

Vandføringsevne i danske vandløb 1976-1995

2. udgave

Faglig rapport fra DMU, nr. 218

Hans Legard Iversen

Niels Bering Ovesen

Afdeling for Vandløbsøkologi

Datablad

Titel:	Vandføringsevne i danske vandløb 1976-95
Undertitel:	2. udgave
Forfattere:	Hans Legard Iversen, Niels Bering Ovesen
Afdelingsnavn:	Afdeling for Vandløbsøkologi
Serietitel og nummer.:	Faglig rapport fra DMU nr. 218
Udgiver:	Miljø- og Energiministeriet Danmarks Miljøundersøgelser ©
URL:	http://www.dmu.dk
Udgivelsesår:	December 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. 2. udgave. Danmarks Miljøundersøgelser. 56 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 218. Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.
Emneord:	Hydrometri, vandstand, vandløbsvedligeholdelse, grøde, fysisk vandmiljø, tidsserieanalyse
ISBN:	87-7772-362-7
ISSN:	0905-815x
Papirkvalitet:	Cyclus Print
Tryk:	Silkeborg Bogtryk
Oplag:	550
Sideantal:	56
Pris:	kr. 50,- (inkl. 25% moms, ekskl. forsendelse)

Købes hos:	Danmarks Miljøundersøgelser Vejsøvej 25 Postboks 314 8600 Silkeborg Tlf. 8920 1400 Fax 8920 1414	Miljøbutikken Information & Bøger Læderstræde 1 1201 København K Tlf. 3337 9292 Fax 3392 7690
------------	---	--

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 64 hydrometriske målestationer jævnt fordelt i hele landet.

Analysen er udført ved hjælp af Kendall's sæsontest, 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.

For samtlige de undersøgte vandløb er der i løbet af perioden 1976 - 95 sket en gennemsnitlig reduktion i vandføringsevnen svarende til en vandstandsstigning på ca. 5 cm. I de vandløb, hvor vandføringsevnen er reduceret, svarer ændringen til en vandstandsstigning på gennemsnitligt ca. 16 centimeter, og i de enkelte vandløb varierer stigningen mellem 4 og 42 centimeter. Vandstandsstigningerne er sket både i sommer- og vinterperioden. Vandstandsstigningerne er beregnet for henholdsvis sommer- og vintermiddel-vandføringer. 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 alene skyldes ændret vedligeholdelsespraksis, idet der i en del af vandløbene er sket ændringer af vandføringsevnen på trods af, at vedligeholdelsespraksis ikke er ændret. Ændring i vedligeholdelsespraksis har været en medvirkende årsag til at vandstanden er steget, idet stigningen er størst i vandløb med ændret vedligeholdelsespraksis.

*Indsnævring af vandløbene
til regulativmæssige dimen-
sioner*

En reduktion i vandføringsevne falder desuden i de fleste tilfælde sammen med myndighedernes ændrede praksis for vandløbsvedligeholdelse, hvor grødeskæring er begrænset til en strømrende, 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.

Det er efter udgivelsen af 1. udgave af denne rapport konstateret, at enkelte af de vandstandsdata, der er anvendt til de statistiske analyser, har været fejlbehæftede. Det drejer sig om data fra Nørre Å, Ryom Å, Skod Å, Bygholm Å, Vejle Å, Konge Å, Seerdrup Å, Suså, Krogsbæk og Tingsted Å. Der har således været fejl i 10 ud af 65 vandløb. Danmarks Miljøundersøgelser har med denne 2. udgave af rapporten rettet fejlene og genberegnet samtlige data. En enkelt station (Krogsbæk) har måttet udgå af undersøgelsen p.a. kvaliteten i vandstandsdata, og en række figurer og tabeller er blevet korrigeret. Korrektionerne medfører ingen ændringer i rapportens hovedkonklusioner om de generelle udviklingstendenser i vandføringsevnen.

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 & Schlünsen 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 mejekurvenerne.

Ringe fysisk variation i vandløb

Man var for alvor begyndt at rense spildevandet, der forurenede 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 vandførings-
evnen, dvs. hvor mange liter pr. sekund, der kan løbe ved en valgt
given vandstandskote. Det er dog mest praktisk at illustrere vandfø-
ringsevnen 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 forhindrin-
gen, 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 sedimenter. Oprensninger/opgravninger fører til en
øjeblikkelig udvidelse af vandløbet, men forøger erosionsrisikoen på
længere sigt. Når udviklingen i vandføringsevnen som følge af æn-
dret vedligeholdelsespraksis undersøges, betragter man derfor sam-
tidige ændringer i grødens hydrauliske virkning og ændringer i ge-
ometriens indflydelse på vandstandsforholdene. Vedligeholdelses-
praksis 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 beregning-
er, 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 generelle påvirkninger af vandføringsevnen i et vandløb normalt vil kunne aflæses ved målestationen.

Fra målestationerne foreligger tidsserier af døgnværdier 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

Vandløb og målestationer der indgår i undersøgelsen, er udvalgt efter en række 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 64 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.

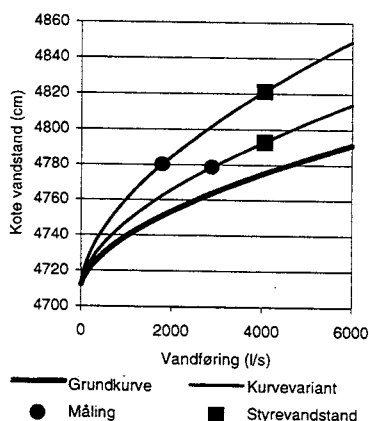
QH-relation

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.

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).



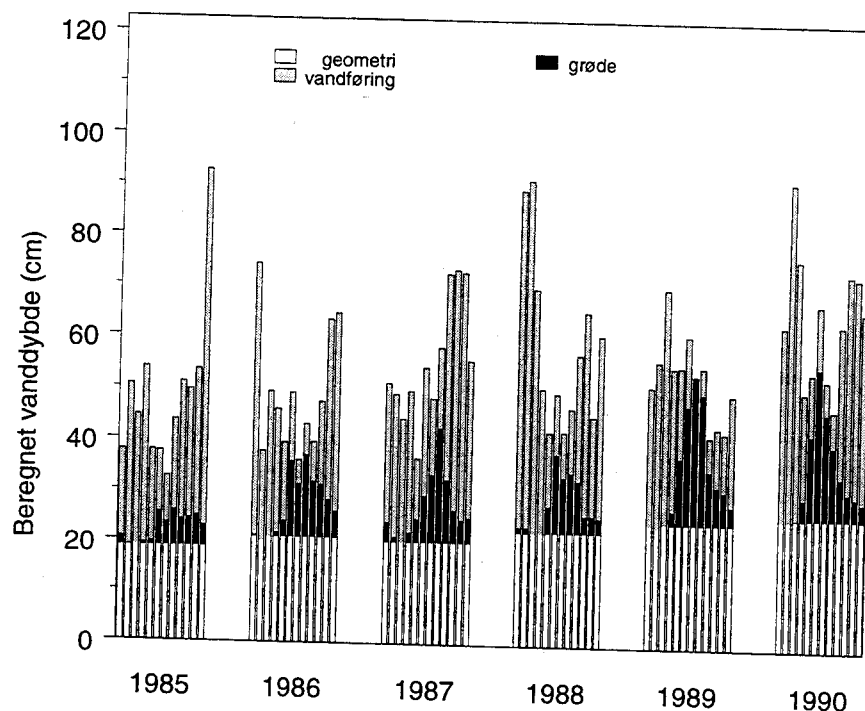
Figur 3.2 Beregning af styrevandstand

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 (figur 3.2). 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 (styrevandstandene) 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 vandløbsprofilet 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 beskeden 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 normalt fordelt, og at seriel korrelation ikke er tilstede, mens parametrisk 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

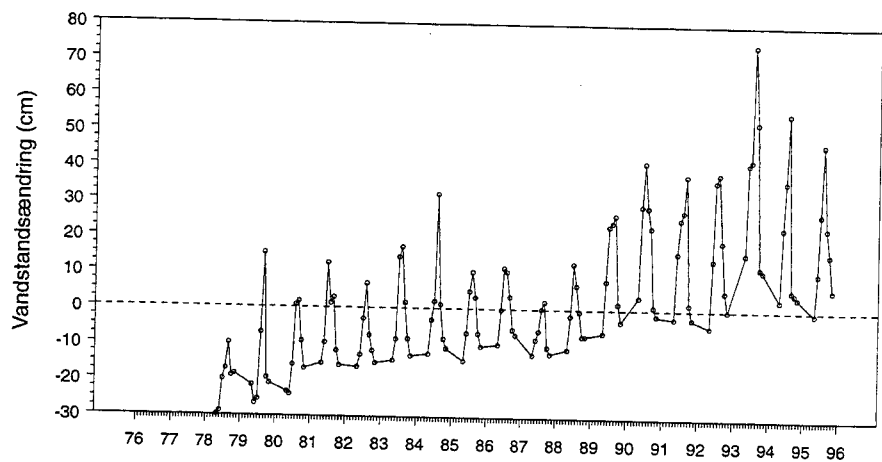
Styrevandstanden for sommeren er beregnet ud fra sommermiddelvandføringen (1. maj - 31. oktober) i undersøgelsesperioden, og styrevandstanden for vinteren er tilsvarende beregnet ud fra vintermiddelvandføringen.

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.

Analysen 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 særsigt at analysere udviklingen i 15 referencevandløb, hvor der ikke er sket ændringer i vedligeholdelsespraksis, er betydningen af ændret vedligeholdelsespraksis vurderet i forhold til den generelle udvikling i vandstandsforholdene.



Figur 3.4 Udvikling i styrevandstandene i sommerperioden (maj - november) 1978 -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 41 ud af 49 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 χ^2 -tests (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 statiske 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 vandføringssevnen både sommer og vinter ved de 64 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 64 stationer i Danmark på 95% konfidensniveau.

Periode	Sæson	Signifikant reduktion	Ingen ændring	Signifikant forøgelse
		Antal (%)	Antal (%)	Antal (%)
1976 - 1995	Vinter	32 (50)	25 (39)	7 (11)
	Sommer	26 (41)	31 (48)	7 (11)
1976 - 1985	Vinter	14 (22)	33 (52)	17 (27)
	Sommer	10 (16)	38 (59)	16 (25)
1986 - 1995	Vinter	30 (47)	34 (53)	0 (0)
	Sommer	20 (31)	42 (66)	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 39 ud af 64 vandløbsstrækninger er der sket en udvikling i årene 1976 - 1995. I de vandløb, hvor der er sket en udvikling i vandføringsevnen, er der i signifikant flest tilfælde sket en reduktion (tabel 4.1).

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 64 stationer i Danmark, opdelt i grupper med og uden ændring i vedligeholdelsespraksis.

Periode	Sæson	49 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 (49)	6 (12)	8 (53)	1 (7)
	Sommer	19 (39)	6 (12)	7 (47)	1 (7)
1976 - 1985	Vinter	12 (24)	14 (29)	2 (13)	3 (20)
	Sommer	10 (20)	13 (27)	0 (0)	3 (20)
1986 - 1995	Vinter	24 (49)	0 (0)	6 (40)	0 (0)
	Sommer	14 (29)	2 (4)	6 (40)	0 (0)

Også reduktion i vandføringsevnen i vandløb, hvor vedligeholdelsespraksis ikke er ændret

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 χ^2 -test viser, at der ikke er signifikant forskel på udviklingen i henholdsvis referencestationer og stationer med ændret vedligeholdelsespraksis. Denne statistiske analyse godtgør således ikke, at vandføringsevnen generelt er reduceret alene 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 ca. 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 ca. 40% af de vandløbsstrækninger, hvor der ikke er sket ændringer i vedligeholdelsespraksis. Udviklingen i referencevandløbene kan ikke på grundlag af en χ^2 -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

I årene 1976 til 1985 er der tilsyneladende en tendens til at vandføringsevnen forøges i Jylland, mens dette ikke synes at være tilfældet på Sjælland. Der er ingen statistisk holdbare forskelle i vandstandsudviklingen på Jylland og øerne.

