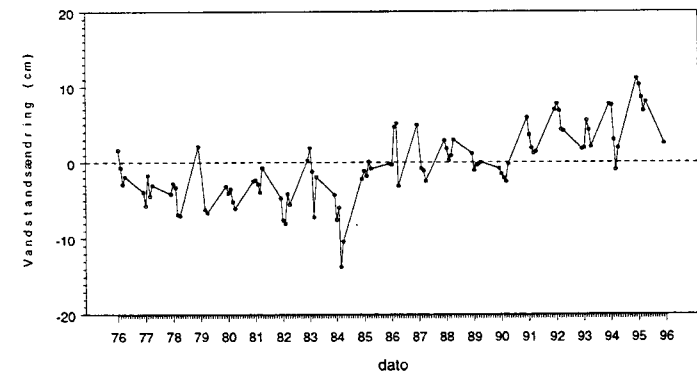
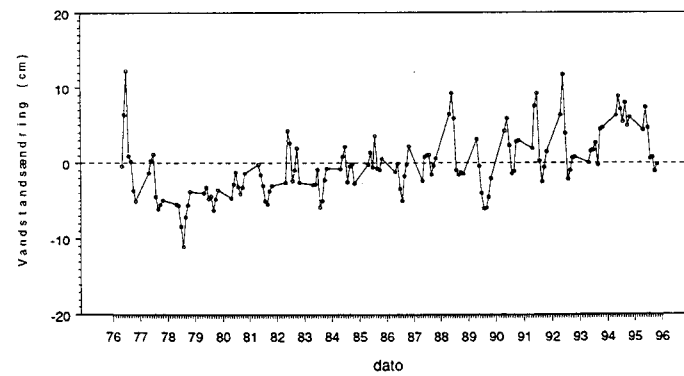
18.05 Skals å, Løvel bro



20.05 Skive å, Hagebro



21.01 Gudenaå, Tvilumbro

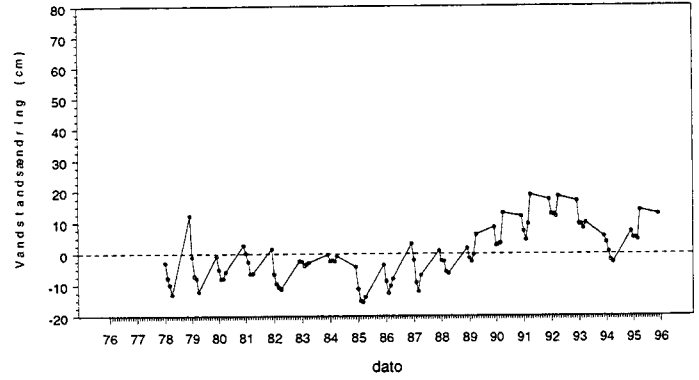
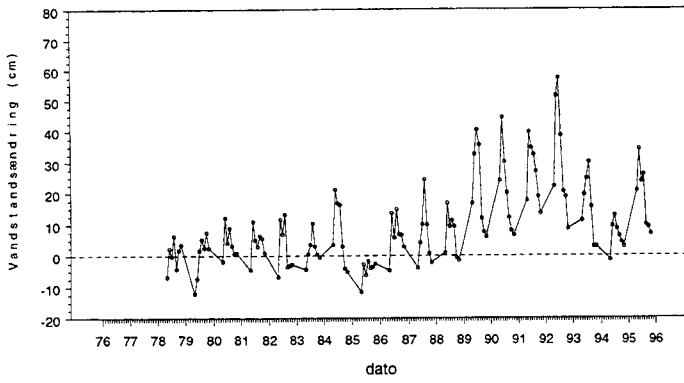


Udvikling i vandføringsevnen

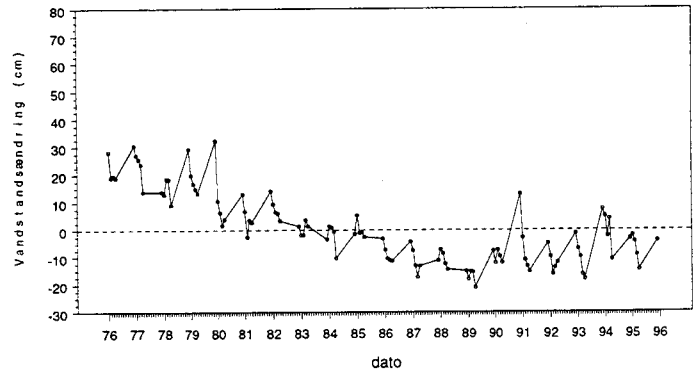
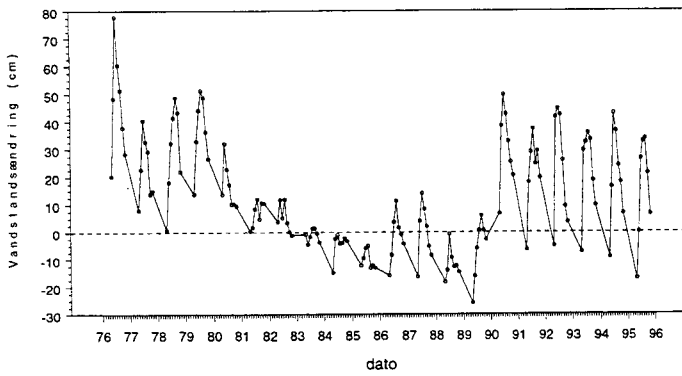
Sommer

Vinter

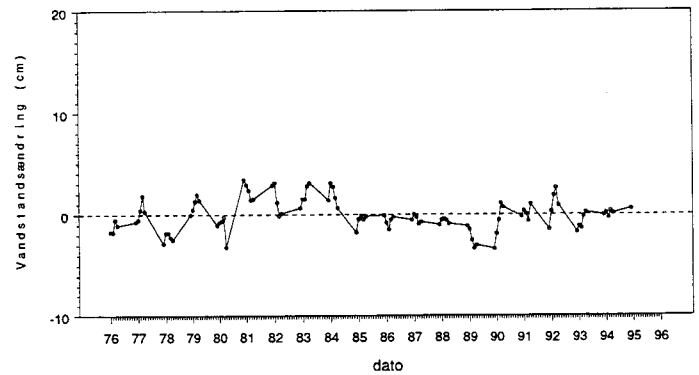
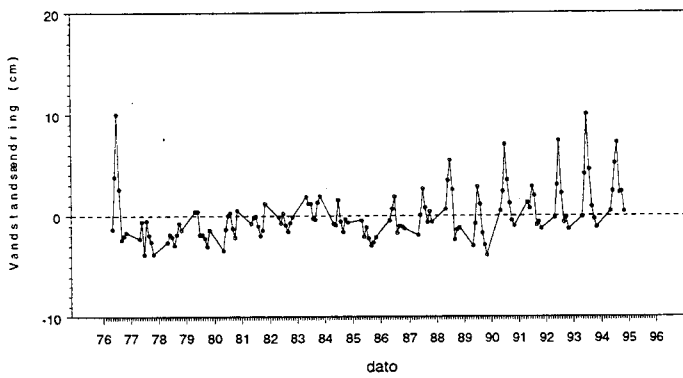
21.02 Gudenå, Åstedbro



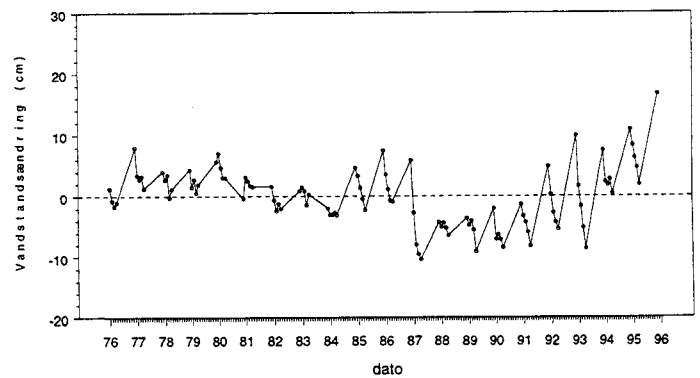
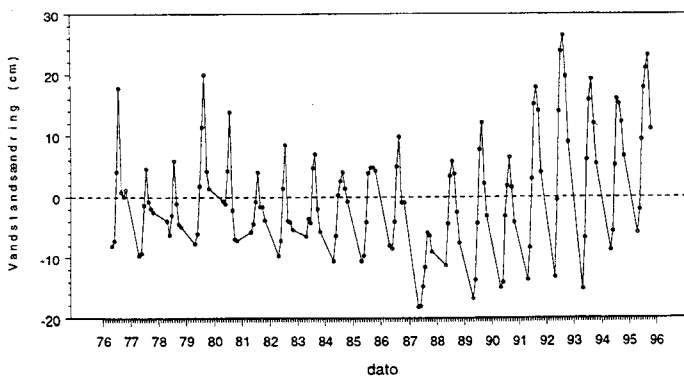
21.03 Nørre å, Vejrumbro



21.25 Non mølleå, Non mølle



21.28 Salten å, Salten bro

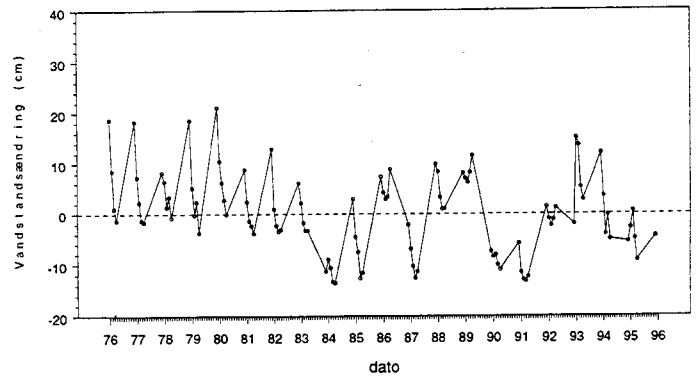
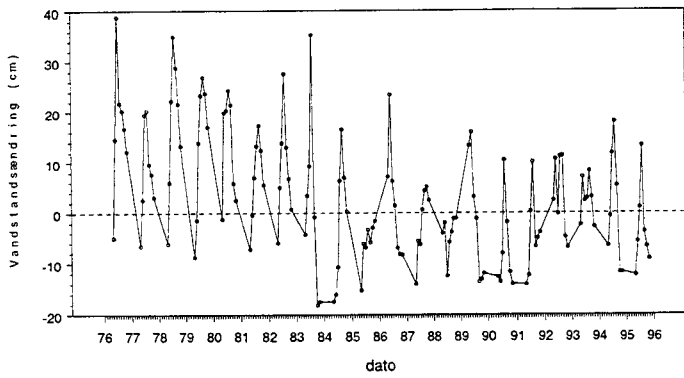


Udvikling i vandføringsevnen

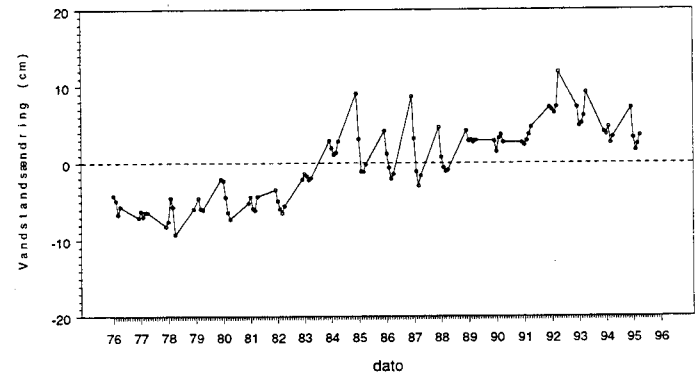
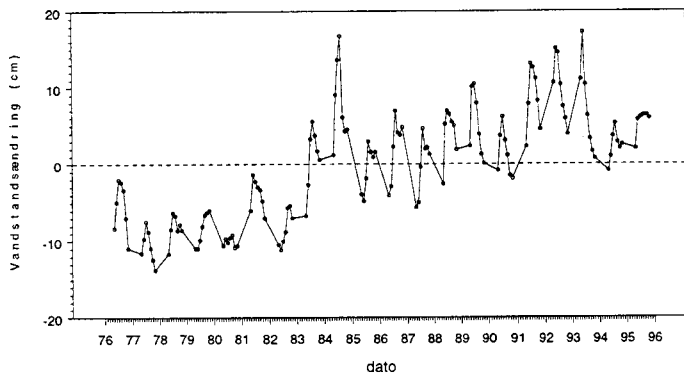
Sommer

Vinter

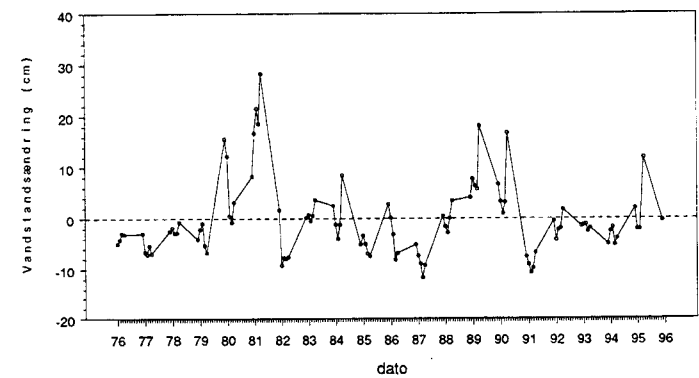
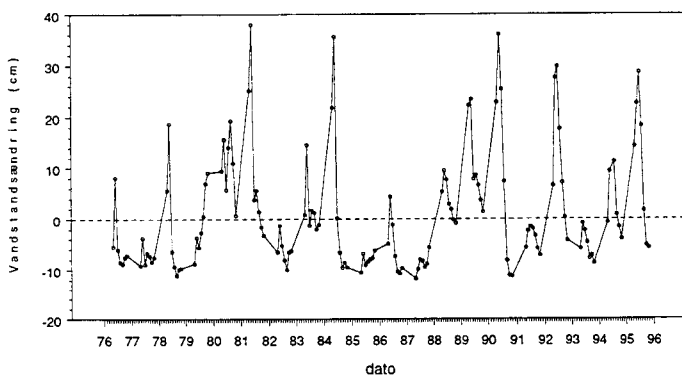
21.32 Mattrup å, Lillebro



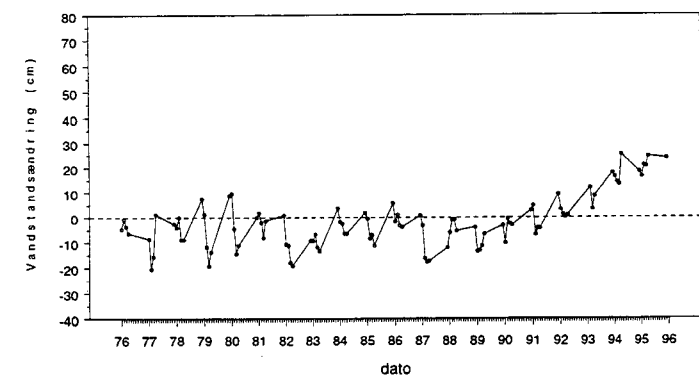
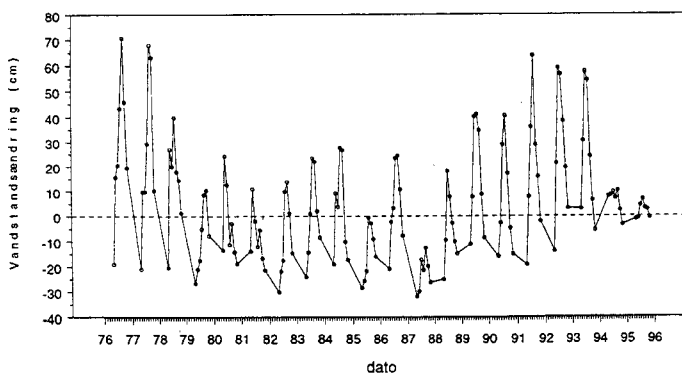
21.39 Funder å, Funder St.