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 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	16 (46)	5 (14)	1 (20)	1 (20)
	Sommer	12 (34)	5 (14)	2 (40)	1 (20)
1976 - 1985	Vinter	6 (17)	11 (31)	0 (0)	1 (20)
	Sommer	5 (14)	11 (31)	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 24 stationer på Øerne, opdelt i grupper med og uden ændring i vedligeholdelsespraksis

Periode	Sæson	14 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	8 (57)	1 (7)	7 (70)	0 (0)
	Sommer	7 (50)	1 (7)	5 (50)	0 (0)
1976 - 1985	Vinter	6 (43)	3 (21)	2 (20)	2 (20)
	Sommer	5 (36)	2 (14)	0 (0)	2 (20)
1986 - 1995	Vinter	5 (36)	0 (0)	4 (40)	0 (0)
	Sommer	4 (29)	1 (7)	4 (40)	0 (0)

For samtlige de undersøgte vandløb er der i løbet af perioden 1976 - 95 sket en gennemsnitlig reduktion i vandføringsevnen svarende til en vandstandsstigning på ca. 5 cm. Vandstandsstigningen på strækninger, hvor der er sket en reduktion i vandføringsevnen, var omkring 16 cm i perioden 1976-1995 (tabel 4.5 og bilag 4). For de vandløbsstrækninger, hvor der er sket en reduktion af vandføringsevnen efter 1986, er vandstandsstigningen tilsvarende omkring 16 cm, hvilket indikerer, at den generelle reduktion i vandføringsevnen hovedsageligt er sket efter 1986. 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 rektangulære 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	0,8	0,8	26	0,8	0,8
1986-1995	30	1,7	1,6	20	1,6	1,5

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 Stationer	Vinter			Sommer		
	n	Middel	Median	n	Middel	Median
med ændret vedligeholdelsespraksis	24	1,8	1,6	14	1,8	1,8
uden ændret vedligeholdelsespraksis	6	1,4	1,3	6	1,0	0,8

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 både er sket en reduktion i vandføringsevnen i vandløb med ændringer i vedligeholdelsespraksis og referencevandløb, må andre forhold end vedligeholdelsespraksis have haft indflydelse på vandføringsevnen. Det fremgår 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 19 ud af 25 vandløbsstrækninger, hvor der er sket en signifikant reduktion i vandføringsevnen, og hvor vedligeholdelsespraksis er ændret 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 15 ud af 17 vandløbsstrækninger, mens det er tilfældet i 4 ud af 8 strækninger på øerne.

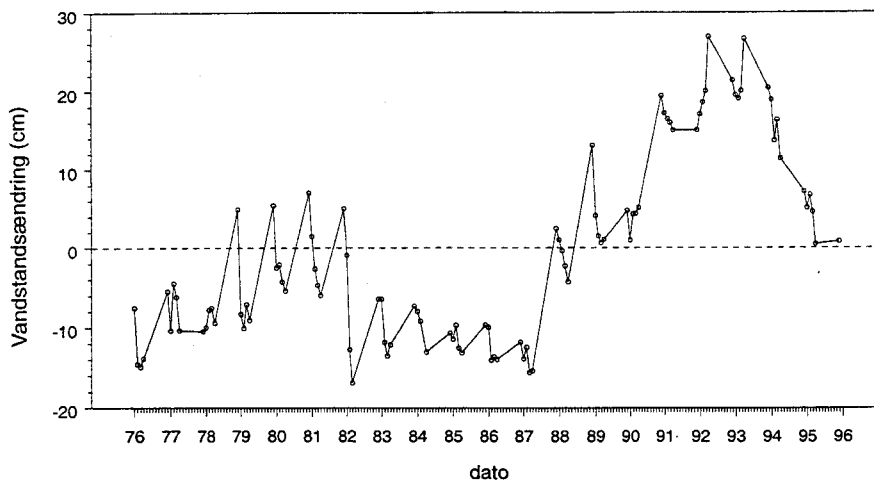
På 12 vandløbsstrækninger ses reduktionen i vandføringsevnen som en forøget grødepåvirkning om sommeren og evt. en generel vandstandsstigning. På andre 7 strækninger ses et sammenfald mellem overgangen til skånsom vedligeholdelse og en efterfølgende generel vandstandsstigning. En generel hævnning i vandstandsniveauet 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.

Indsnævring af vandløbene

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 strømrendeskæring i regulativmæssig bredde i Ryom å. Der er siden sket en kraftig indsnævring af vandløbet. En medvirkende årsag til reduktionen i vandføringsevnen efter 1986 kan dog være klimatiske variationer (se side 26).

Forøget grødepåvirkning

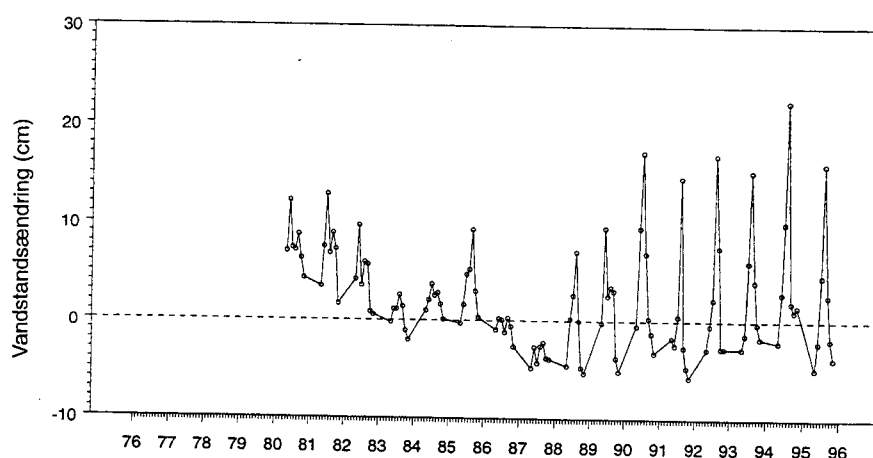
Forøget grødevekst resulterer i større udsving i styreniveauet om sommeren. Grødemængden afhænger af lysindstrålingen i det strømmende vand og dermed af ændringer i beskygning langs vandløbet. Praksis med hensyn til oprensninger kan ligeledes have betydning, idet hårdhændede metoder fjerner grundlaget 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 12 ud af 25 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 strømmende 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.



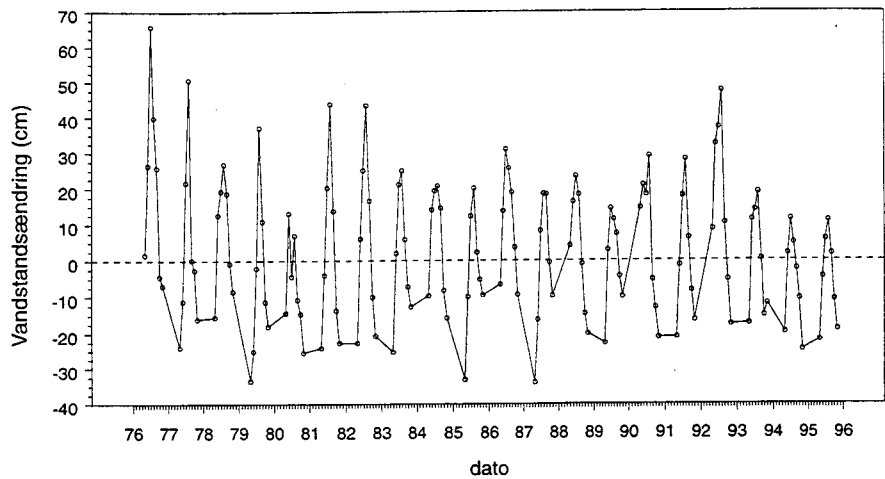
Figur 4.2 Udvikling i vandstandene i sommerperioden (maj - november) 1980 - 1995 i Halkjær å ved Ågård.

På 16 ud af 41 strækninger, hvor vedligeholdelsespraksis er ændret efter 1986, er der ikke sket nogen signifikant udvikling i vandføringsevnen.

Selv om der i 16 vandløbsstrækninger ikke er sket ændringer over sommerperioden som helhed, er der dog på 6 af de 16 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.

Uændret vandføringsevne i Vejle å

I Vejle å ved Refgårdslund dambrug, hvor der er sket overgang til miljøvenlig vedligeholdelse, er vandføringsevnen uændret i perioden 1976 - 1995 (figur 4.3). Skånsom vedligeholdelse er her 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 overvintre og dermed også for grødeopblomstring i den følgende vækstsæson.

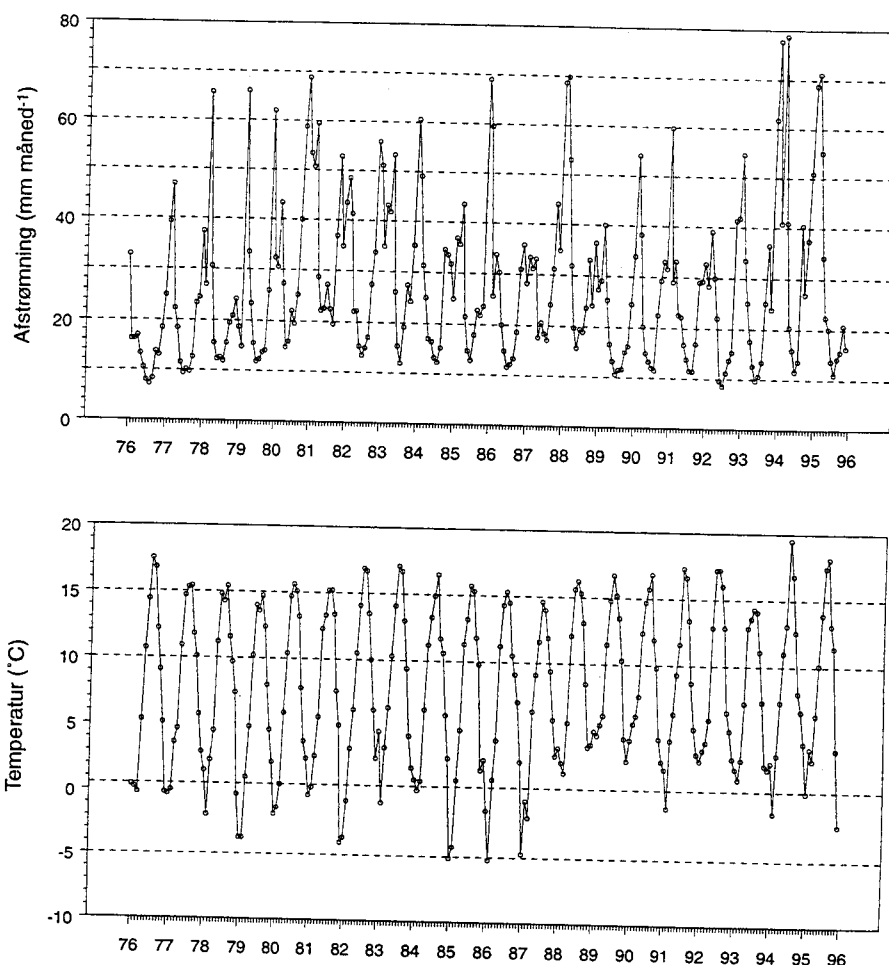
Klima og grødevækst

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 makrofyterne 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 begravnes, og deres spiringsevne forringes. En grødeart som børstebladet vandaks, der overvintre 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 overvintre, 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.

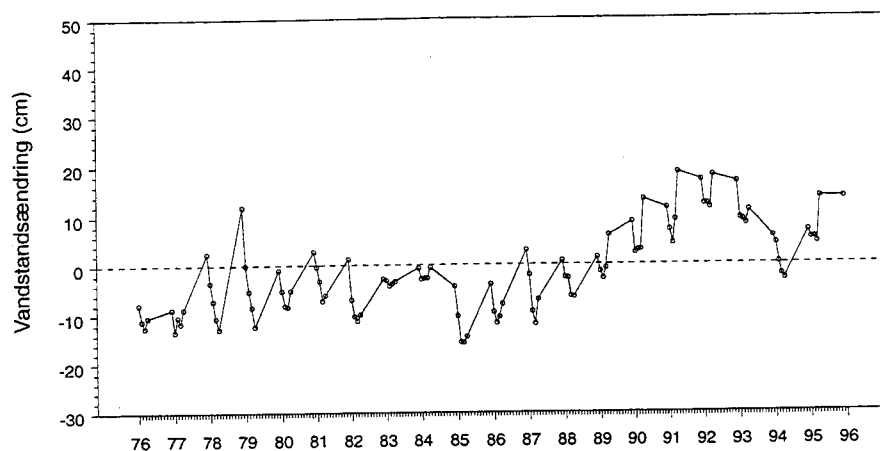
*Temperatur og afstrømning
1986 - 1995*

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 19 stationer, men billedet sløres af, at vedligeholdelsespraksis her med to undtagelser er ændret i årene 1987 til 1990. 7 af 15 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.

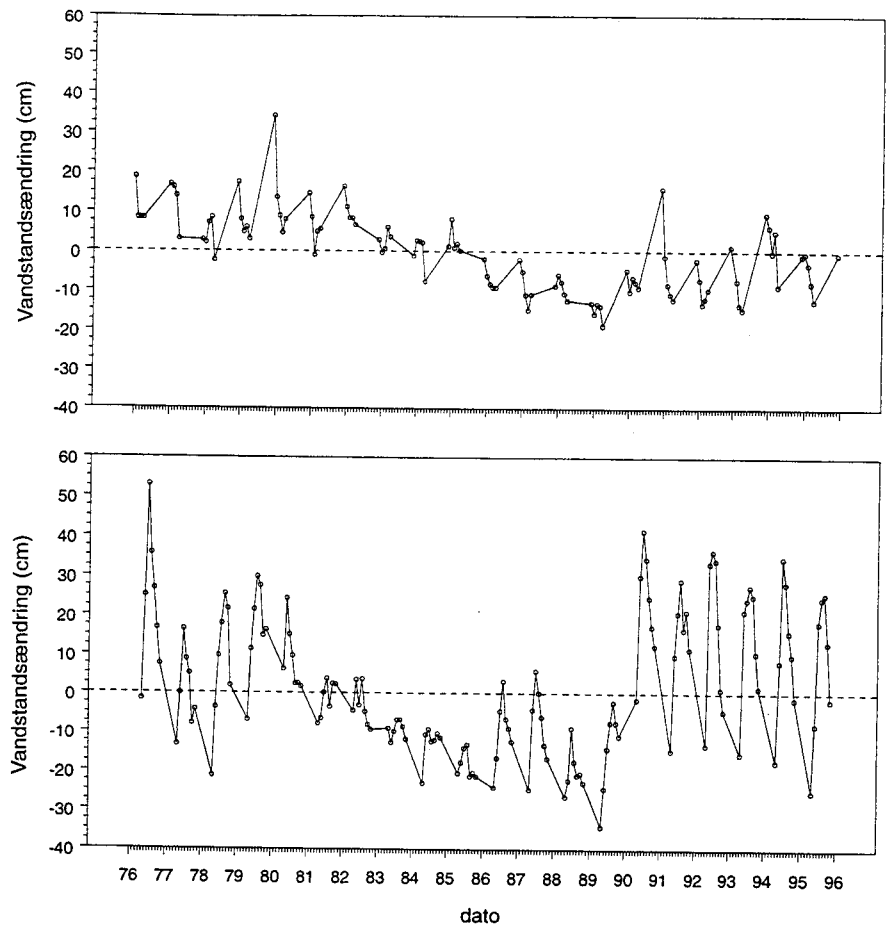
4.4 Andre forhold

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 & Schliüsen (1996)* er det dokumenteret, at de kraftigere udsving i sommervandstandene er et resultat af en forøget grødemængde i vandløbet. *Christiansen og Schliüsen (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 & Schlänsen 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., Schlünsen, K. (1996): Vandstandsforhold. Viborg Amt 32 s. Intern rapport.

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 seriel 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 64 hydrometriske målestationer

Bilag 3

Kendall's sæson-test

Bilag 4

Beregning af årlig vandstandsændring

Bilag 1

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

Nummereringen er Det Danske Hedeselskabs firecifrede målestationsnummer.

Stationer, hvor vedligeholdelsespraksis ikke er ændret, er angivet med kursiv.

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

Sommermiddelfafstrømningen er gennemsnit af periodemiddelfafstrømningen 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 efter 1986.

G: førøget grødepåvirkning 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	Sommermiddel l/s km2	Grødepåvirkning Cm	Ændret vedl. år	Type
03.01	Uggerby å	Astedbro						
06.02	Ryå	Manna	153,0	14,3	6,4	14,1	88	
07.01	Lindholm å	Elkær bro	284,7	14,7	7,4	13,9	88	
10.03	Romdrup å	Lodsholm bro	106,0	14,7	4,5	12,2	88	P
10.14	Halkær å	Ågård	28,1	9,7	3,0	8,3	88	
10.15	Herreds å/Sønderup Å	Vegger bro	41,9	13,4	8,9	4,8	88	
11.02	Årup å	Årup	108,0	14,2	8,9	7,5	88	
13.03	Trend å	Fredbjerg bro	108,3	18,1	8,5	15,6	88	
14.01	Lindborg å	Lindborg bro	116,3	14,1	8,3	15,3	88	G
18.05	Skals å	Løvel bro	213,8	12,7	9,6	15	88	
20.05	Skive å	Hagebro	556,4	10,3	6,3	5,6	90	G
21.01	Gudenå	Tvilumbro	518,4	15,1	11,1	8,1	-	
21.02	Gudenå	Astedbro	1282,4	17,2	9,9	2	88-90	G
21.03	Nørre å	Vejrumbro	184,5	22,0	9,5	12,6	(78)	
21.25	Non mølleå	Non mølle	230,2	16,0	12,1	15,6	90	
21.28	Salten å	Salten bro	34,8	35,4	32,8	0,4	-	
21.32	Mattrup å	Lillebro	122,0	17,6	14,3	8	87	G
21.39	Funder å	Funder St.	80,4	14,0	9,7	10,7	90	
21.40	Gudenå	Voervadsbro	41,2	23,0	21,5	4,8	87	U
21.49	Lilleå	ns Lægstrup mølle dambrug	377,4	18,1	9,8	7,5	89	
21.52	Alling å	Vester Alling	300,5	13,1	6,3	24,8	87	G
21.57	Lilleå	Grundfær mølle	237,9	10,3	4,5	10,7	87	G
22.10	Storå	os Holstebro renseanlæg	69,6	13,9	6,0	3,4	87	P
22.12	Lilleå	Hvoidal	824,6	18,6	10,1	5,2	-	
24.01	Ryom å	Ryomgård bro	83,1	23,8	18,3	11,6	88	P
24.06	Skodå	Ridderlund	75,7	9,8	5,1	4,2	87	P
25.08	Skjern å	Tykskov	26,2	13,7	7,3	5,6	87	G
25.18	Vorgod å	Storebro - ns Rimmerhus bæk	88,3	22,2	16,9	4,1	82	
26.01	Århus å	Skibby	228,4	19,6	10,5	18,3	89	
27.01	Lille-Hansted å	Hansted	118,6	13,6	4,5	0,8	87	P
27.06	Odde å	Sanderenggård	75,0	13,8	4,6	7,3	82	
28.02	Bygholm å	Kørup bro	39,3	17,0	6,2	0	87	U
31.14	Grindsted å	Eg	154,2	16,4	5,0	5,7	88	G
31.15	Ansager å	Lavborg	200,0	17,5	12,2	21,7	82-85	
32.03	Vejle å	Refsgårdslund dambrug	131,0	19,8	12,7	15,2	82-85	
34.03	Kolding å	Ejstrup	131,9	24,2	18,0	31,8	82	
35.03	Sneum å	Nørå bro	89,9	24,9	11,7	19	82	
36.01	Kongeå	Kongebroen	223,6	20,0	11,0	14,8	82-85, 92	G
37.04	Taps å	Christiansfeld	387,8	22,6	11,8	11,7	82-85, 93	
42.14	Vidå	St. Emmerske bro	65,1	18,5	5,6	4,4	92 ?	P
43.05	Viby å	St. 2.9 km	248,3	19,9	8,4	7,3	-	
44.08	Vindinge å	St. 9.9 km	29,1	13,3	3,8	3,5	92	U
45.21	Odense å	Kratholm	127,6	12,8	3,5	4,9	90	
48.04	Højbro å	nv for Hanebjerggård	485,9	14,8	4,8	21,4	91	
50.05	Nivå	Jellebro	36,3	11,6	2,8	8,9	90	G
50.06	Usserød å	Nive mølle	62,4	11,1	3,5	10,2	90	
51.05	Bregninge å	Bregninge	74,4	11,0	4,9	7,3	90	U
52.07	Græse å	Hørup	23,3	8,0	4,1	1,4	-	
52.08	Havelse å	Strø	25,4	6,4	3,2	6	90	
52.14	Værebros å	Veksø bro	102,7	8,4	2,6	2,4	90	G
52.17	Lavring å	Flædevad bro	110,5	7,3	3,2	10,1	92	U
52.18	Tokkerup å	Søndergårde	64,2	14,9	3,3	0,2	88	
53.02	Lille-Vejleå	Pilemølle	28,9	15,5	3,6	0	-	
55.06	Åmose å	Ugerløse bro	25,5	6,0	1,4	2,6	89-90	
56.02	Harsted å	Kramsvadgård	111,6	12,6	3,0	24,8	92	P
56.06	Tude å	Ørslev	16,0	12,0	2,5	2,8	90	G
56.09	Seerdrup å	Johannesdal	148,0	11,7	2,6	10,6	(94)	
57.01	Saltø å	Grønbro	68,7	12,3	2,8	2,5	-	
57.04	Suså	Næsby bro	63,8	13,2	2,3	6,8	-	
57.08	Ringsted å	Lille-Svenstrup	611,3	12,7	3,3	27,4	-	
57.12	Suså	Holløse mølle	193,8	11,5	2,9	9,7	-	
57.21	Suså	Vetterslev	762,2	13,9	3,6	16,5	-	
59.01	Trykkevælde å	Lille Linde	266,1	12,8	3,2	15,9	-	
61.01	Tingsted å	Tingsted	130,2	13,2	3,0	3,3	-	
			36,0	11,8	2,4	5,1	86	U

Bilag 2

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

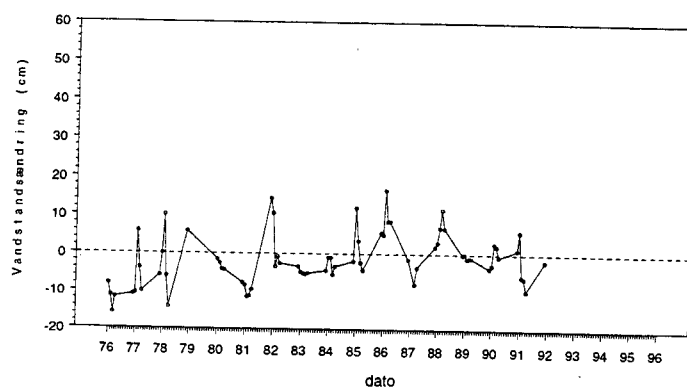
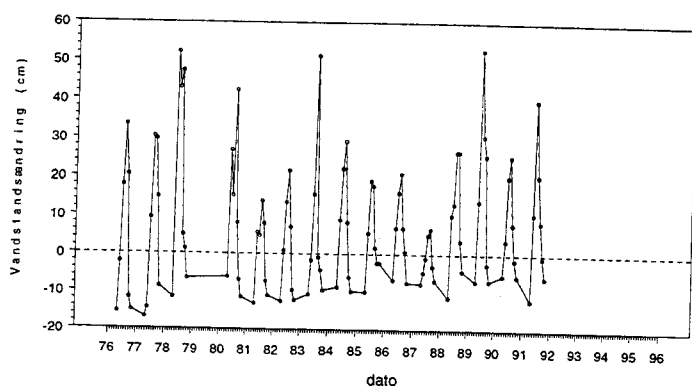
Styrevandstandene er beregnet for grødesæsonen (1. maj til 30. november) og månederne (1. december til 30. april) ved henholdsvis sommer og vintermiddelvandføringen.