21.40 Gudenå, Voervadsbro



21.49 Lilleå, ns Løgstrup mølle dambrug

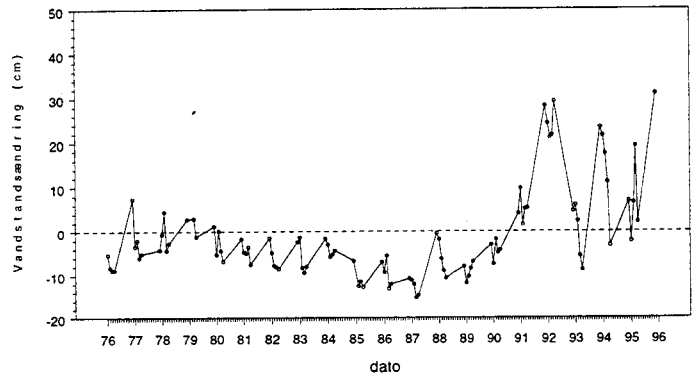
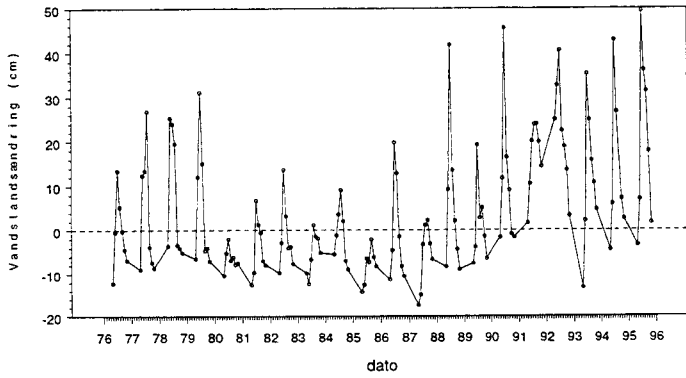


Udvikling i vandføringsevnen

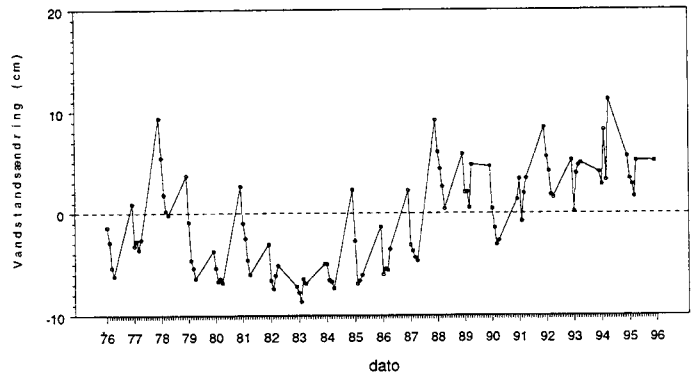
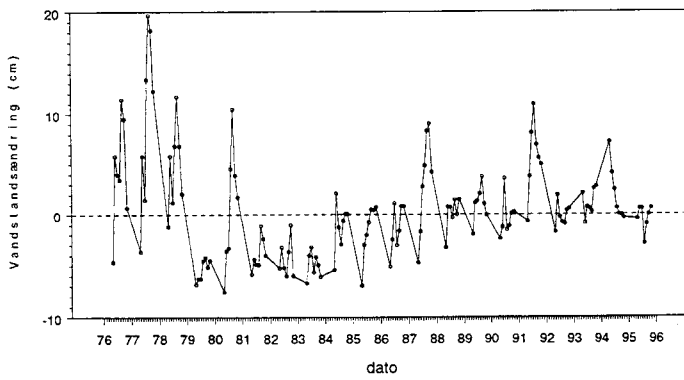
Sommer

Vinter

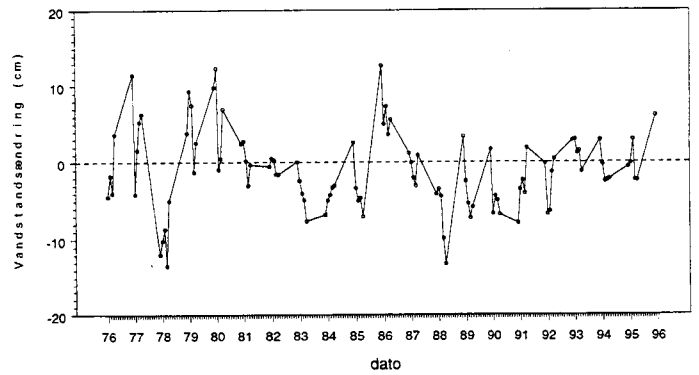
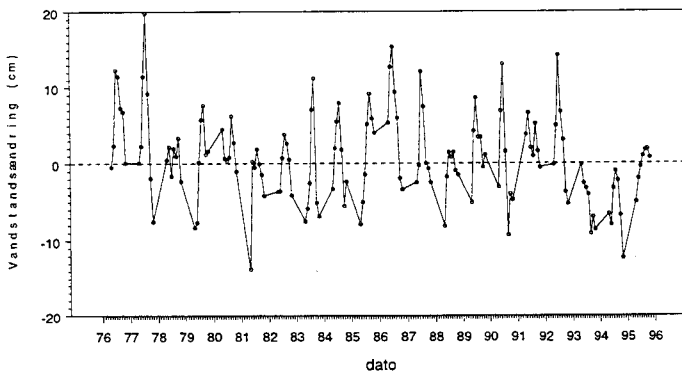
21.52 Alling å, Vester Alling



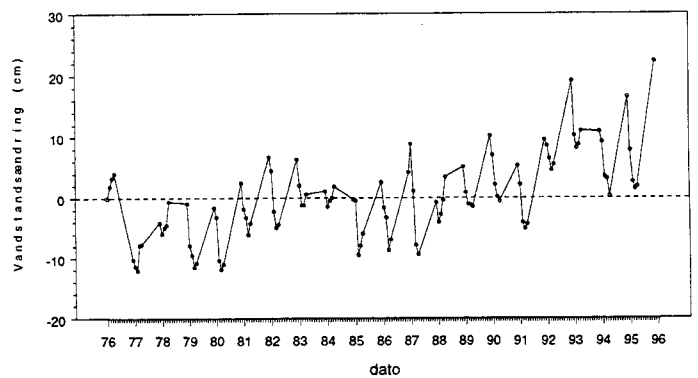
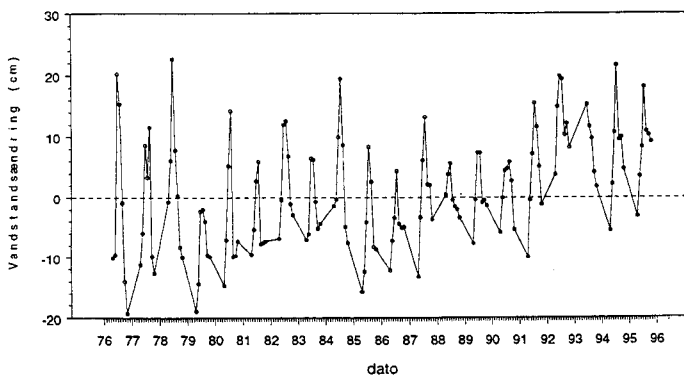
21.57 Lilleå, Grundfør mølle



22.10 Storå, os Holstebro renselanlæg



22.12 Lilleå, Hvoldal

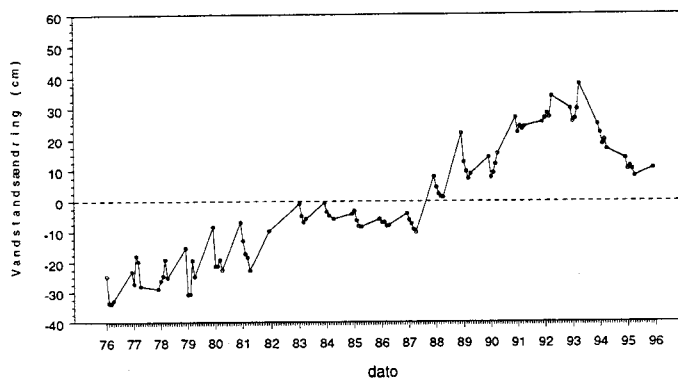
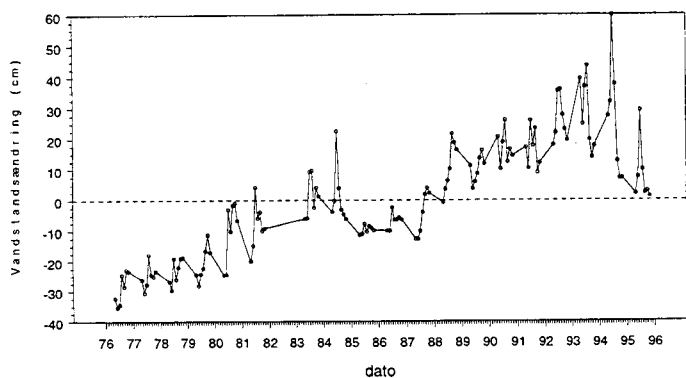


Udvikling i vandføringsevnen

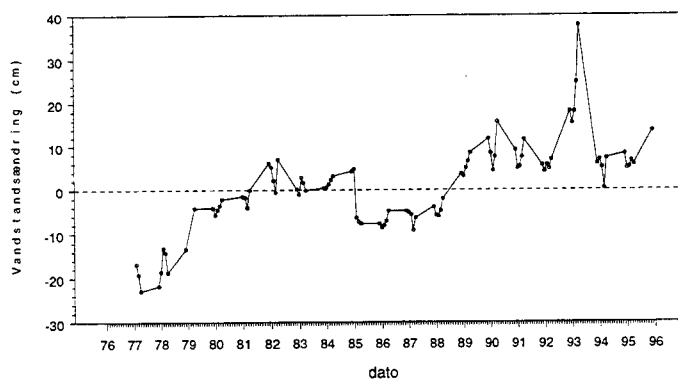
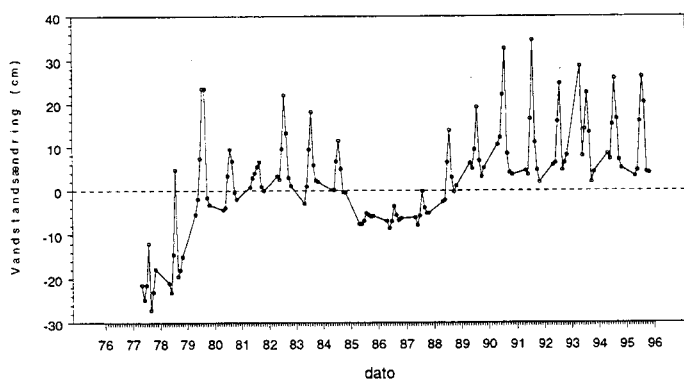
Sommer

Vinter

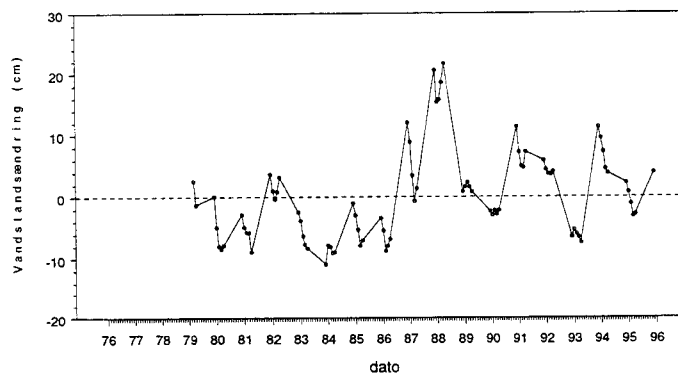
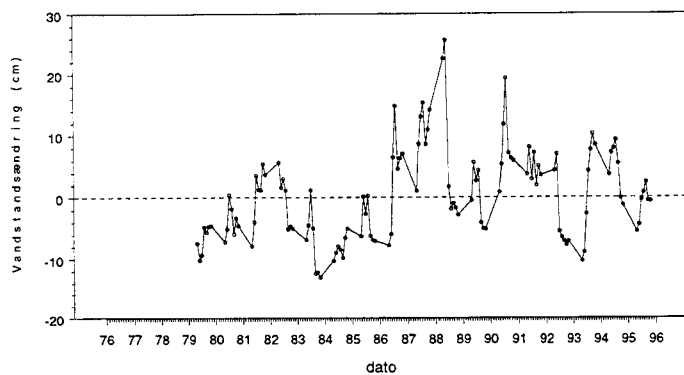
24.01 Ryom å, Ryomgård bro