Udvikling i vandføringsevnen

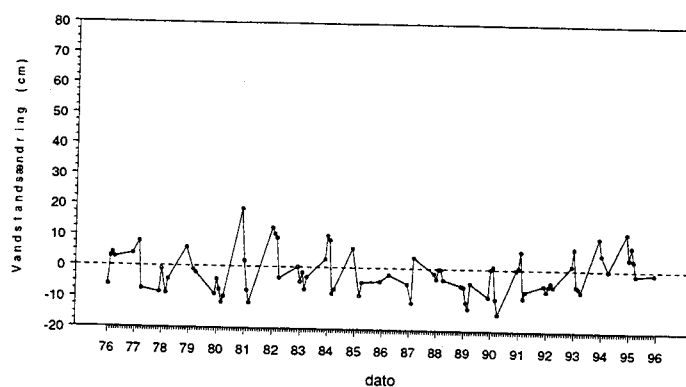
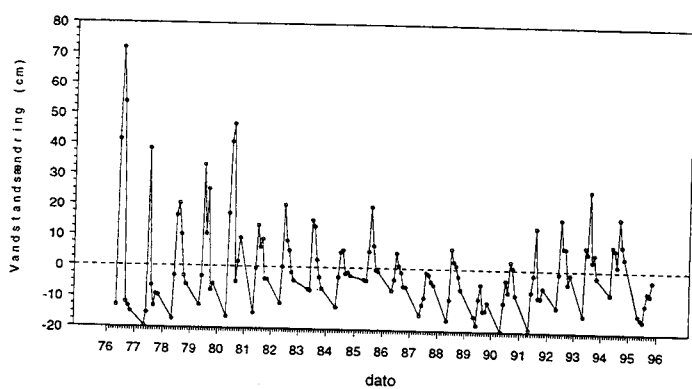
Sommer

Vinter

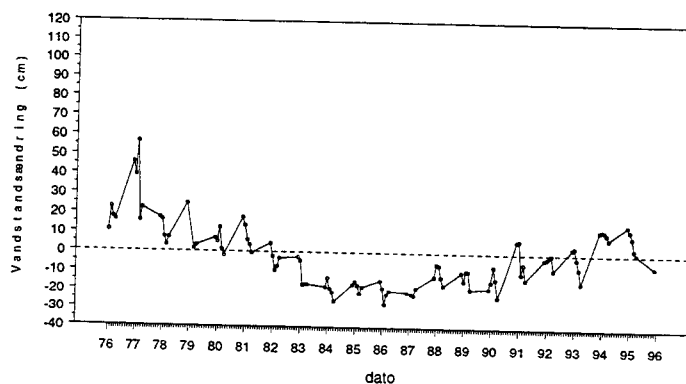
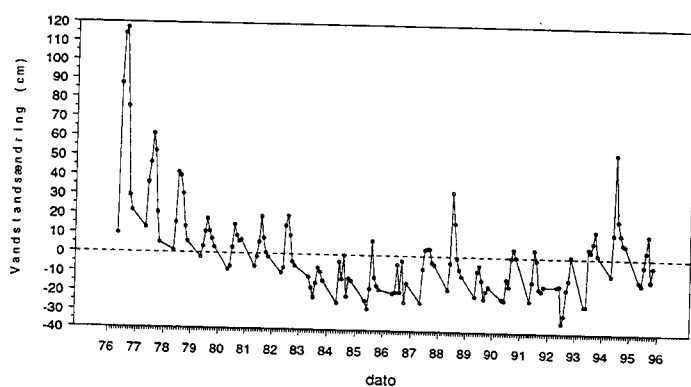
03.01 Uggerby å, Astedbro



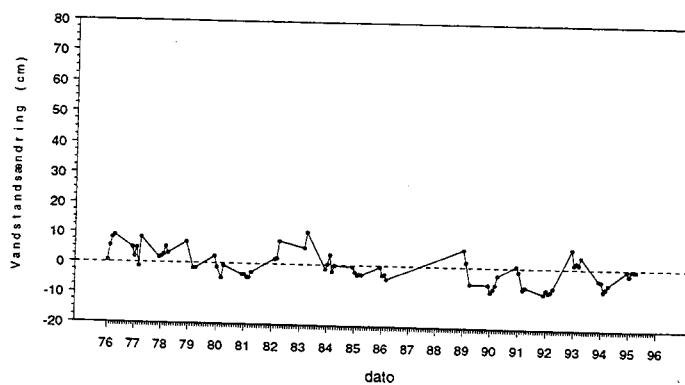
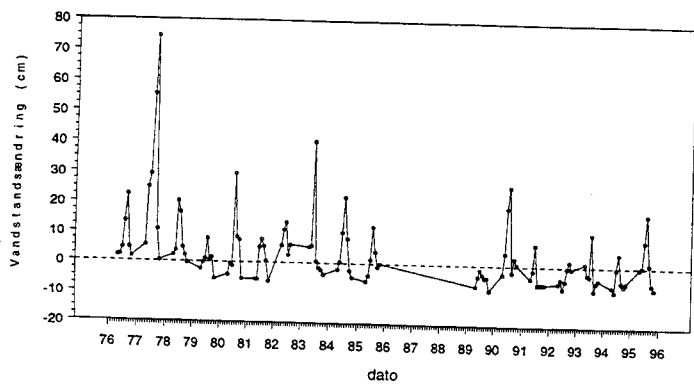
06.02 Ryå, Manna



07.01 Lindholm å, Elkær bro



10.03 Romdrup å, Lodsholm bro

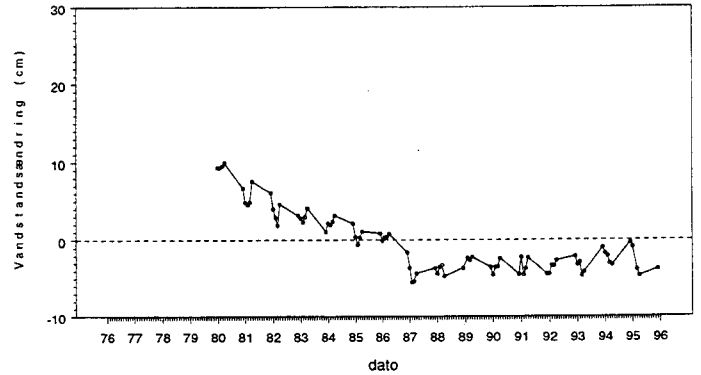
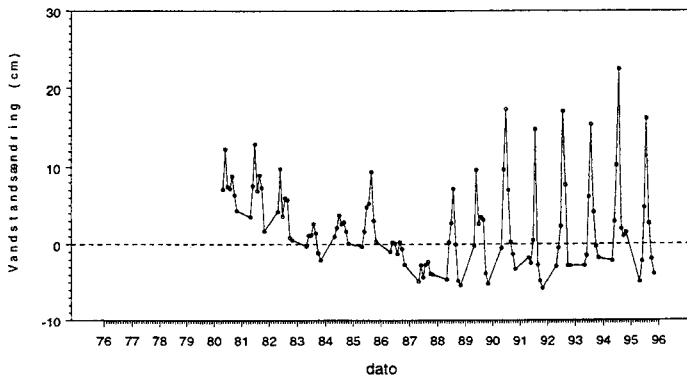


Udvikling i vandføringsevnen

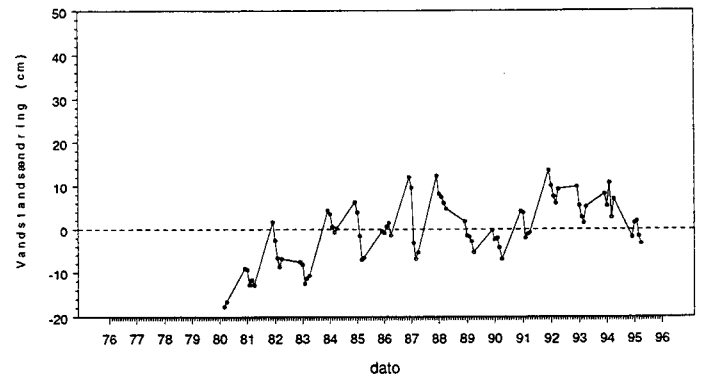
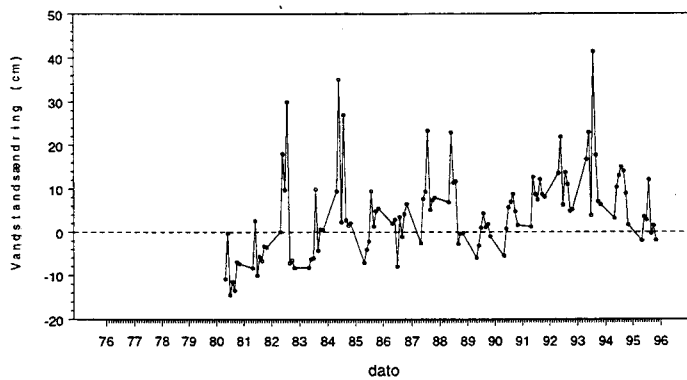
Sommer

Vinter

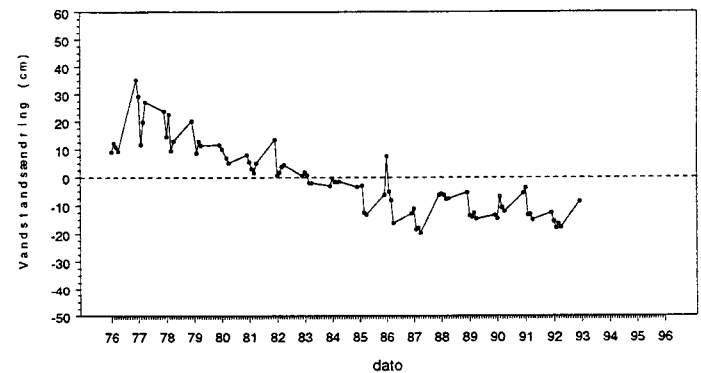
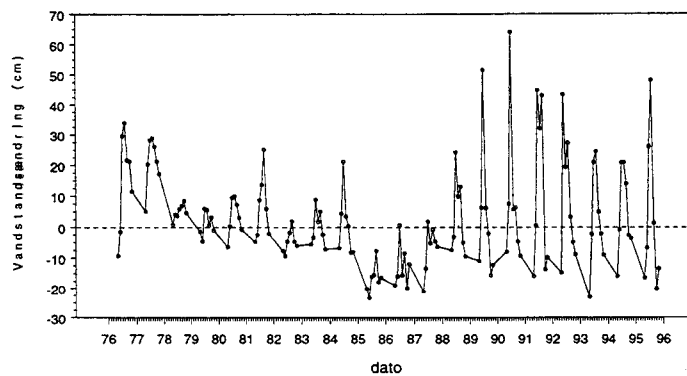
10.14 Halkær å, Ågård



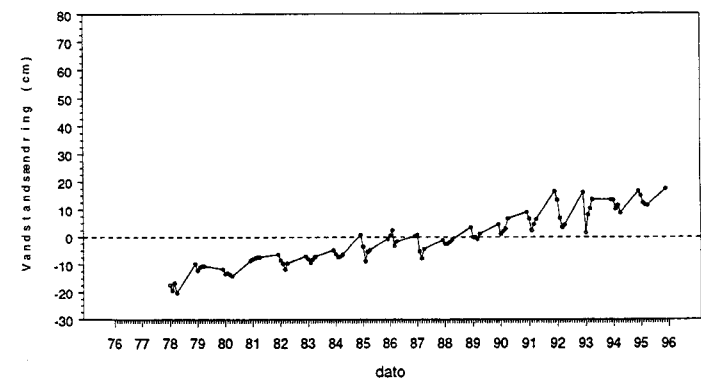
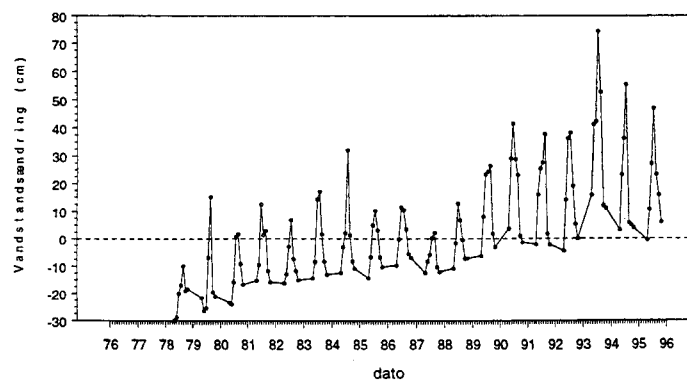
10.15 Herreds å, Vegger bro