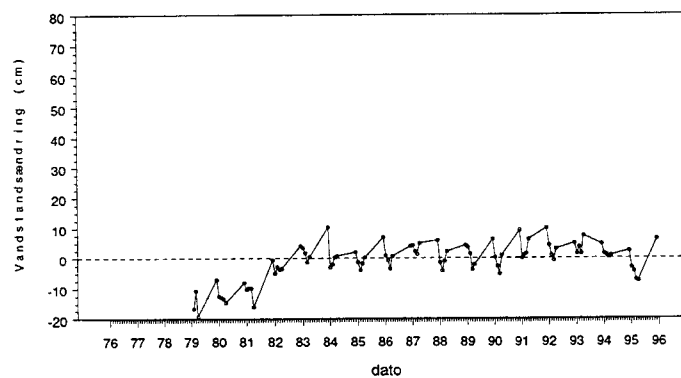
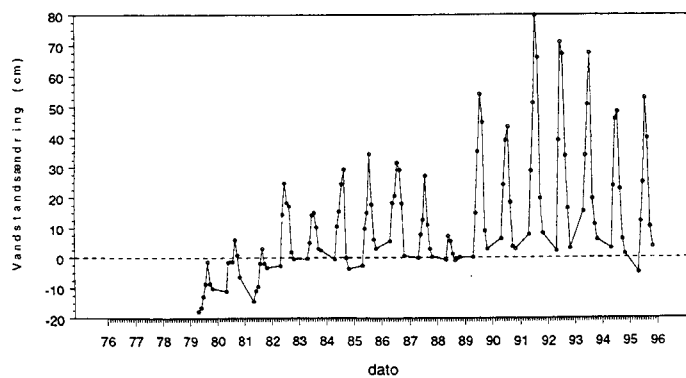
24.06 Skodå, Ridderlund



25.08 Skjern å, Tykskov



25.18 Vorgod å, Storebro - ns Rimmerhus bæk

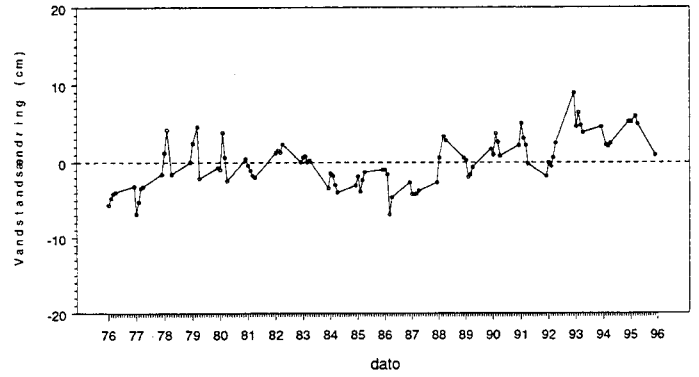
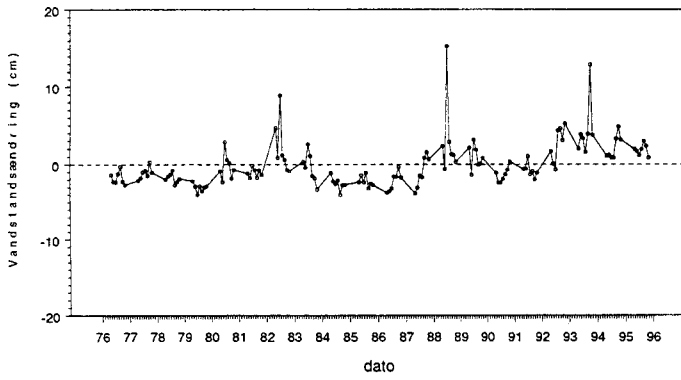


Udvikling i vandføringsevnen

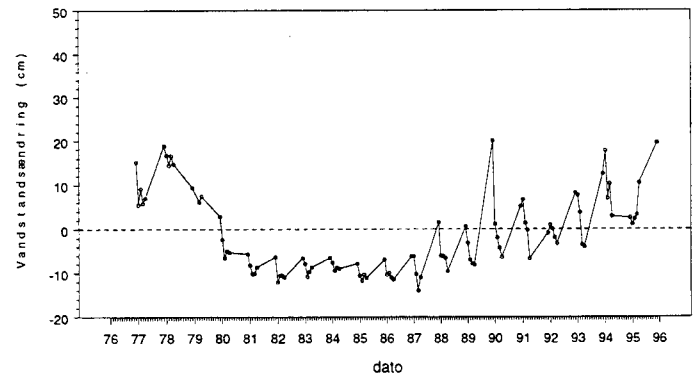
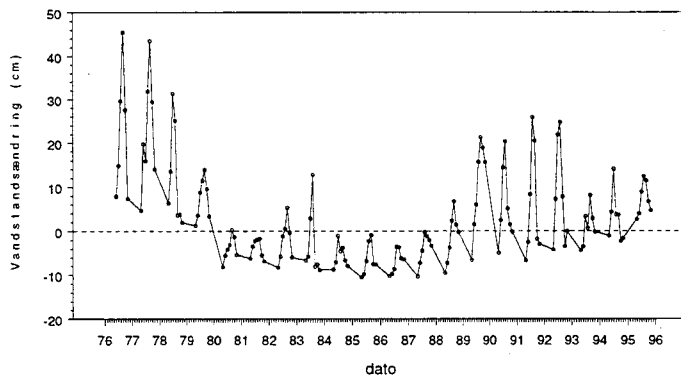
Sommer

Vinter

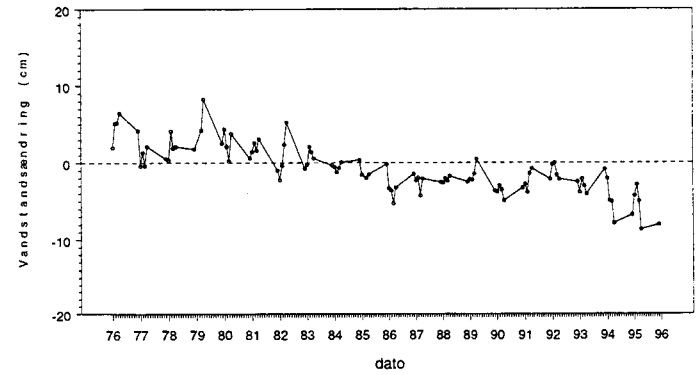
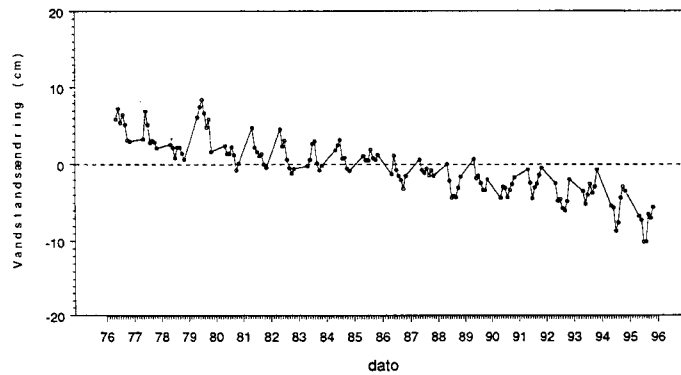
26.01 Århus å, Skibby



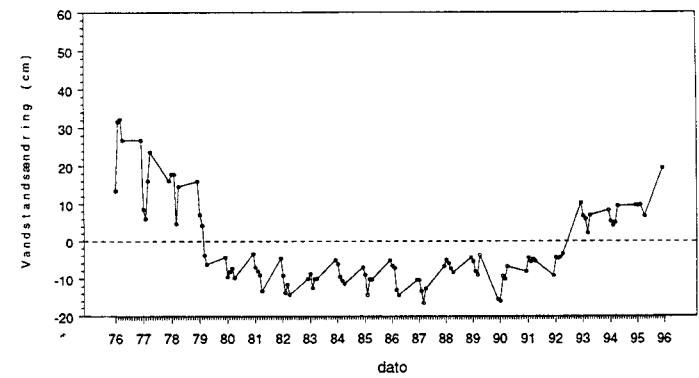
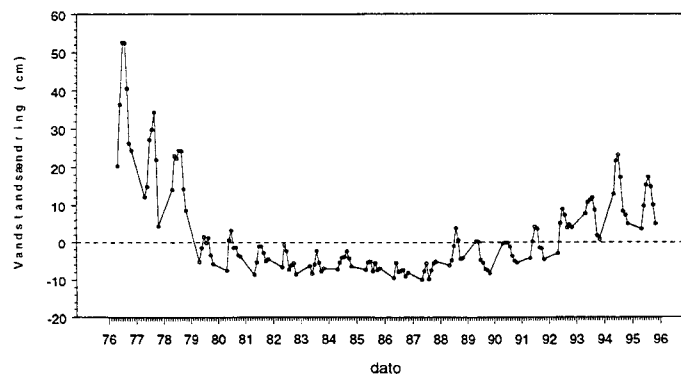
27.01 Lille-Hansted å, Hansted



27.06 Odder å, Sanderengård



28.02 Bygholm å, Kørup bro

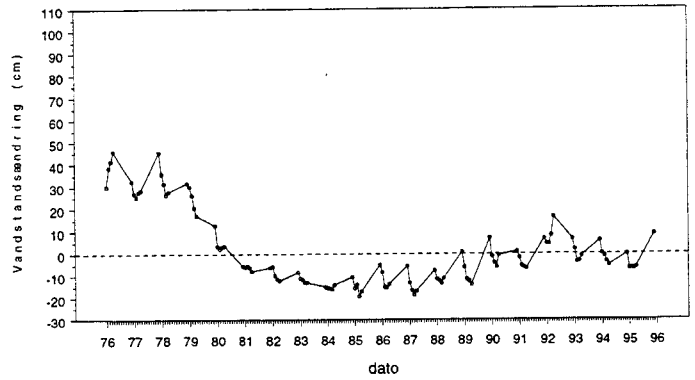
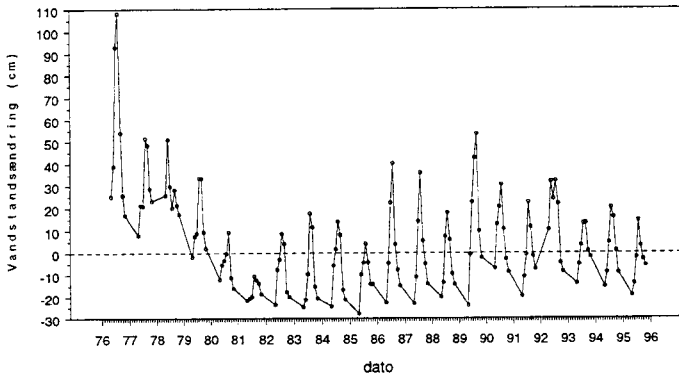


Udvikling i vandføringsevnen

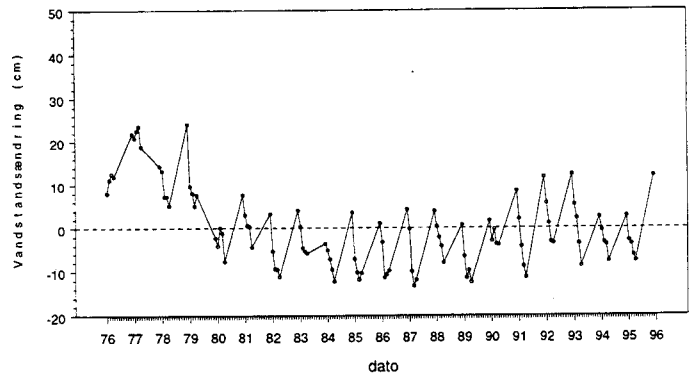
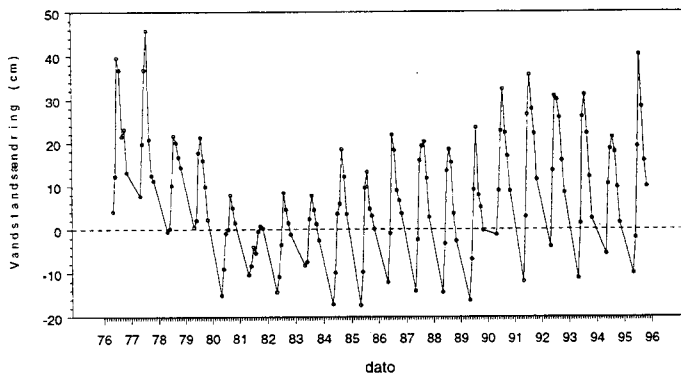
Sommer

Vinter

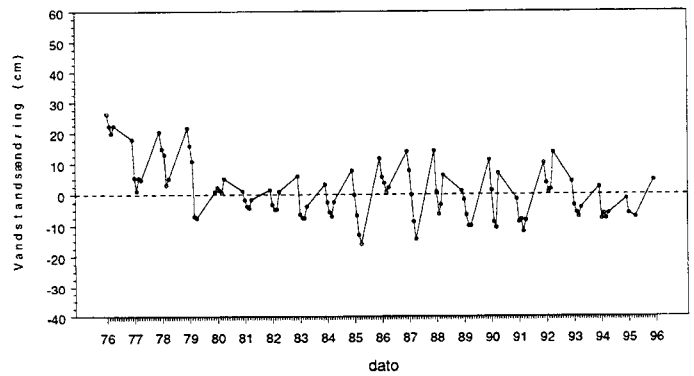
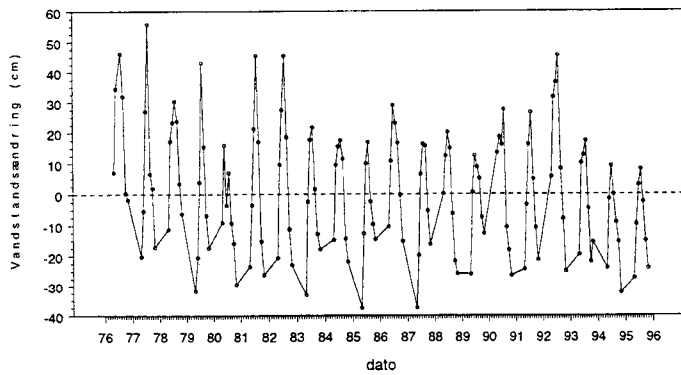
31.14 Grindsted å, Eg



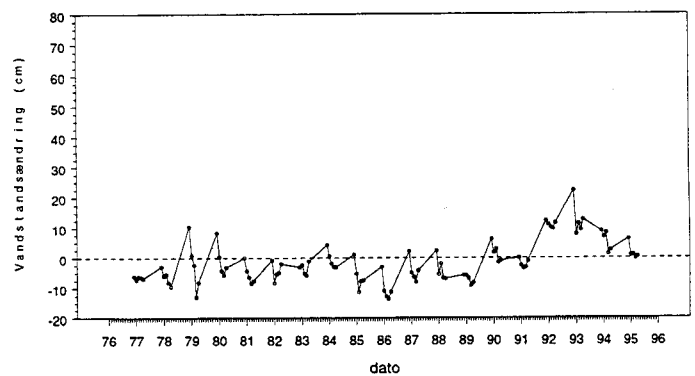
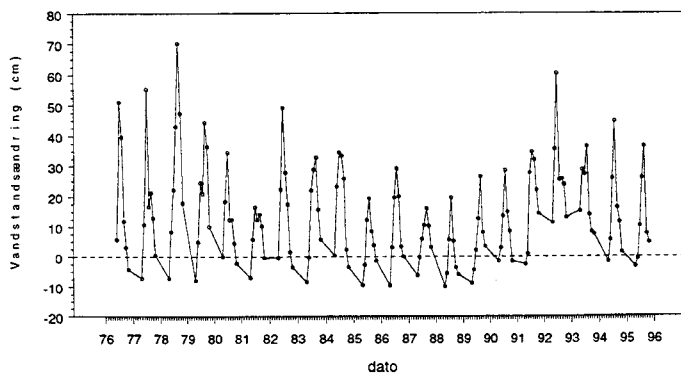
31.15 Ansager å, Lavborg