11.02 Årup å, Årup



13.03 Trend å, Fredbjerg bro

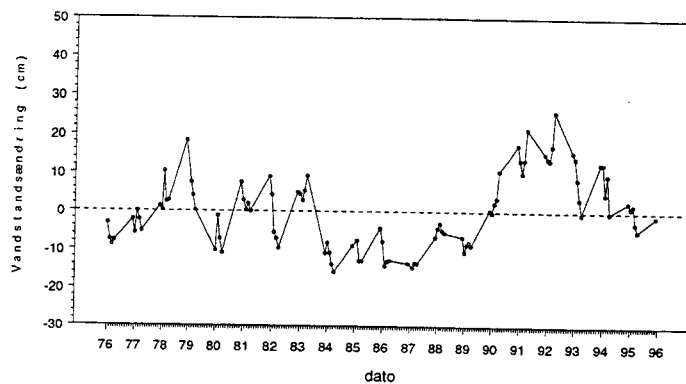
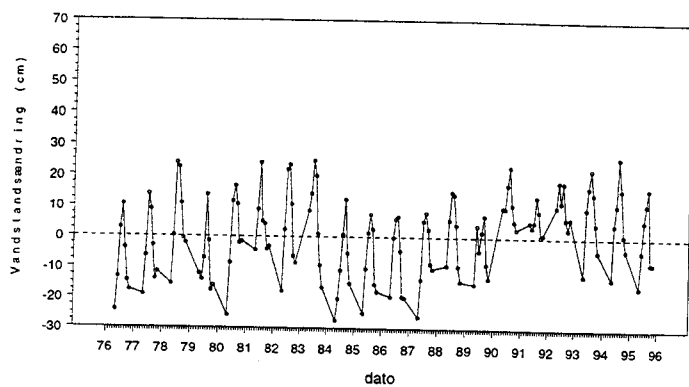


Udvikling i vandføringsevnen

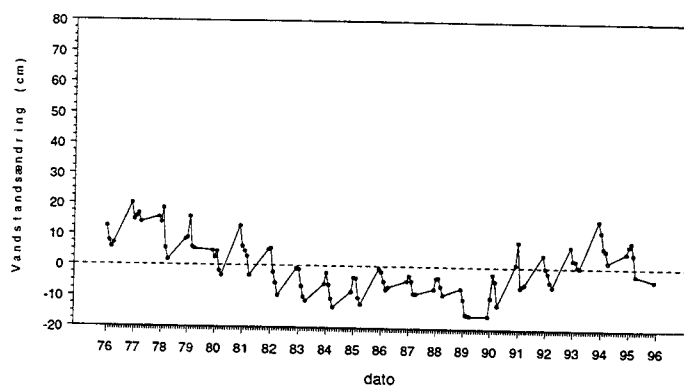
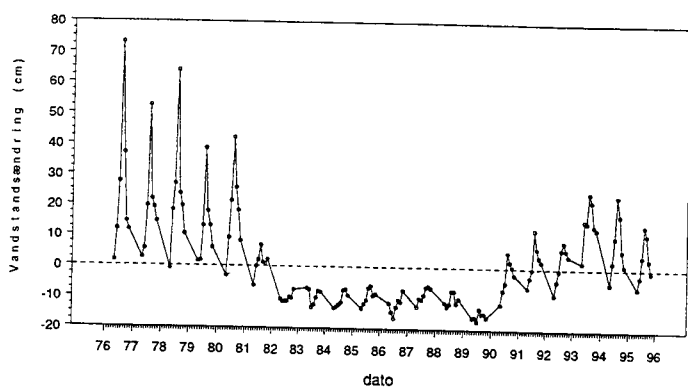
Sommer

Vinter

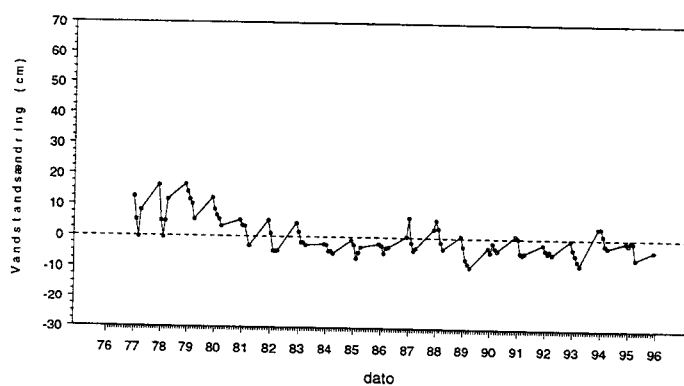
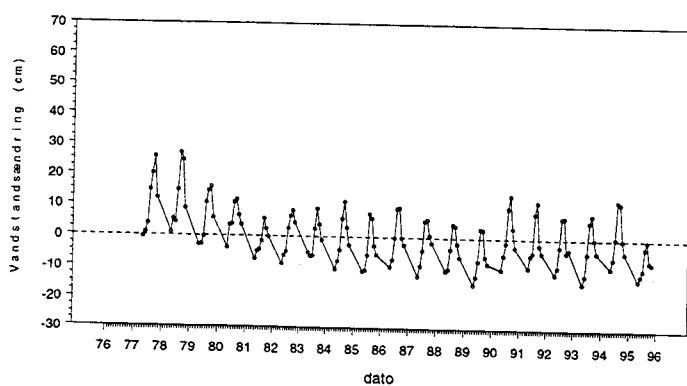
14.01 Lindenberg å, Lindenberg bro



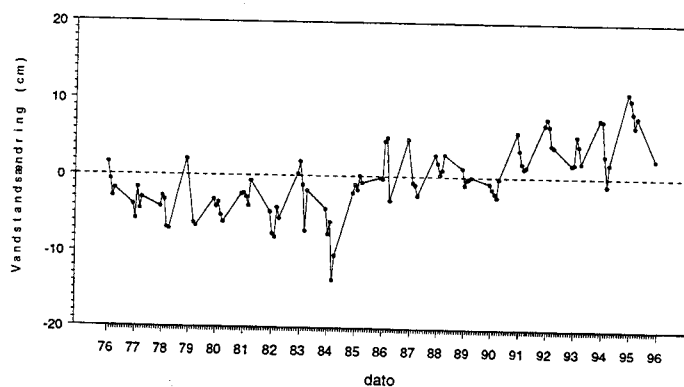
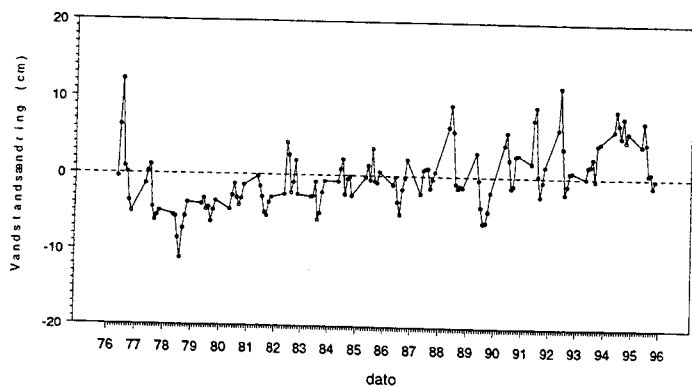
18.05 Skals å, Løvel bro



20.05 Skive å, Hagebro



21.01 Gudenå, Tvilumbro

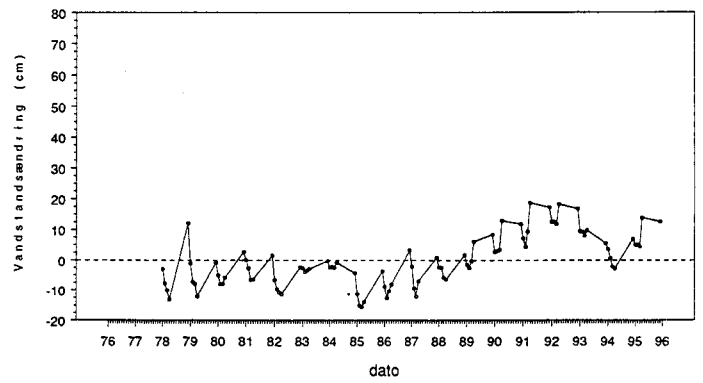
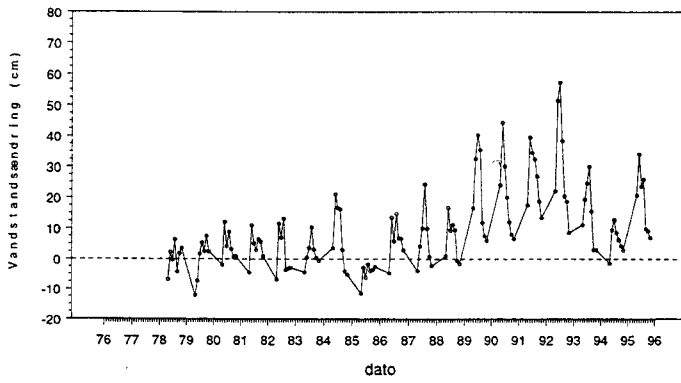


Udvikling i vandføringsevnen

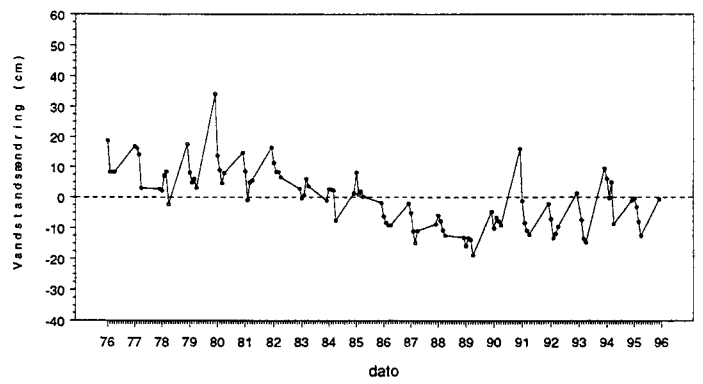
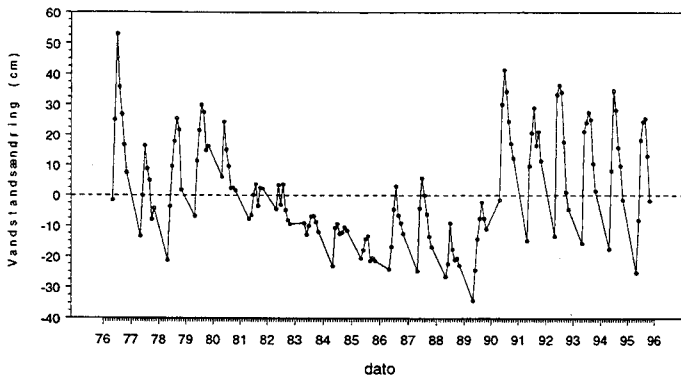
Sommer

Vinter

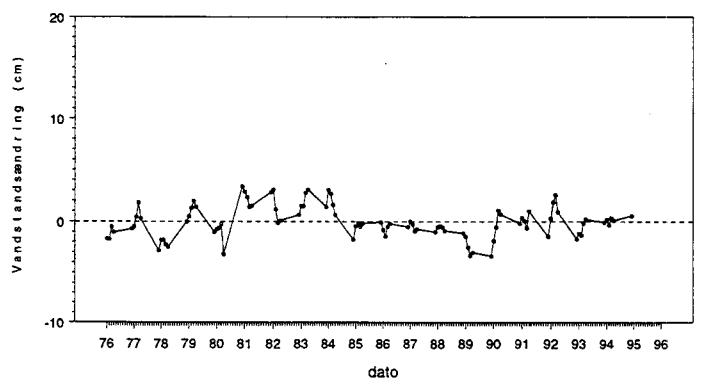
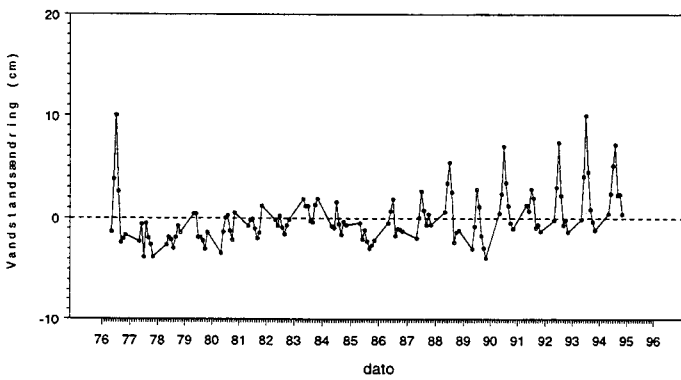
21.02 Gudenå, Åstedbro



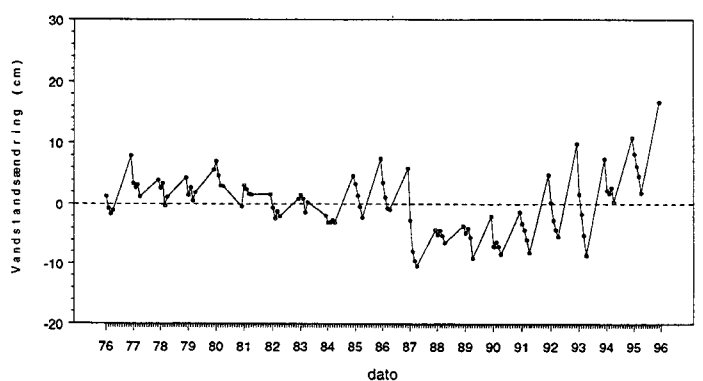
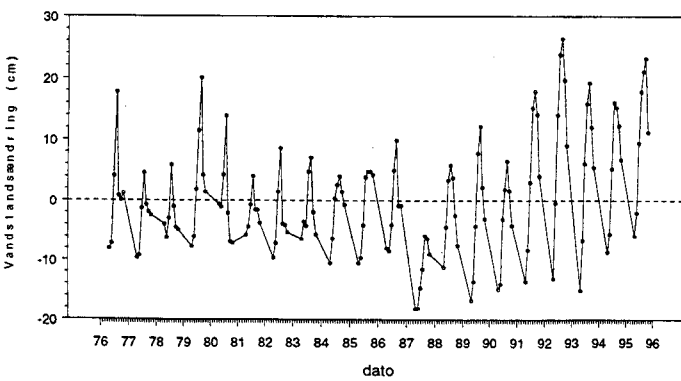
21.03 Nørre å, Vejrumbro



21.25 Non mølleå, Non mølle



21.28 Salten å, Salten bro

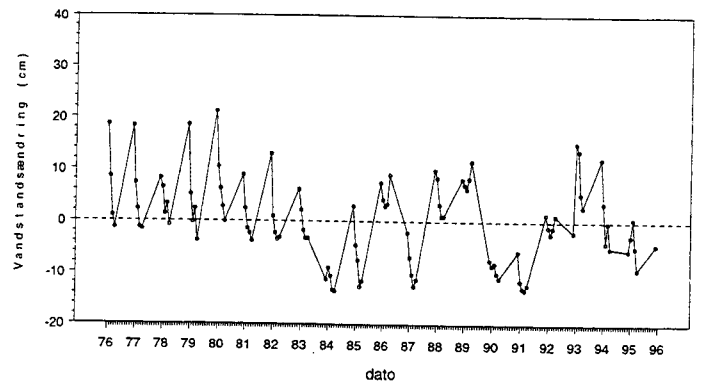
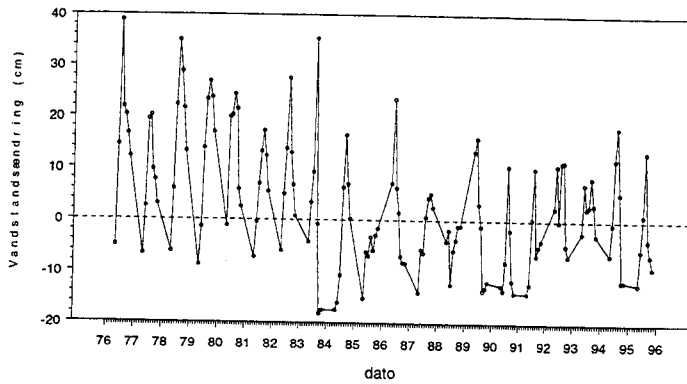


Udvikling i vandføringsevnen

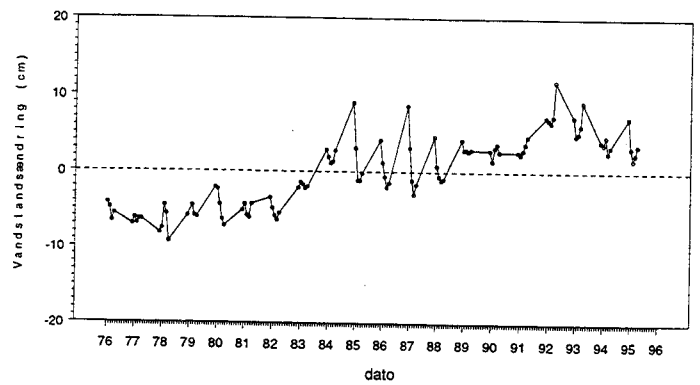
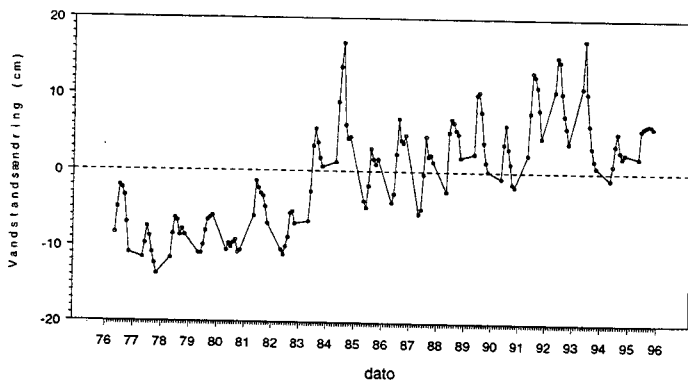
Sommer

Vinter

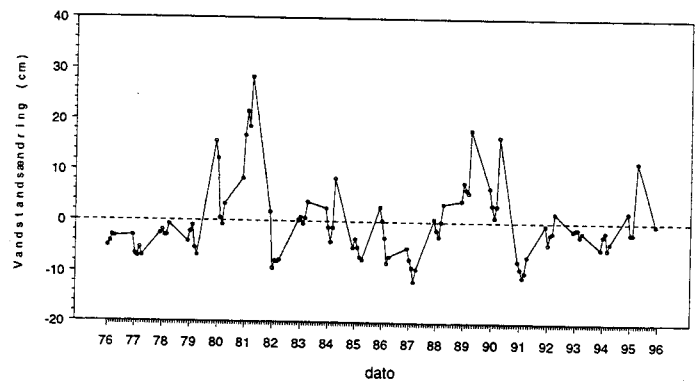
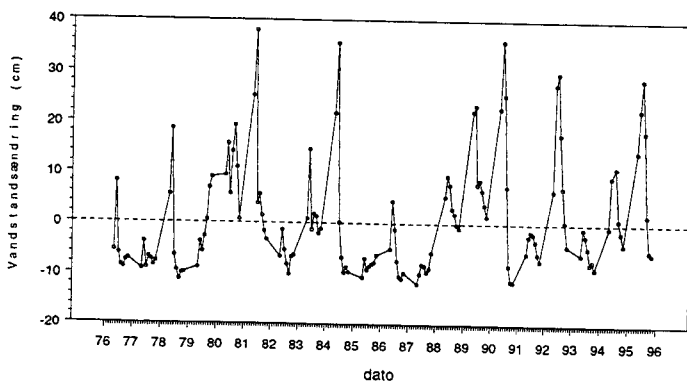
21.32 Mattrup å, Lillebro



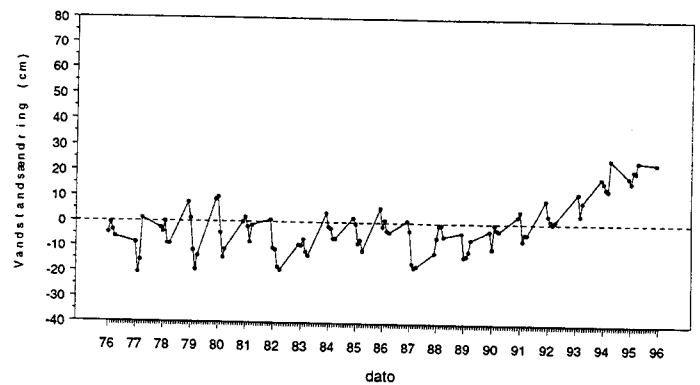
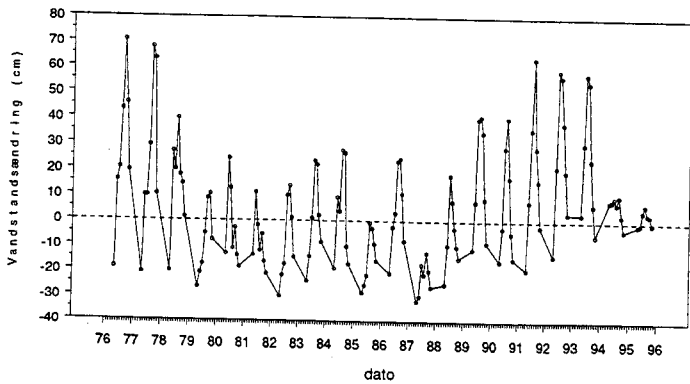
21.39 Funder å, Funder St.



21.40 Gudenå, Voervadsbro



21.49 Lilleå, ns Løgstrup mølle dambrug

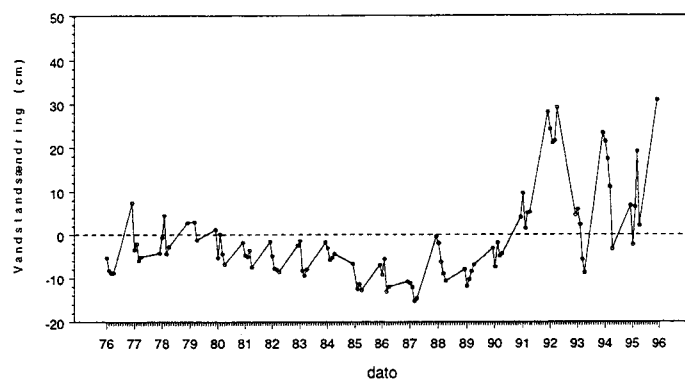
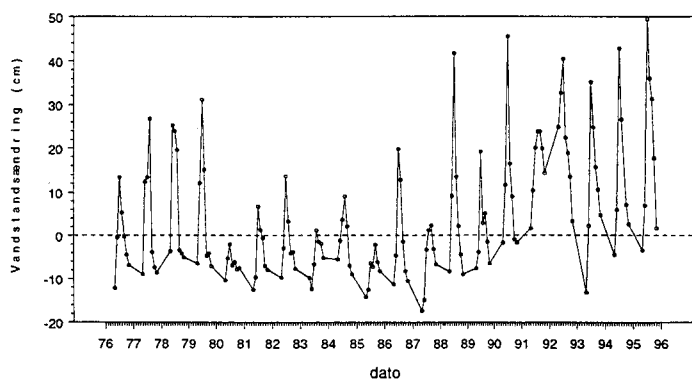


Udvikling i vandføringsevnen

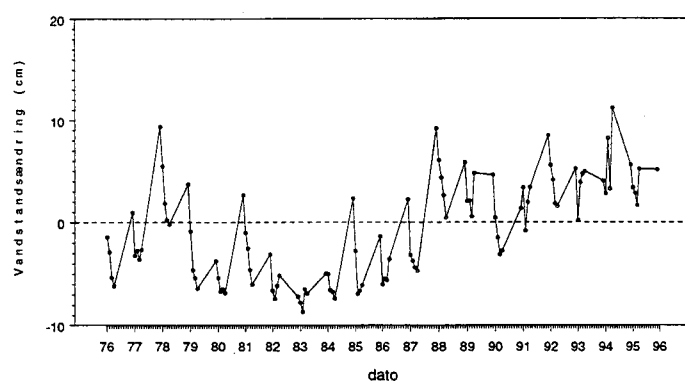
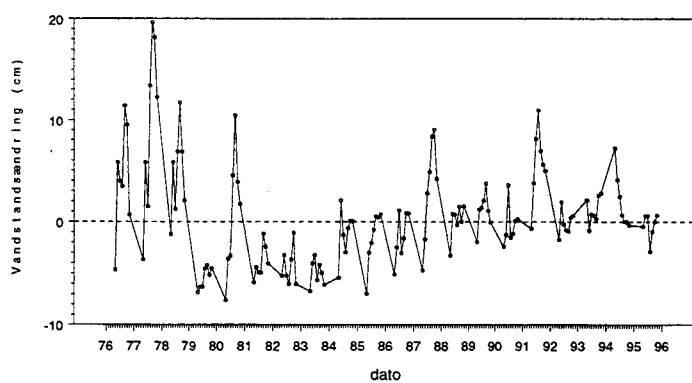
Sommer