32.03 Vejle å, Refsgårdslund dambrug



34.03 Kolding å, Ejstrup

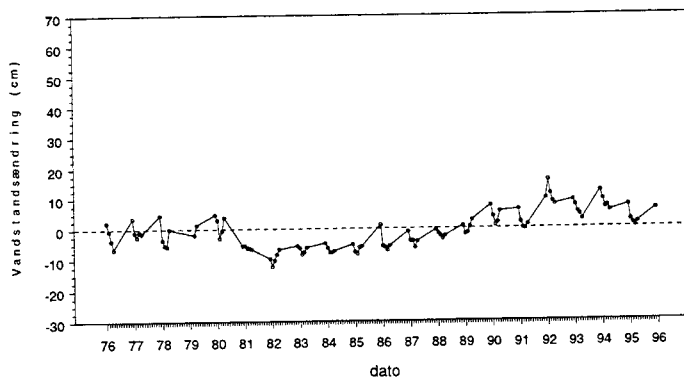
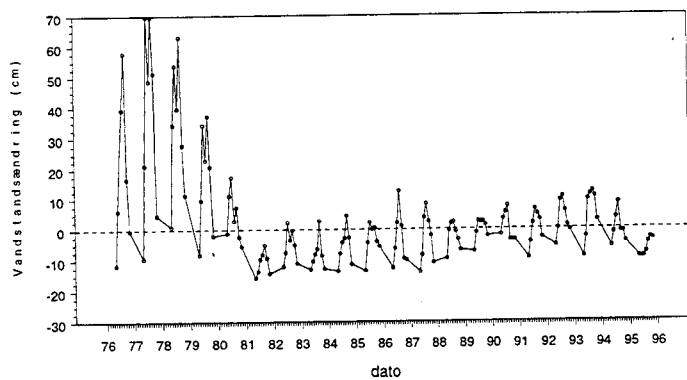


Udvikling i vandføringsevnen

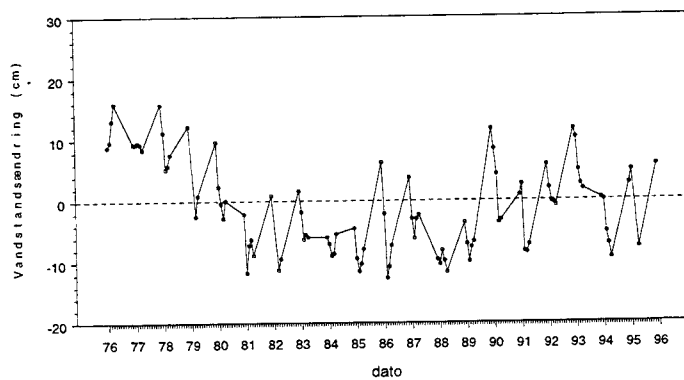
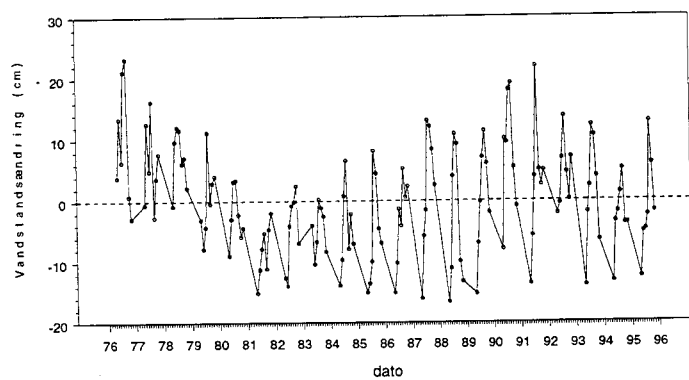
Sommer

Vinter

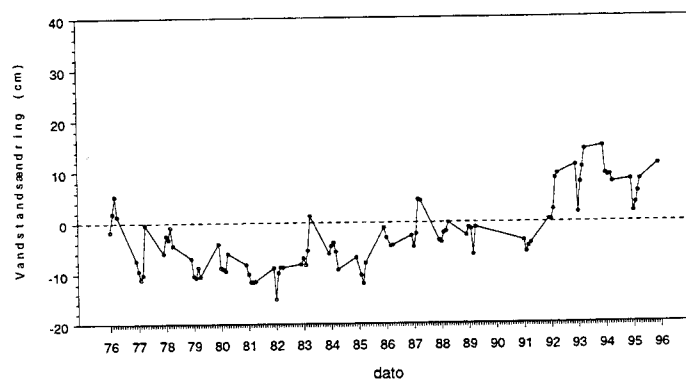
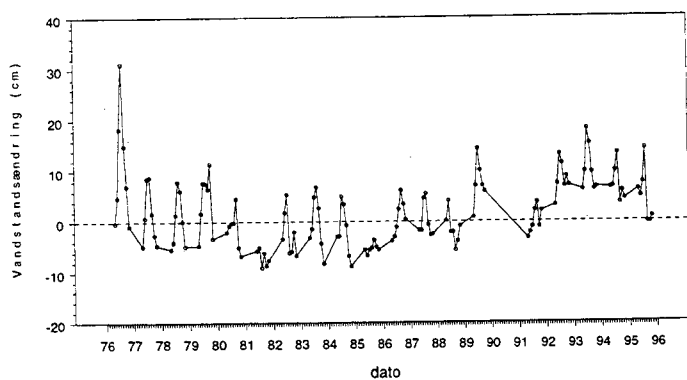
35.03 Sneum å, Nørå bro



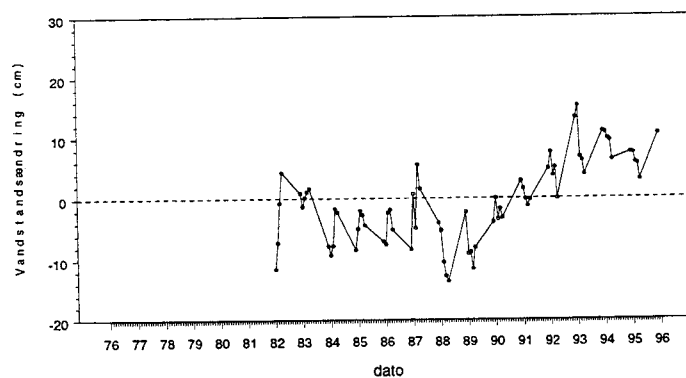
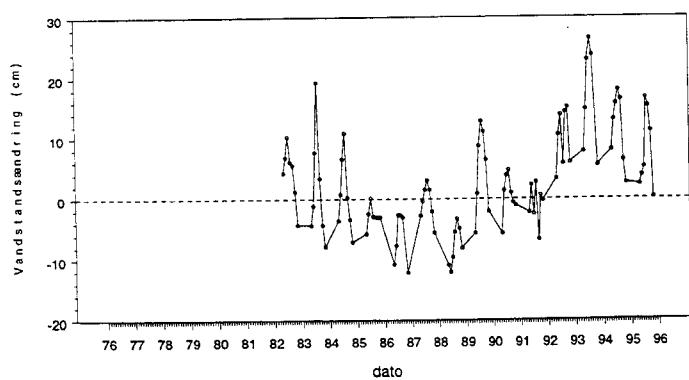
36.01 Kongeå, Kongebroen



37.04 Taps å, Christiansfeld



42.14 Vidå, St. Emmerske bro

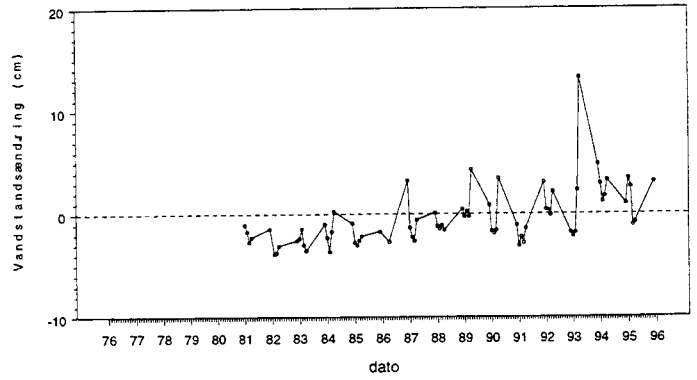
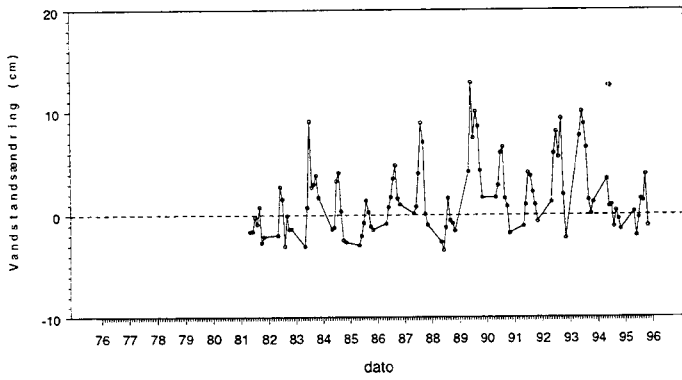


Udvikling i vandføringsevnen

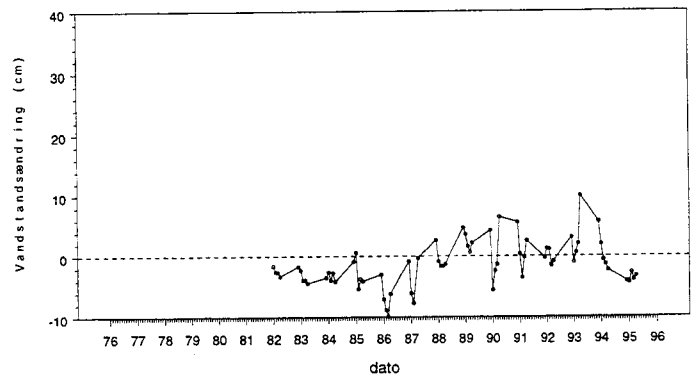
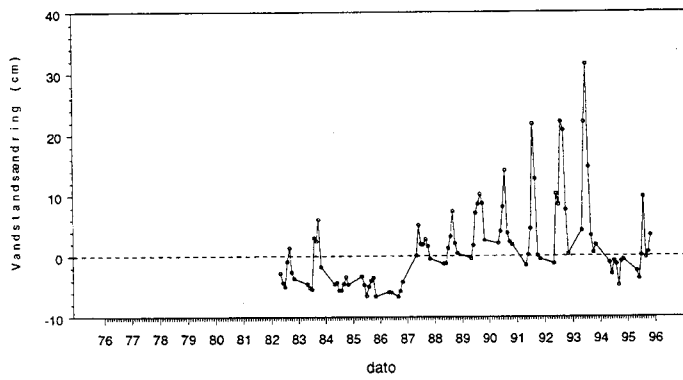
Sommer

Vinter

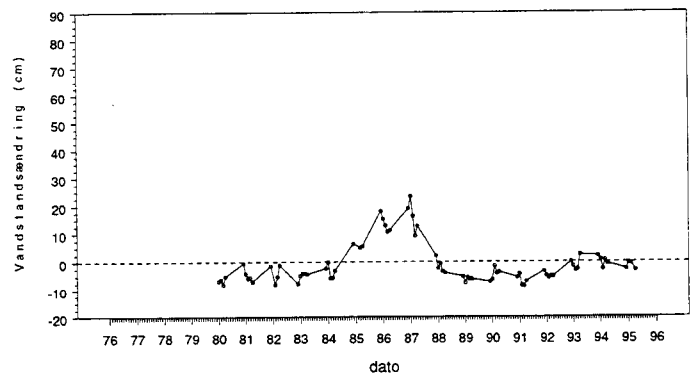
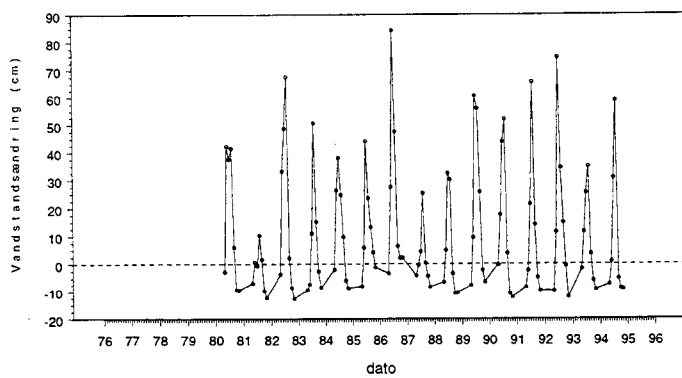
43.05 Viby å, St. 2.9 km



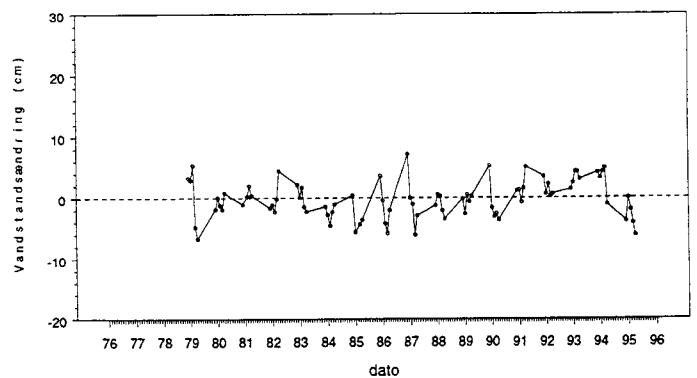
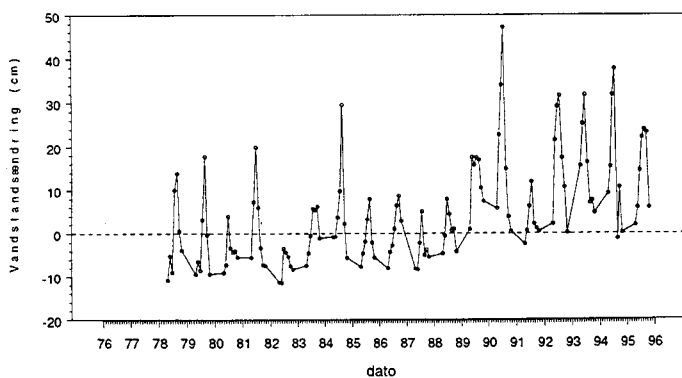
44.08 Vindinge å, St. 9.9 km



45.21 Odense å, Kratholm



48.04 Højbro å, nv for Hanebjerggård

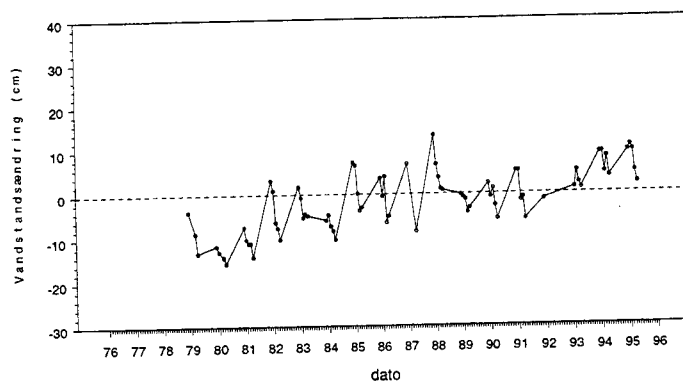
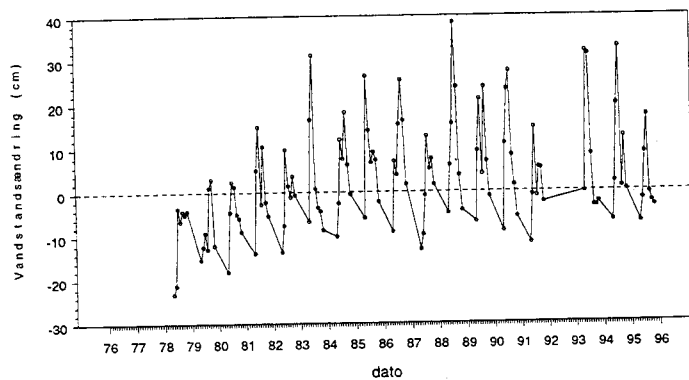


Udvikling i vandføringsevnen

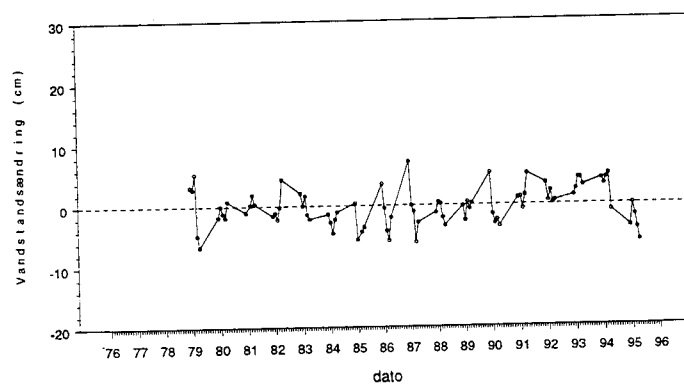
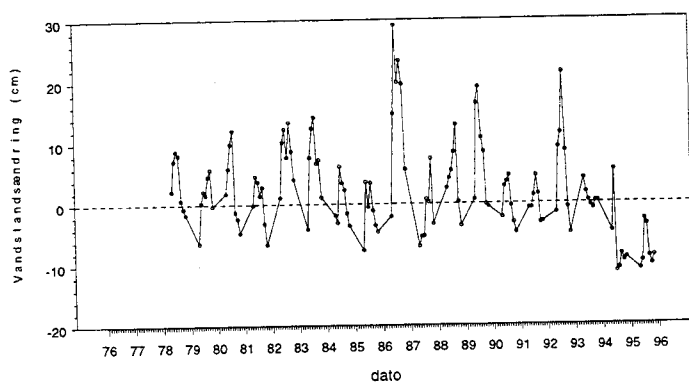
Sommer

Vinter

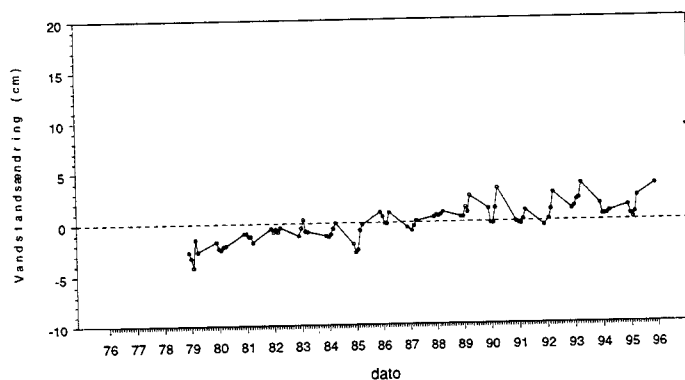
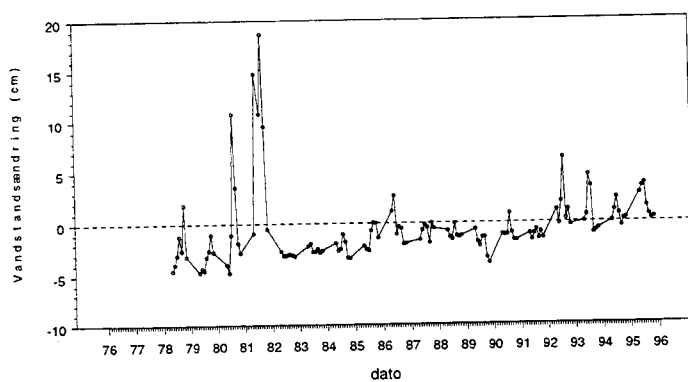
50.05 Nivå, Jellebro



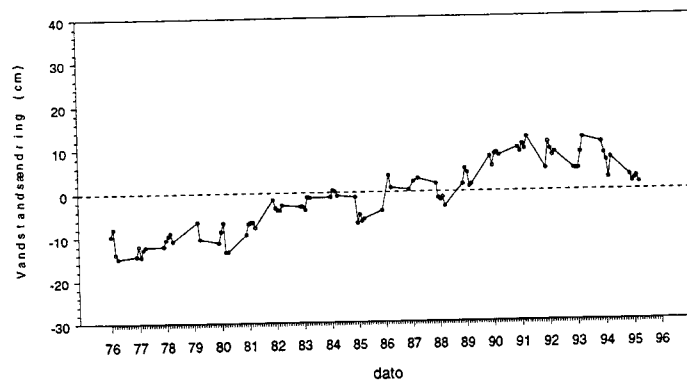
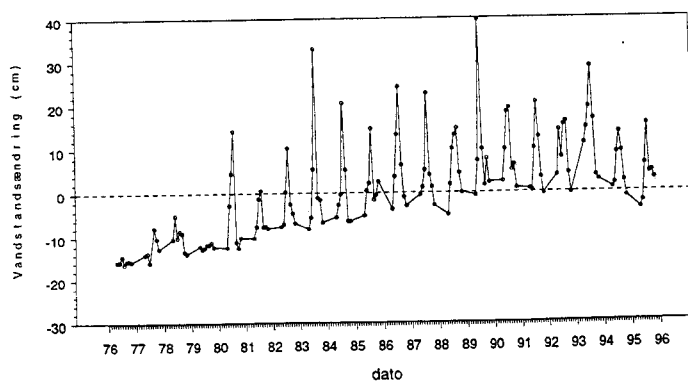
50.06 Usserød å, Nive mølle



51.05 Bregninge å, Bregninge



52.07 Græse å, Hørup

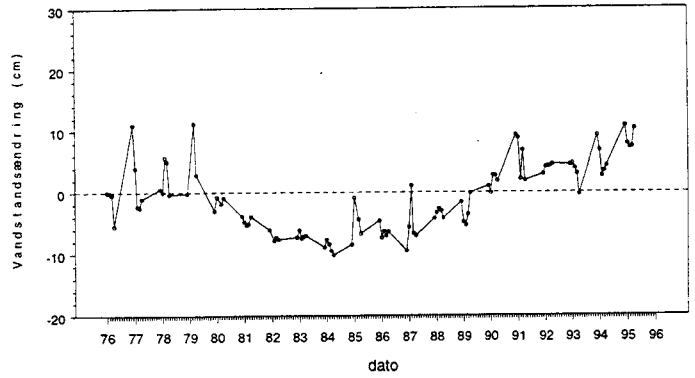
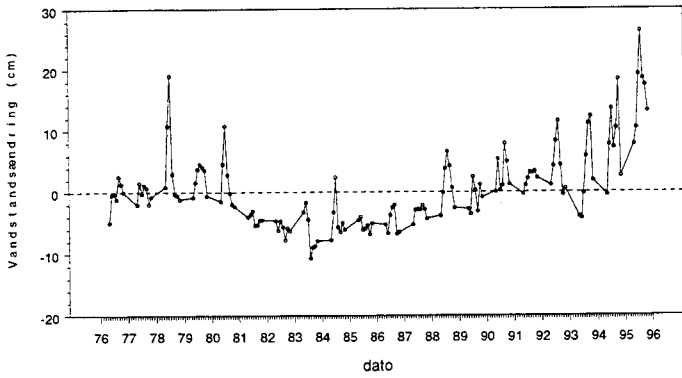


Udvikling i vandføringsevnen

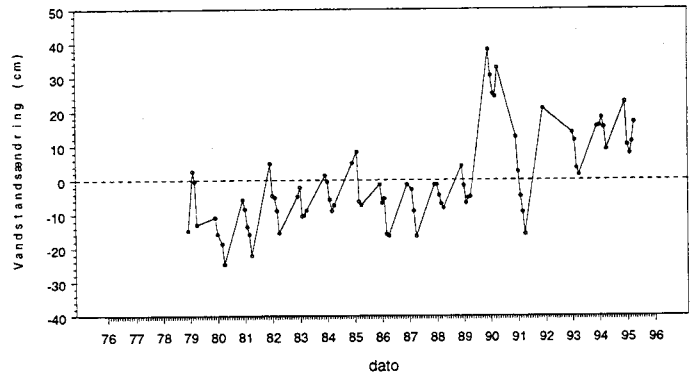
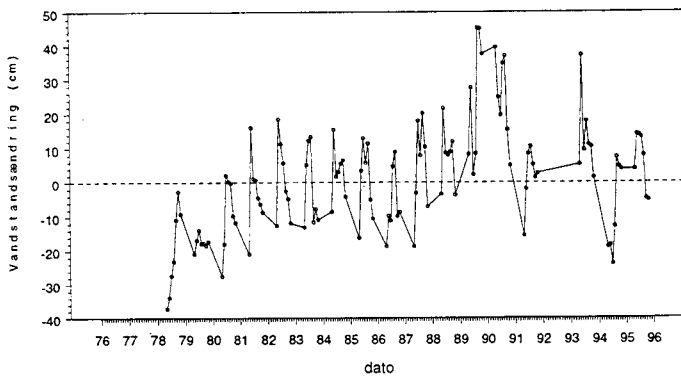
Sommer

Vinter

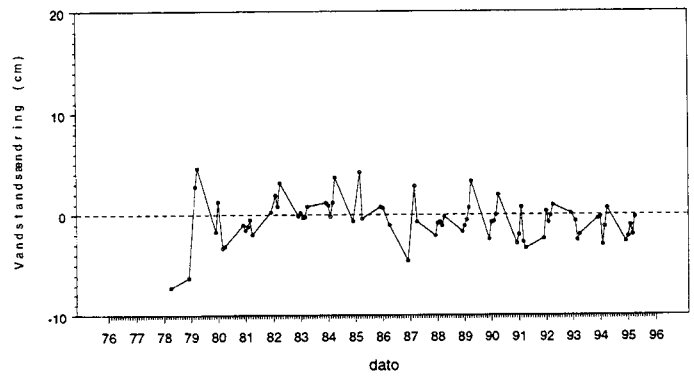
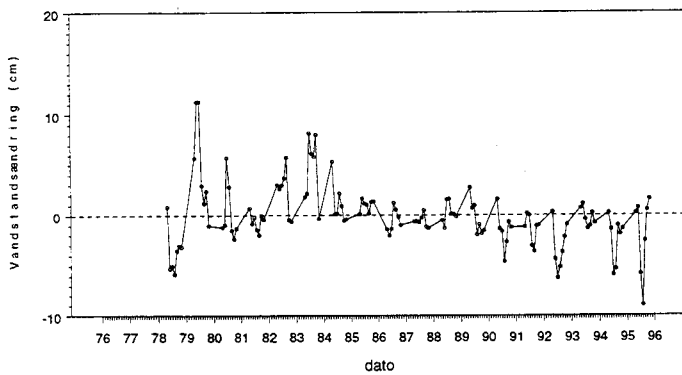
52.08 Havelse å, Strø



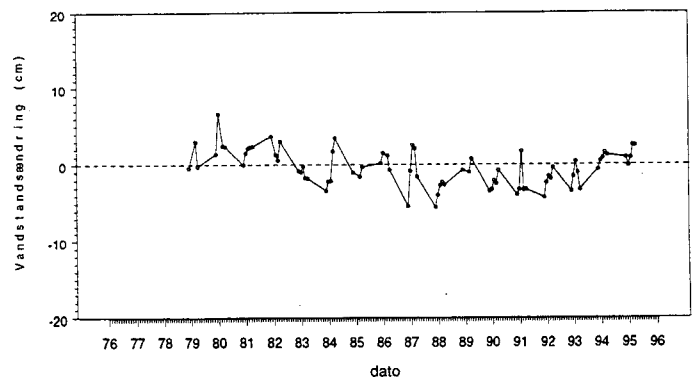
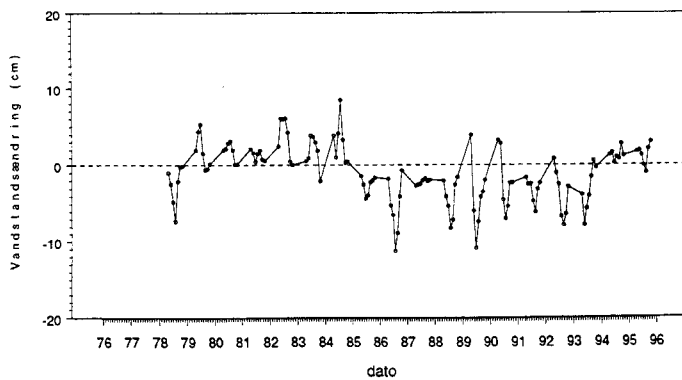
52.14 Værebros å, Veksø bro