Vinter

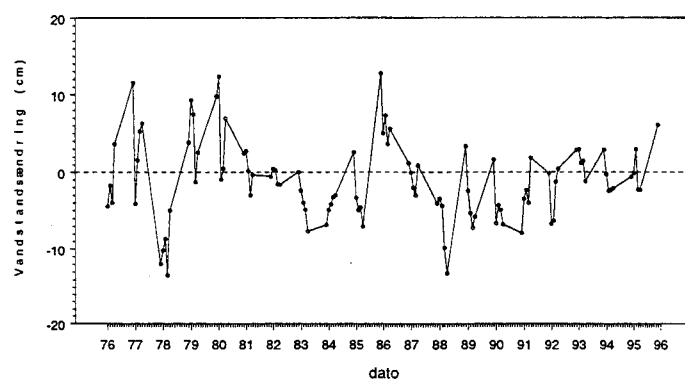
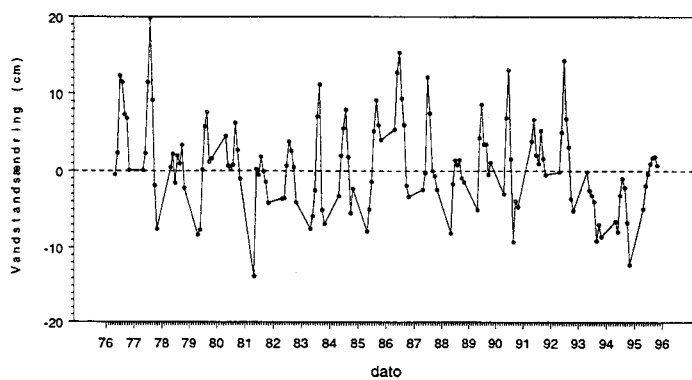
21.52 Alling å, Vester Alling



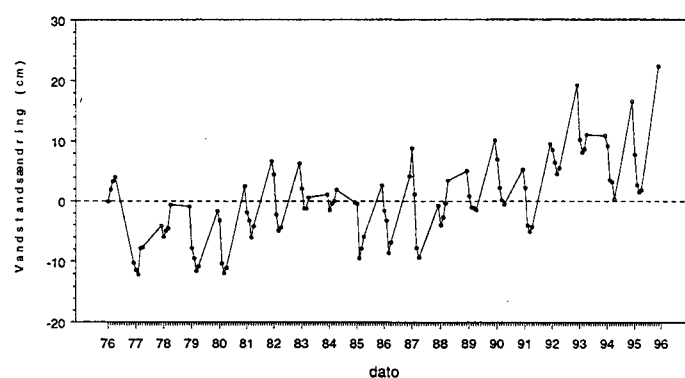
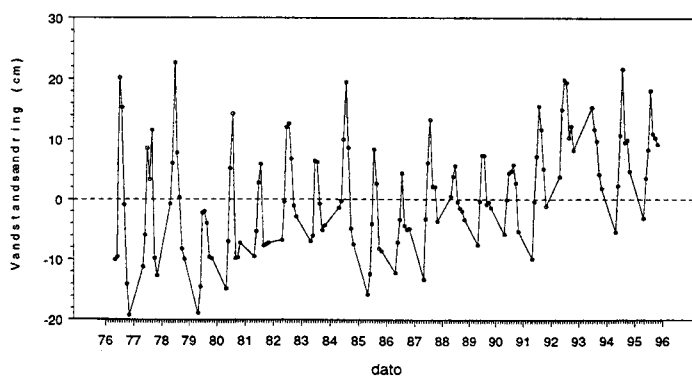
21.57 Lilleå, Grundfør mølle



22.10 Storå, os Holstebro renselæg



22.12 Lilleå, Hvoldal

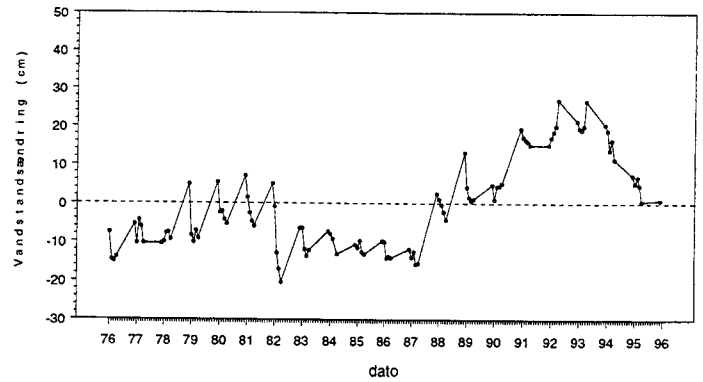
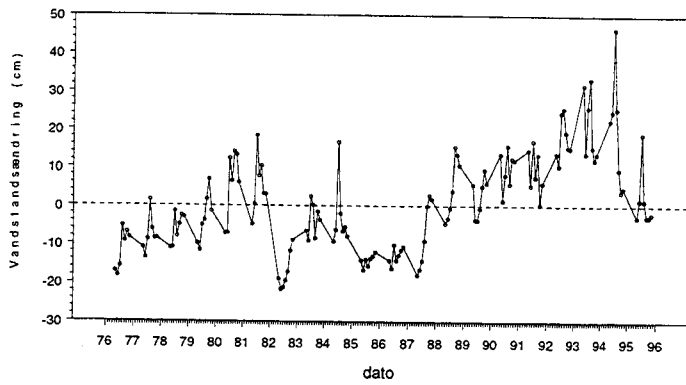


Udvikling i vandføringsevnen

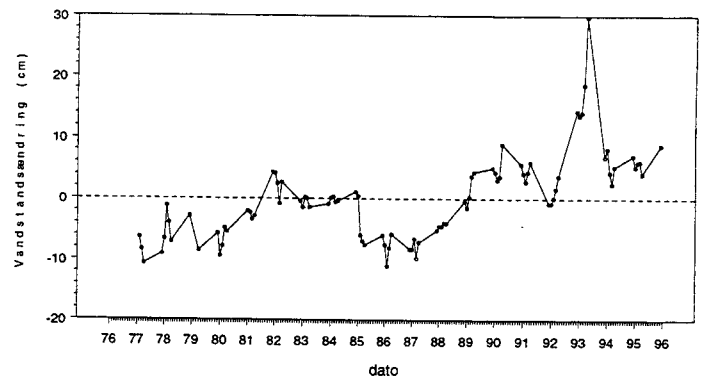
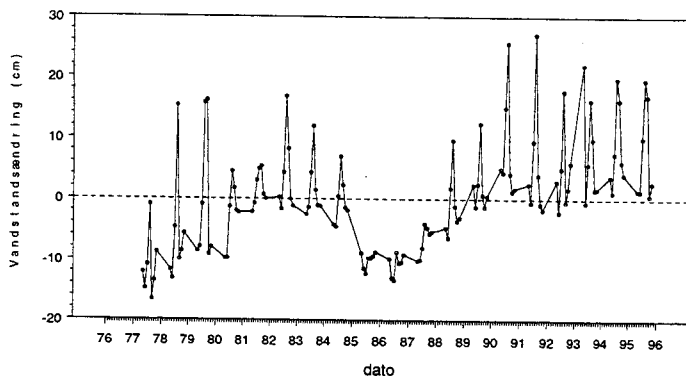
Sommer

Vinter

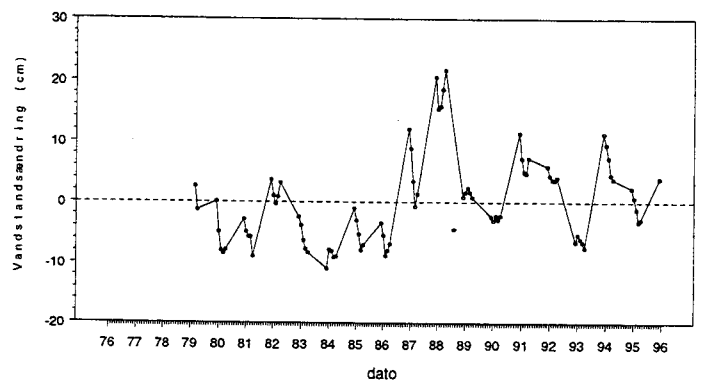
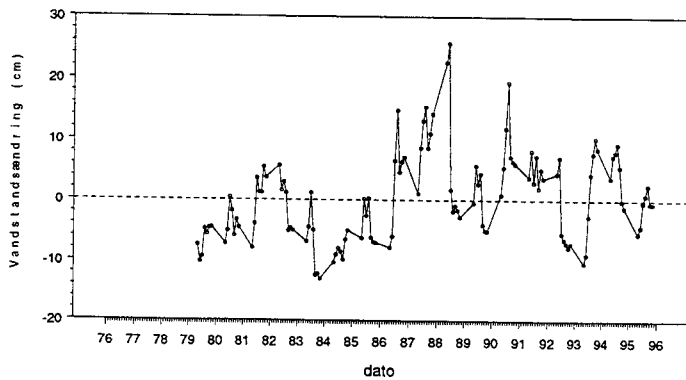
24.01 Ryom å, Ryomgård bro



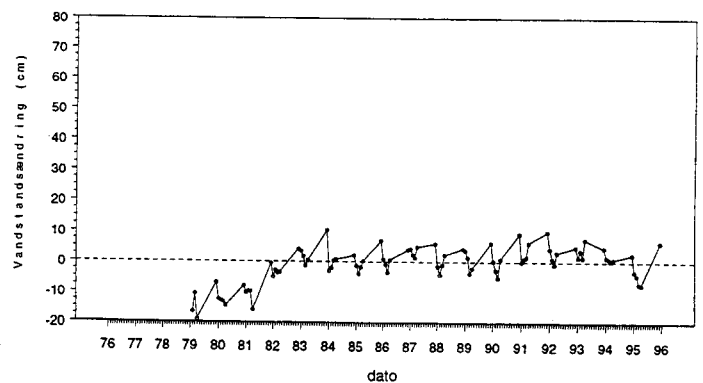
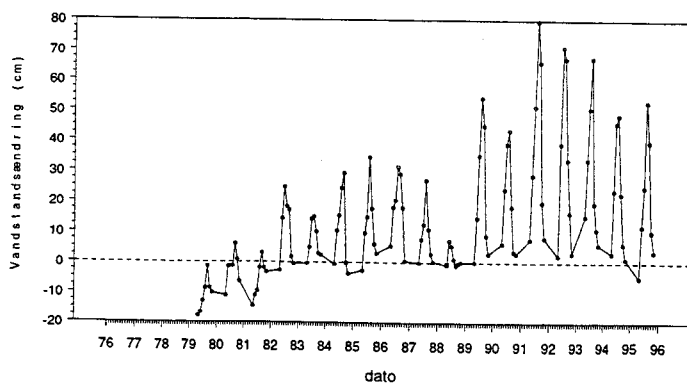
24.06 Skodå, Ridderlund