52.17 Lavring å, Flædevad bro



52.18 Tokkerup å, Søndergårde

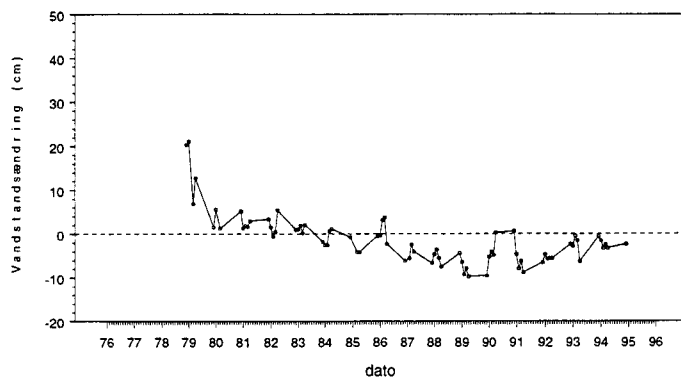
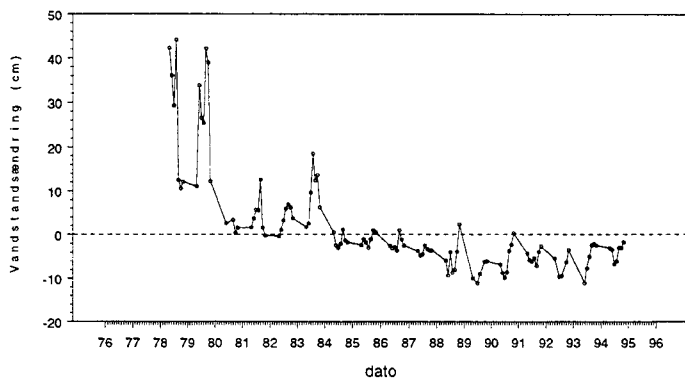


Udvikling i vandføringsevnen

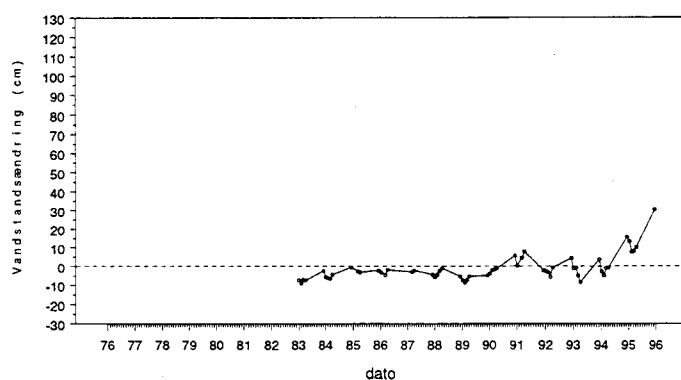
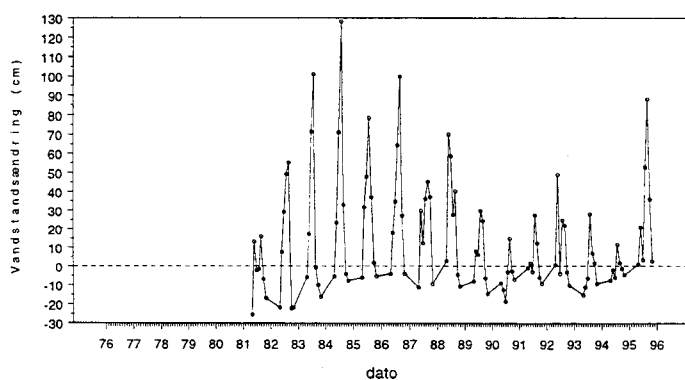
Sommer

Vinter

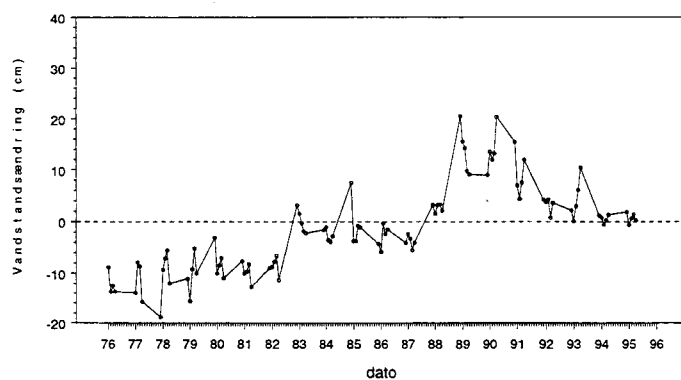
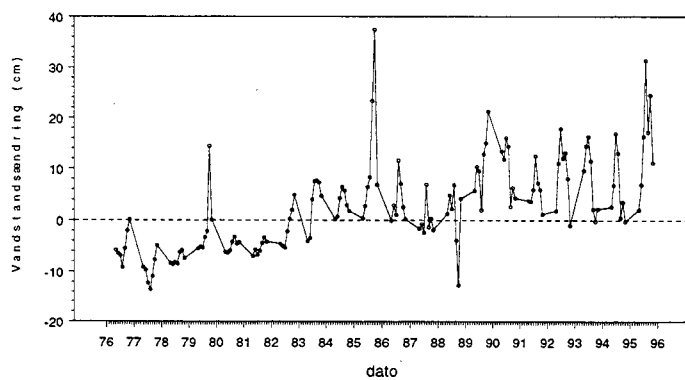
53.02 Lille-Vejleå, Pilemølle



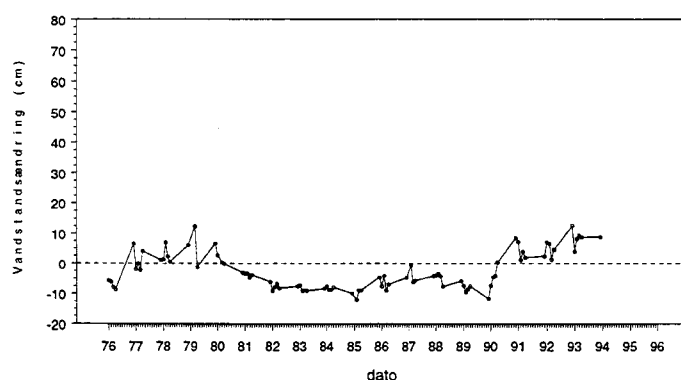
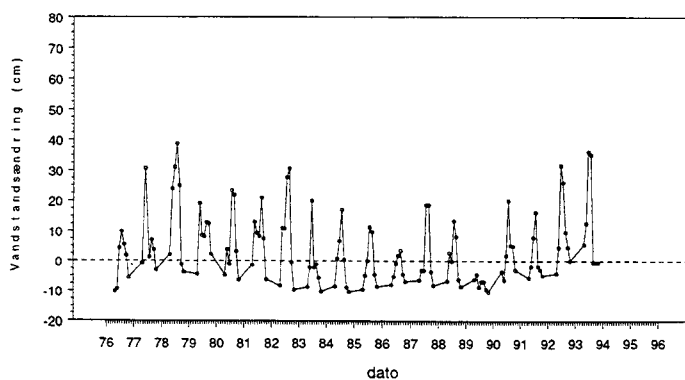
55.06 Åmose å, Ugerløse bro



56.02 Harrested å, Kramsvadgård



56.06 Tude å, Ørslev

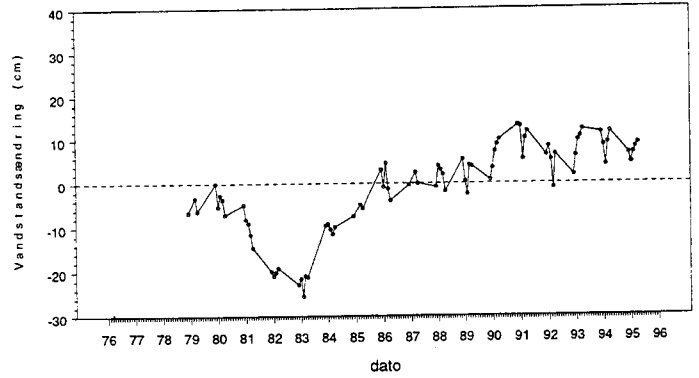
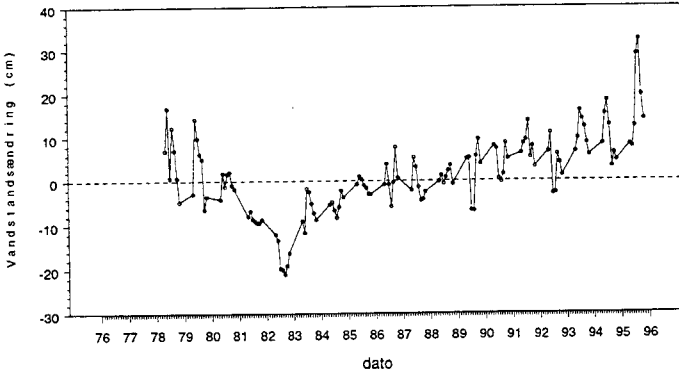


Udvikling i vandføringsevnen

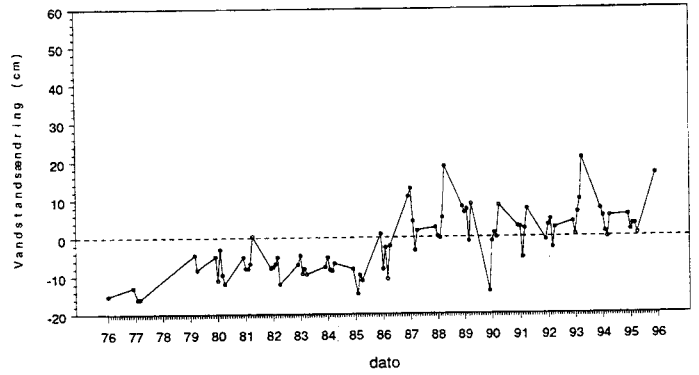
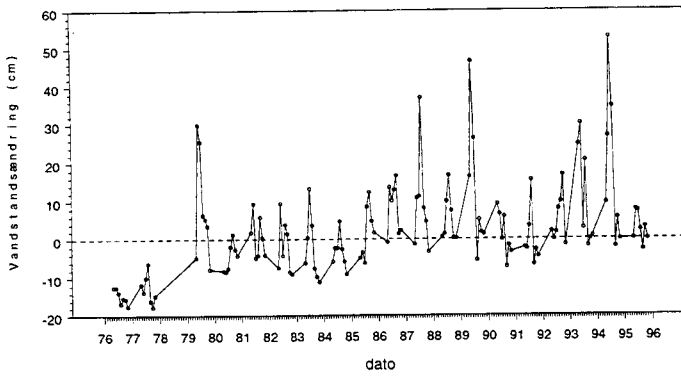
Sommer

Vinter

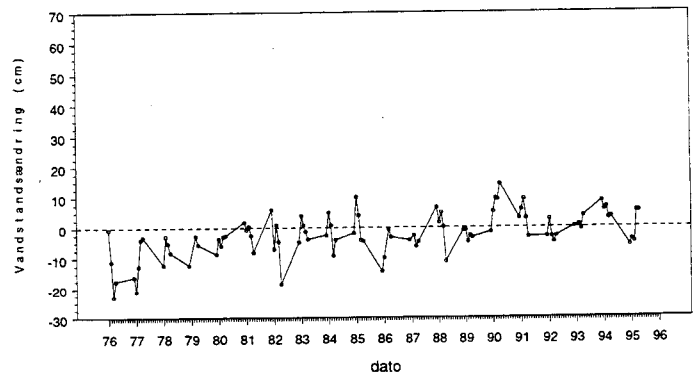
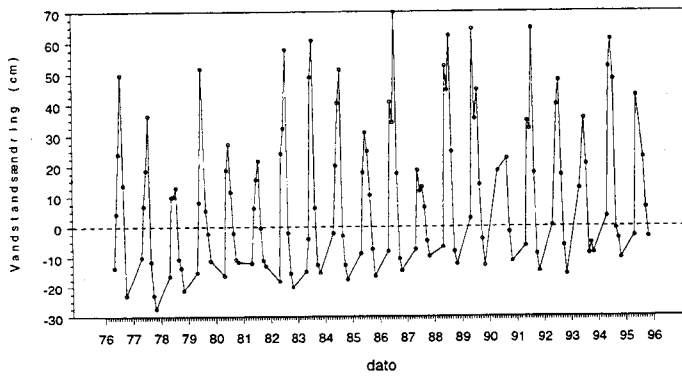
56.09 Seerdrup å, Johannesdal



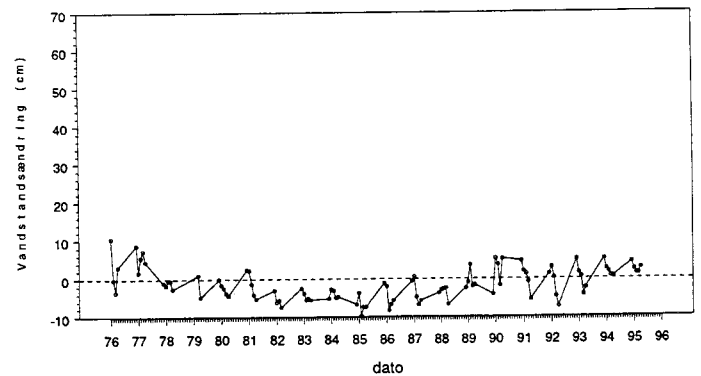
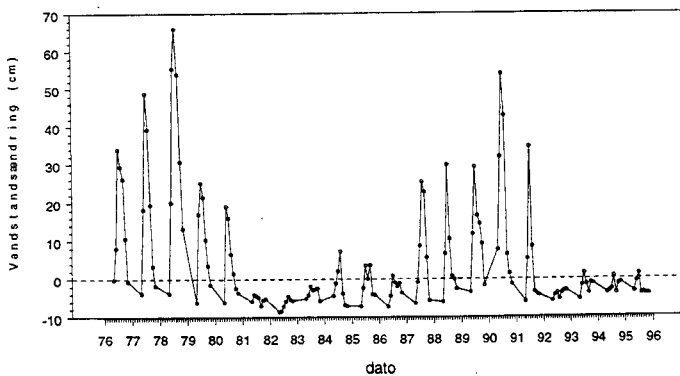
57.01 Saltø å, Grønbro



57.04 Suså, Næsby bro



57.08 Ringsted å, Lille-Svenstrup

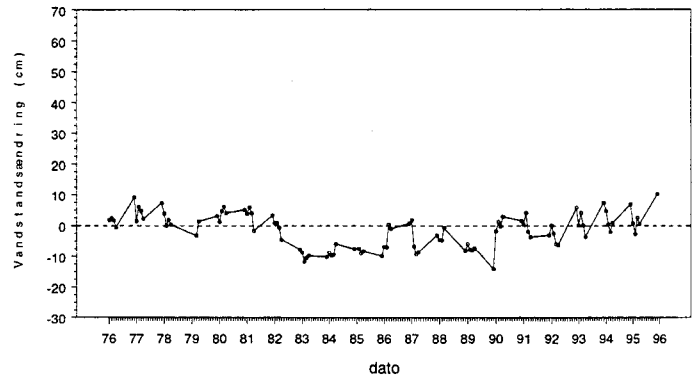
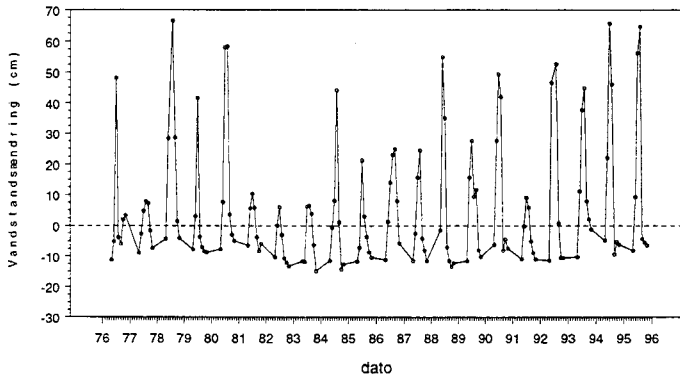


Udvikling i vandføringsevnen

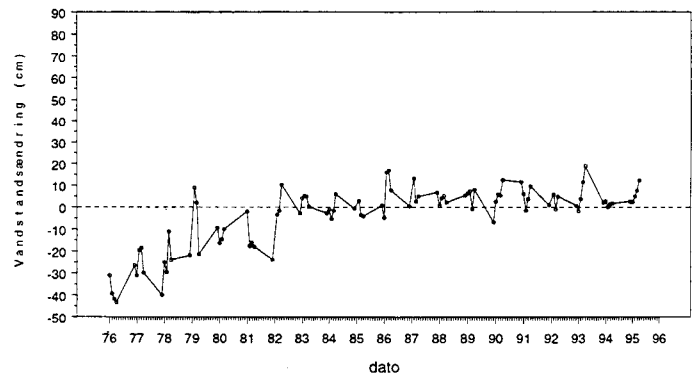
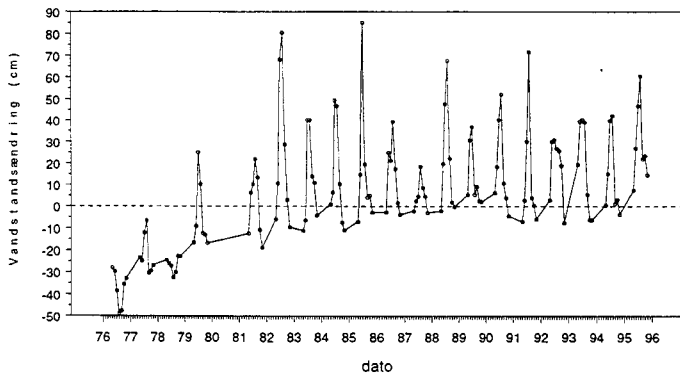
Sommer

Vinter

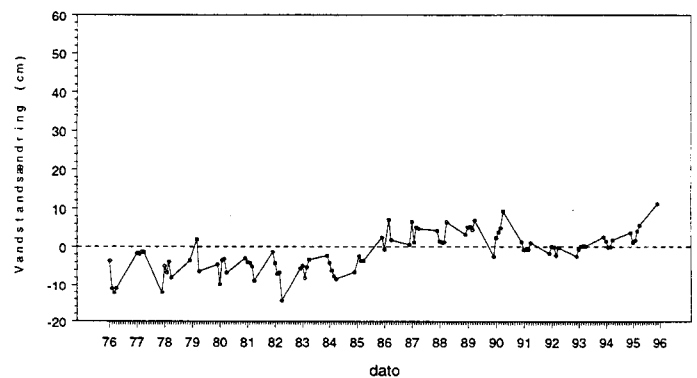
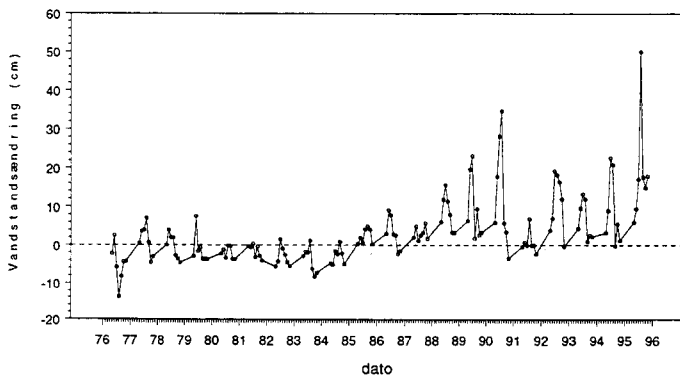
57.12 Suså, Holløse mølle



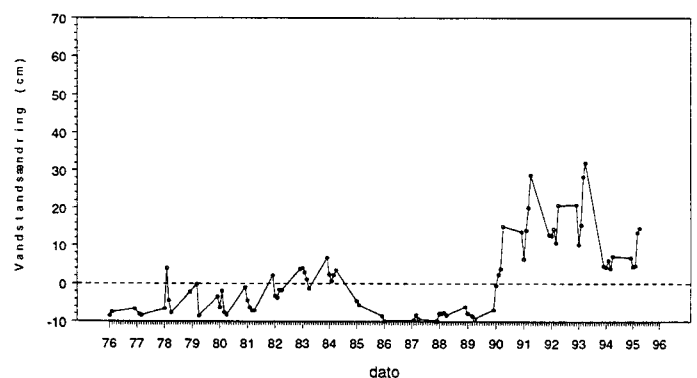
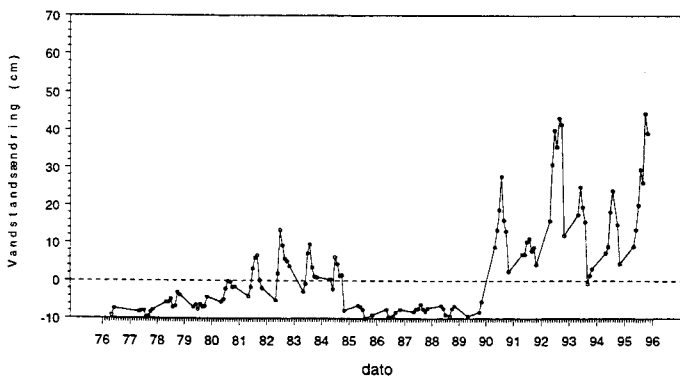
57.21 Suså, Veterslev



59.01 Tryggevælde å, Lille Linde



59.05 Krogbæk, Krogbæksbro

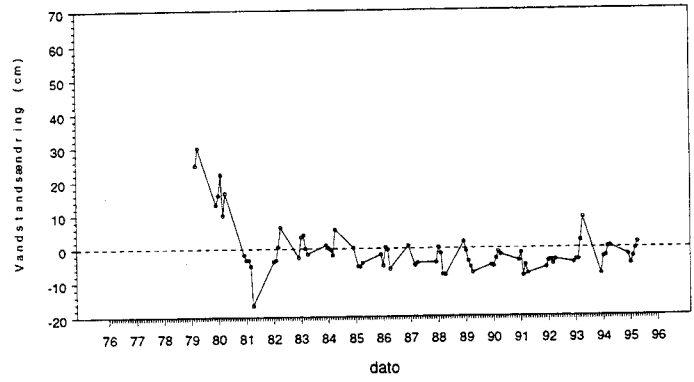
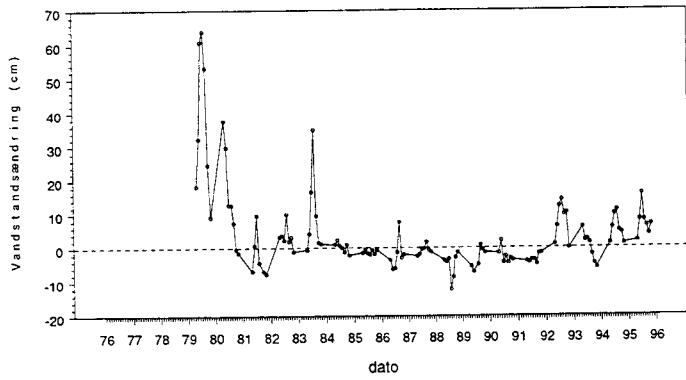


Udvikling i vandføringsevnen

Sommer

Vinter

61.01 Tingsted å, Tingsted



Bilag 3

Resultater af Kendall's sæson-test. Testen viser om der er sket en signifikant udvikling i vandføringsevnen i 3 perioder, henholdsvis sommer og vinter. Testværdiens størrelse angiver hvor kraftigt vandstanden har ændret sig, mens testværdiens fortegn angiver om vandstanden er stigende (positiv) eller faldende (negativ). Hvis "signifikans er mindre end 0,05, er tendensen signifikant. Stationer hvor vedligeholdelsespraksis ikke er ændret i analyseperioden er i kursis.

HU-nr	Vandløb	1976-1995				1976-1985				1986-1995			
		vinter		sommer		vinter		sommer		vinter		sommer	
		Tendens	Signifikans	Tendens	Signifikans	Tendens	Signifikans	Tendens	Signifikans	Tendens	Signifikans	Tendens	Signifikans
03.01	Uggerby å	2,17	0,03	1,08	0,08	1,97	0,05	0,38	0,70	-1,49	0,14	0,86	0,39
06.02	Ryå	0,12	0,91	-0,69	0,49	-0,21	0,84	1,16	0,25	1,86	0,06	1,10	0,27
07.01	Lindholm å	-1,56	0,12	-2,88	0,00	-3,42	0,00	-3,51	0,00	3,02	0,00	1,33	0,18
10.03	Romdrup å	-2,62	0,01	-2,86	0,00	-1,64	0,10	-1,83	0,07	0,33	0,74	0,00	1,00
10.14	Halkær å	-3,62	0,00	-1,73	0,08	-2,67	0,01	-1,51	0,13	-0,21	0,83	1,60	0,11
10.15	Herreds å	3,00	0,00	2,82	0,01	2,12	0,03	2,06	0,04	0,56	0,57	1,05	0,29
11.02	Årup å	-4,59	0,00	-2,07	0,04	-3,52	0,00	-2,72	0,01	-1,04	0,30	1,21	0,23
13.03	Trend å	5,20	0,00	4,64	0,00	2,72	0,01	2,90	0,00	3,42	0,00	2,66	0,01
14.01	Lindenberg å	1,12	0,26	1,09	0,28	-0,69	0,49	-1,01	0,31	1,86	0,06	1,57	0,12
18.05	Skals å	-1,40	0,16	-1,15	0,25	-3,23	0,00	-3,10	0,00	2,50	0,01	2,51	0,01
20.05	Skive å	-2,97	0,00	-3,28	0,00	-2,81	0,01	-2,86	0,00	-0,54	0,59	-0,56	0,58
21.01	Gudenå	3,92	0,00	3,59	0,00	-0,14	0,89	0,96	0,34	2,27	0,02	2,12	0,03
21.02	Gudenå	3,18	0,00	3,17	0,00	-0,30	0,77	-0,64	0,53	2,34	0,02	1,20	0,23
21.03	Nørre å	-4,01	0,00	-1,35	0,18	-3,24	0,00	-3,40	0,00	1,18	0,24	1,39	0,17
21.25	Non mølleå	-0,40	0,69	3,25	0,00	1,47	0,14	0,88	0,38	1,17	0,24	2,19	0,03
21.28	Salten å	-1,11	0,27	1,62	0,11	-1,39	0,16	-1,06	0,29	2,15	0,03	2,63	0,01
21.32	Matstrup å	-1,59	0,11	-3,10	0,00	-2,81	0,01	-2,45	0,01	-0,23	0,82	0,53	0,60
21.39	Funder å	4,44	0,00	3,75	0,00	2,65	0,01	2,13	0,03	1,98	0,05	0,98	0,33
21.40	Gudenå	0,22	0,83	1,47	0,14	0,27	0,79	0,37	0,71	0,27	0,79	1,29	0,20
21.49	Lilleå	2,84	0,01	0,66	0,51	0,00	1,00	-2,24	0,03	2,82	0,01	1,51	0,13
21.52	Alling å	1,44	0,15	2,90	0,00	-1,53	0,13	-1,59	0,11	2,83	0,01	2,82	0,01
21.57	Lilleå	2,67	0,01	0,84	0,40	2,13	0,03	-1,39	0,12	1,96	0,05	0,56	0,58
22.10	Storå	-0,86	0,35	-1,80	0,07	-1,33	0,18	-1,59	0,11	0,16	0,88	-1,57	0,12
22.12	Lilleå	3,66	0,00	3,53	0,00	1,30	0,20	1,15	0,25	2,60	0,01	2,81	0,01
24.01	Ryom å	4,56	0,00	4,49	0,00	2,84	0,01	2,73	0,01	2,11	0,04	2,06	0,04
24.06	Skodå	3,47	0,00	3,29	0,00	2,16	0,03	1,18	0,24	2,42	0,02	2,88	0,00
25.08	Skjem å	1,86	0,06	1,65	0,10	-0,73	0,47	-0,68	0,50	-0,36	0,72	-1,11	0,27
25.18	Vorgod å	2,64	0,01	3,60	0,00	2,29	0,02	2,32	0,02	-0,16	0,87	1,36	0,18
26.01	Århus å	2,66	0,01	2,74	0,01	0,32	0,75	-0,03	0,97	2,59	0,01	1,76	0,08
27.01	Lille-Hansted å	1,20	0,23	-0,01	0,99	-2,82	0,01	-3,10	0,00	3,39	0,00	2,44	0,02
27.06	Odder å	-4,38	0,00	-4,99	0,00	-2,42	0,02	-2,35	0,02	-1,16	0,25	-2,86	0,00
28.02	Bygholm å	-0,09	0,93	0,03	0,98	-3,04	0,00	-3,34	0,00	3,11	0,00	3,40	0,00
31.14	Grindsted å	-1,21	0,23	-0,56	0,59	-3,71	0,00	-3,03	0,00	2,24	0,03	0,52	0,60
31.15	Ansager å	-1,62	0,11	0,78	0,43	-3,20	0,00	-2,52	0,01	1,78	0,08	1,46	0,14
32.03	Vejle å	-2,86	0,00	-2,40	0,02	-2,75	0,01	-2,18	0,03	-1,49	0,14	-1,63	0,10
34.03	Kolding å	2,74	0,01	0,11	0,92	0,92	0,36	-1,03	0,30	2,39	0,02	1,61	0,11
35.03	Sneum å	2,74	0,01	-0,79	0,43	-1,09	0,06	2,17	0,03	2,57	0,01	0,89	0,37
36.01	Kongeå	-1,30	0,19	0,01	1,00	-3,01	0,00	-2,63	0,01	1,70	0,09	0,46	0,64
37.04	Taps å	3,32	0,00	1,61	0,11	-0,76	0,45	-2,40	0,02	2,40	0,02	1,77	0,08
42.14	Vidå	2,56	0,01	1,99	0,05	-1,04	0,30	-1,55	0,12	2,78	0,01	2,62	0,01
43.05	Viby å	3,28	0,00	1,66	0,10	0,25	0,80	0,00	1,00	2,03	0,04	-0,07	0,94
44.08	Vindinge å	2,17	0,03	2,03	0,04	-0,76	0,45	-1,45	0,15	1,10	0,27	0,57	0,57
45.21	Odense å	0,83	0,40	0,14	0,89	2,19	0,03	0,94	0,35	-0,51	0,61	-0,66	0,51
48.04	Højbro å	3,74	0,00	3,41	0,00	0,80	0,42	0,61	0,54	2,95	0,00	2,24	0,03
50.05	Nivå	3,87	0,00	2,83	0,01	2,18	0,03	2,68	0,01	1,76	0,08	-1,15	0,25
50.06	Usserød å	1,34	0,18	-1,69	0,09	-1,43	0,15	-0,61	0,54	1,52	0,13	-2,34	0,02
51.05	Bregninge å	4,19	0,00	3,24	0,00	2,42	0,02	0,89	0,38	1,63	0,10	2,19	0,03
52.07	Græse å	4,46	0,00	4,67	0,00	2,77	0,01	3,35	0,00	1,06	0,29	0,89	0,37
52.08	Havelse å	1,89	0,06	1,92	0,06	-2,52	0,01	-2,49	0,01	3,31	0,00	3,14	0,00
52.14	Værebros å	3,49	0,00	3,13	0,00	2,53	0,01	2,60	0,01	2,25	0,02	0,45	0,66
52.17	Lavring å	-1,37	0,17	-1,77	0,08	2,19	0,03	1,08	0,28	-1,19	0,23	-0,98	0,33
52.18	Tokkerup å	-1,57	0,12	-1,28	0,20	-1,60	0,11	0,39	0,70	1,47	0,14	2,11	0,04
53.02	Lille-Vejleå	-3,15	0,00	-3,99	0,00	-2,91	0,00	-2,20	0,03	0,30	0,77	-0,64	0,53
55.06	Åmose å	2,78	0,01	0,00	1,00	1,21	0,23	1,96	0,05	2,20	0,03	-0,89	0,37
56.02	Harrested å	3,82	0,00	4,21	0,00	2,63	0,01	2,92	0,00	-0,10	0,92	1,95	0,05
56.06	Tude å	0,70	0,48	-0,58	0,57	-2,46	0,01	-1,75	0,08	2,29	0,02	2,08	0,04
56.09	Seerdrup å	3,55	0,00	3,10	0,00	-0,81	0,42	-1,12	0,26	2,17	0,03	3,02	0,00
57.01	Saltø å	3,98	0,00	3,00	0,00	1,35	0,18	1,68	0,09	1,53	0,13	-0,44	0,66
57.04	Suså	3,69	0,00	3,99	0,00	2,44	0,02	1,73	0,08	1,44	0,15	1,76	0,08
57.08	Ringsted å	0,76	0,45	-0,97	0,33	-2,85	0,00	-2,23	0,03	2,33	0,02	-0,50	0,62
57.12	Suså	-0,55	0,58	0,70	0,49	-2,40	0,02	-1,71	0,09	2,30	0,02	1,64	0,10
57.21	Suså	3,88	0,00	3,71	0,00	2,75	0,01	2,99	0,00	-0,63	0,53	1,25	0,21
59.01	Trykkevælde å	3,09	0,00	3,52	0,00	-0,73	0,47	1,21	0,23	0,00	1,00	-0,12	0,91
59.05	Krogbæk	2,71	0,01	2,74	0,01	2,04	0,04	1,91	0,06	2,51	0,01	2,57	0,01
61.01	Tingsted å	-1,80	0,07	-0,74	0,46	-1,60	0,11	-1,65	0,10	1,01	0,31	1,95	0,05

Bilag 4

Den årlige stigningstakt i styrevandstanden ved statoner, hvor der er sket en signifikant reduktion i vandføringsevnen. Beregnet for perioderne 1976-1995 og 1986-1995. Stationer uden ændringer i vedligeholdelsespraksis i analyseperioden er i kursiv.

		Årlig vandstandstigning (cm)			
		1976-1995		1986-1995	
HU-nr	Vandløb	vinter	sommer	vinter	sommer
03.01	Uggerby å	0.5			
06.02	Ryå				
07.01	Lindholm å			3.2	
10.03	Romdrup å				
10.14	Halkær å				
10.15	Herreds å/Sønderup Å	1.0	1.0		
11.02	Årup å				
13.03	Trend å	1.7	2.1	2.1	2.9
14.01	Lindenberg å				
18.05	Skals å			1.5	2.5
20.05	Skive å				
21.01	Gudenå	0.6	0.4	0.7	0.5
21.02	Gudenå	1.0	1.0	2.1	
21.03	Nørre å				
21.25	Non mølleå		0.2		0.3
21.28	Salten å			1.1	1.8
21.32	Mattrup å				
21.39	Funder å	0.7	0.9	0.5	
21.40	Gudenå				
21.49	Lilleå	0.9		3.6	
21.52	Alling å		0.8	3.2	2.4
21.57	Lilleå	0.5		0.8	
22.10	Storå				
22.12	Lilleå	0.8	0.8	1.4	1.3
24.01	Ryom å	2.9	2.8	3.9	3.4
24.06	Skodå	1.2	1.1	1.7	1.8
25.08	Skjern å				
25.18	Vorgod å	0.6	1.7		
26.01	Århus å	0.3	0.2	0.9	
27.01	Lille-Hansted å			1.9	1.2
27.06	Odder å				
28.02	Bygholm å			2.4	2.4
31.14	Grindsted å			1.5	
31.15	Ansager å				
32.03	Vejle å				
34.03	Kolding å	0.6		1.7	
35.03	Sneum å	0.6		1.4	
36.01	Kongeå				
37.04	Taps å	0.8		1.2	
42.14	Vidå	1.1	0.8	2.1	2.1
43.05	Viby å	0.3		0.4	
44.08	Vindinge å	0.3	0.6		
45.21	Odense å				
48.04	Højbro å	1.3	1.0	2.2	1.8
50.05	Nivå	1.1	0.7		
50.06	Usserød å				
51.05	Bregninge å	0.2	0.2		0.3
52.07	Græse å	1.2	1.2		
52.08	Havelse å			1.7	0.6
52.14	Værebro å	1.7	1.3	2.8	
52.17	Lavring å				
52.18	Tokkerup å				0.6
53.02	Lille-Vejleå				
55.06	Åmose å	0.7		0.9	
56.02	Harrested å	1.0	1.0		0.9
56.06	Tude å			1.6	1.1
56.09	Seerdrup å	1.5	1.1	1.0	1.4
57.01	Saltø å	1.2	0.9		
57.04	Suså	0.6	1.2		
57.08	Ringsted å			0.6	
57.12	Suså			0.9	
57.21	Suså	1.6	2.1		
59.01	Tryggevælde å	0.5	0.7		
59.05	Krogbæk	1.0	1.2	2.9	3.7
61.01	Tingsted å				1.0

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:

Danmarks Miljøundersøgelser *Direktion og Sekretariat*
Postboks 358 *Forsknings- og Udviklingssekretariat*
Frederiksborgvej 399 *Afd. for Atmosfærisk Miljø*
4000 Roskilde *Afd. for Havmiljø og Mikrobiologi*
Afd. for Miljökemi
Tlf. 46 30 12 00 *Afd. for Systemanalyse*
Fax 46 30 11 14

Danmarks Miljøundersøgelser *Afd. for Vandløbsøkologi*
Postboks 314 *Afd. for Sø- og Fjordøkologi*
Vejlsovej 25 *Afd. for Terrestrisk Økologi*
8600 Silkeborg

Tlf. 89 20 14 00
Fax 89 20 14 14

Danmarks Miljøundersøgelser *Afd. for Kystzoneøkologi*
Grenåvej 12, Kalø *Afd. for Landskabsøkologi*
8410 Rønde

Tlf. 89 20 17 00
Fax 89 20 15 14

Danmarks Miljøundersøgelser *Afd. for Arktisk Miljø*
Tagensvej 135, 4.
2200 København N

Tlf. 35 82 14 15
Fax 35 82 14 20

Publikationer:

DMU udgiver faglige rapporter, tekniske anvisninger, tema-rapporter, arbejdsrapporter, særtryk af videnskabelige og faglige artikler, samt årsberetninger.

I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer. Årsberetning samt en opdateret oversigt over årets publikationer fås ved henvendelse til telefon: 46 30 12 00.

Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports

1996

- Nr. 152: Rådyrjagten i Danmark 1993/94. Af Asferg, T. & Jeppesen, J.L. 40 s., 50,00 kr.
- Nr. 153: Control of Pesticides 1995. By Køppen, B. 26 p., DKK 40,00.
- Nr. 154: Territoriality, breeding ranges and relationship between the sexes in a Danish wild pheasant (*Phasianus colchicus*) population. By Clausager, I. et al. 44 p., DKK 45,00.
- Nr. 155: Fredningen ved Saltholm og risiko for bird-strikes i Københavns Lufthavn. Af Noer, H. & Christensen, T.K. 44 s., 50,00 kr.
- Nr. 156: Oil Exploration in the Fylla Area. By Mosbech, A. et al. 92 p., DKK 100,00.
- Nr. 157: Monitorering af tungmetaller i danske dyrknings- og naturjorder. Prøvetagning i 1992/1993. Af Larsen, M.M. et al. 78 s., 100,00 kr.
- Nr. 158: Fuglelivet omkring Rønland, Harboør Tange. Af Clausen, P., et al. 48 s., 45,00 kr.
- Nr. 159: Kortlægning af tålegrænser for svovl og kvælstof. Af Bak, J. 110 s., 150,00 kr.
- Nr. 160: Miljøundersøgelser ved Maarmorilik 1995. Af Riget, F. et al. 91 s., 100,00 kr.
- Nr. 161: Ammoniak og naturforvaltning. Af Strandberg, M. 58 s., 100,00 kr.
- Nr. 162: Environmental impacts of shipping to and from Citronen Fjord. By Boertmann, D. 35 p., DKK 40,00.
- Nr. 163: Modellering af bygge- og anlægssektorens materialeforbrug. Af Wier, M. 122s., 75,00 kr.
- Nr. 164: BASIS. En konsekvensanalysemodel for forbrug af byggematerialer. Af Wier, M. 109 s., 75,00 kr.
- Nr. 165: Omkostninger ved reduktion af næringsstofbelastningen af havområderne. Af Paaby, H. et al. 187 s., 150,00 kr.
- Nr. 166: Analyse af dioxin og pentachlorphenol i nye tekstiler. Af Vikelsøe, J. & Johansen, E. 46 s., 40,00 kr.
- Nr. 167: Fejlkilder i den danske vildtudbyttestatistik. Af Asferg, T. 27 s., 40,00 kr.
- Nr. 168: Vingeindsamling fra jagtsæsonen 1995/1996 i Danmark. Af Clausager, I. 41 s., 35,00 kr.
- Nr. 169: Effects of fitting dummy satellite transmitters to geese. A pilot project using radio telemetry on wintering Greenland White-fronted geese. By Glahder, C. et al. 38 p., DKK 40,00.
- Nr. 170: Seabird colonies in western Greenland. By Boertmann, D. et al. 148 p., DKK 100,00.
- Nr. 171: Overvågning af odder (*Lutra lutra*) i Karup Å, Hvidbjerg Å/Thy, Ryå og Skals Å, 1985-1994. Af Madsen, A.B. et al. 42 s., 45,00 kr.
- Nr. 172: Overvågning af odder (*Lutra lutra*) i Danmark 1996. Af Hammershøj, M. et al. 43 s., 45,00 kr.
- Nr. 173: Atmosfærisk deposition af kvælstof. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1995. Hovedrapport og bilagsrapport. Af Skov, H. et al. 84 s. + 282 s., 100,00 kr. + 300,00 kr.
- Nr. 174: Atmosfærisk deposition af kvælstof. Målemetoder og modelberegninger. Af Ellermann, T. et al. 56 s., 70,00 kr.
- Nr. 175: Landovervågningsoplande. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1995. Af Grant, R. et al. 150 s., 125,00 kr.
- Nr. 176: Ferske vandområder. Søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1995. Af Jensen, J.P. et al. 96 s., 125,00 kr.
- Nr. 177: Ferske vandområder. Vandløb og kilder. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1995. Af Windolf, J. (red.). 228 s., 125,00 kr.
- Nr. 178: Sediment and Phosphorus. Erosion and Delivery, Transport and Fate of Sediments and Sediment-associated Nutrients in Watersheds. Proceedings from an International Workshop in Silkeborg, Denmark, 9-12 October 1995. Af Kronvang, B. et al. 150 pp., 100,00 DKK.
- Nr. 179: Marine områder. Danske fjorde - status over miljøtilstand, årsagssammenhænge og udvikling. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1995. Af Kaas, H. et al. 205 s., 150,00 kr.
- Nr. 180: The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Report for 1995. By Kemp, K. et al. 55 pp., 80,00 DKK.
- Nr. 181: Dansk Fauna Indeks. Test og modifikationer. Af Friberg, N. et al. 56 s., 50,00 kr.

1997

- Nr. 182: Livsbetingelserne for den vilde flora og fauna på braklagte arealer - En litteraturudredning. Af Mogensen, B. et al. 165 pp., 125,00 DKK.
- Nr. 183: Identification of Organic Colourants in Cosmetics by HPLC-Photodiode Array Detection. Chemical Substances and Chemical Preparations. By Rastogi, S.C. et al. 233 pp., 80,00 DDK.
- Nr. 184: Forekomst af egern *Sciurus vulgaris* i skove under 20 ha. Et eksempel på fragmentering af landskabet i Århus Amt. Af Asferg, T. et al. 35 s., 45,00 kr.
- Nr. 185: Transport af suspenderet stof og fosfor i den nedre del af Skjern Å-systemet. Af Svendsen, L.M. et al. 88 s., 100,00 kr.