25.08 Skjern å, Tykskov



25.18 Vorgod å, Storebro - ns Rimmerhus bæk

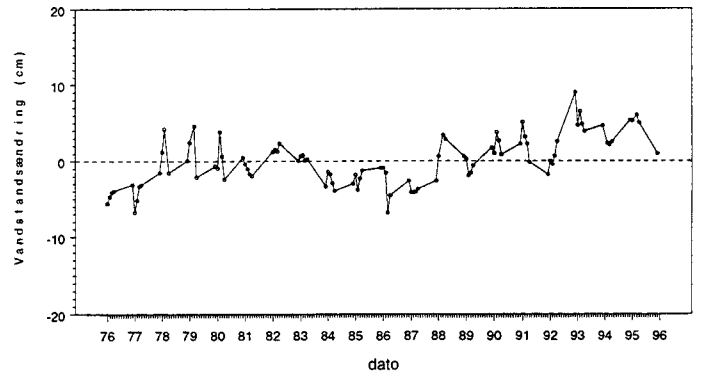
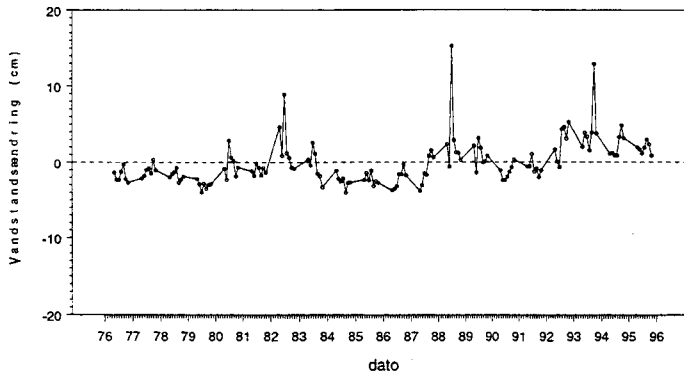


Udvikling i vandføringsevnen

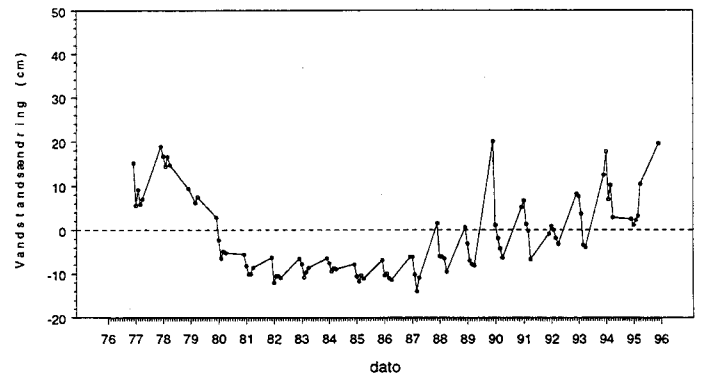
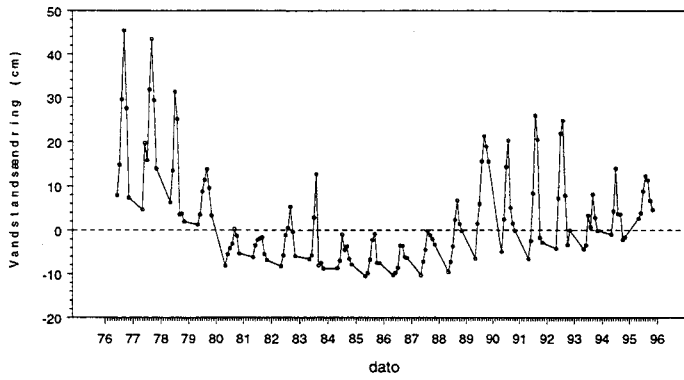
Sommer

Vinter

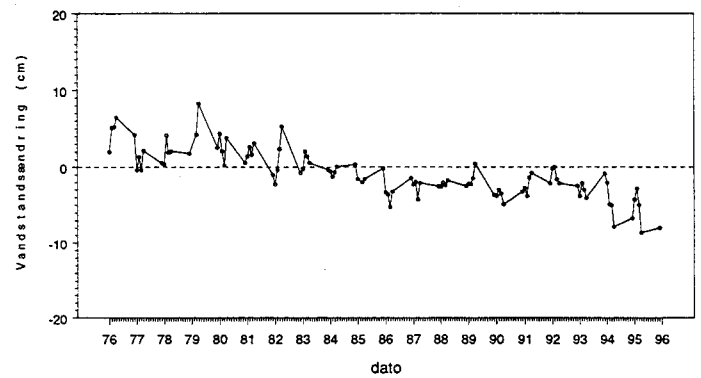
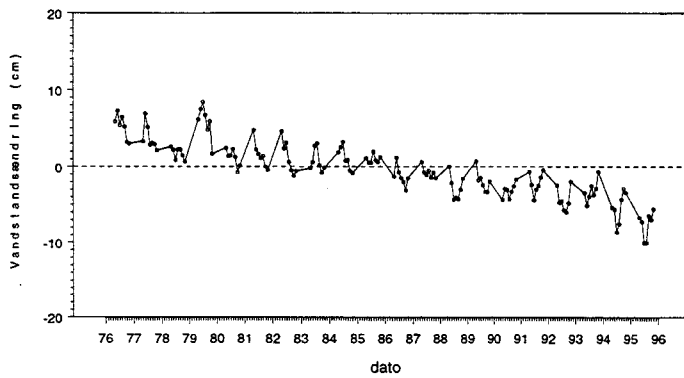
26.01 Århus å, Skibby



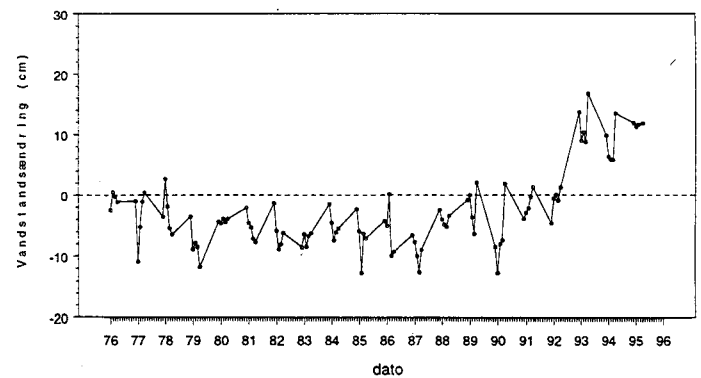
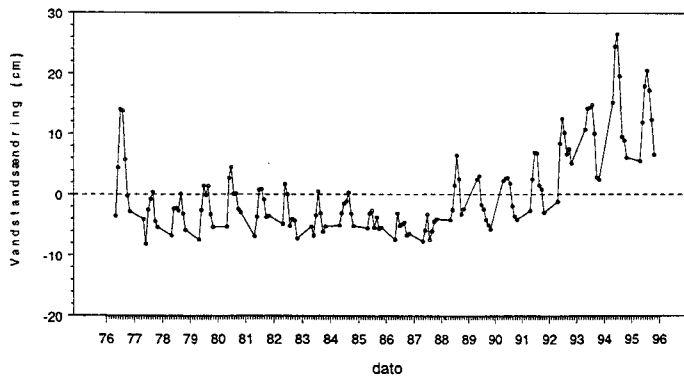
27.01 Lille-Hansted å, Hansted



27.06 Odder å, Sanderengård



28.02 Bygholm å, Kørup bro

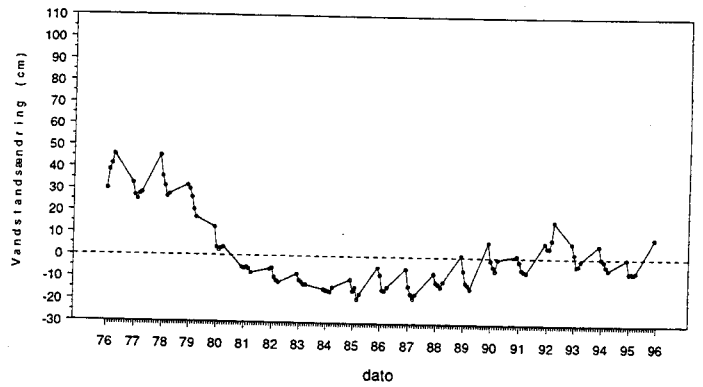
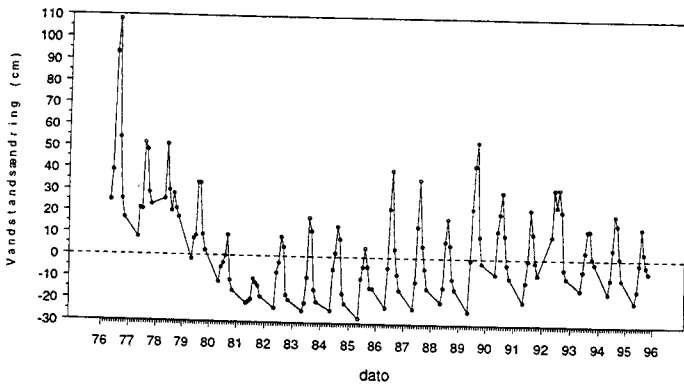


Udvikling i vandføringsevnen

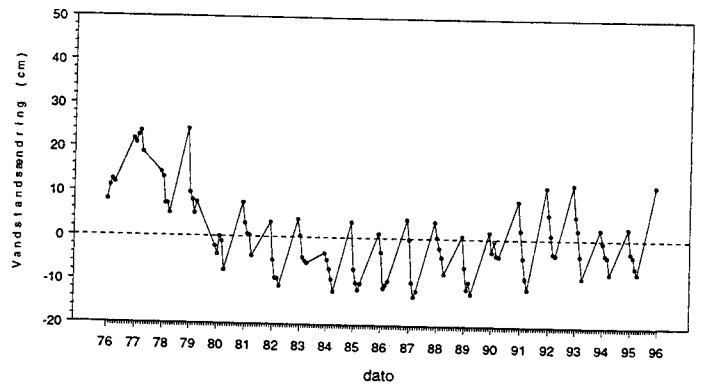
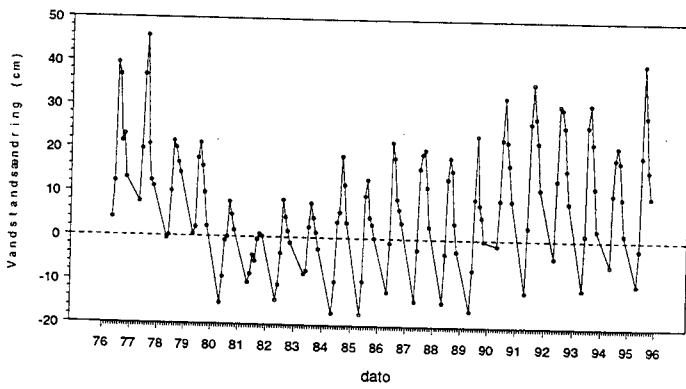
Sommer

Vinter

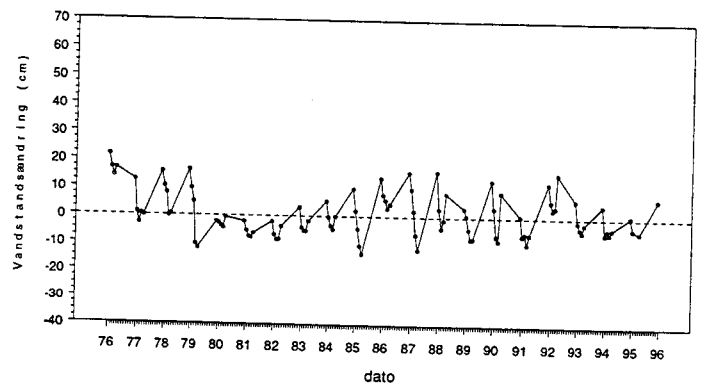
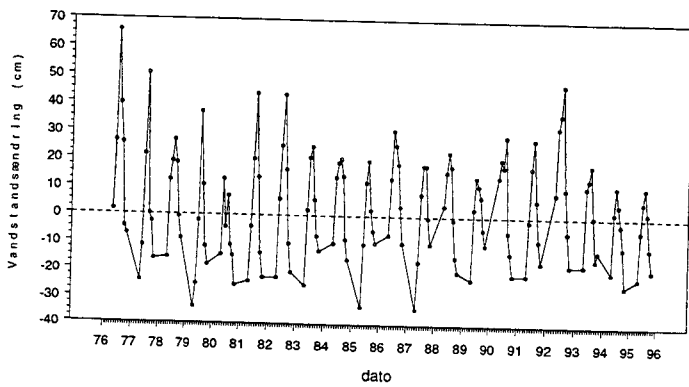
31.14 Grindsted å, Eg



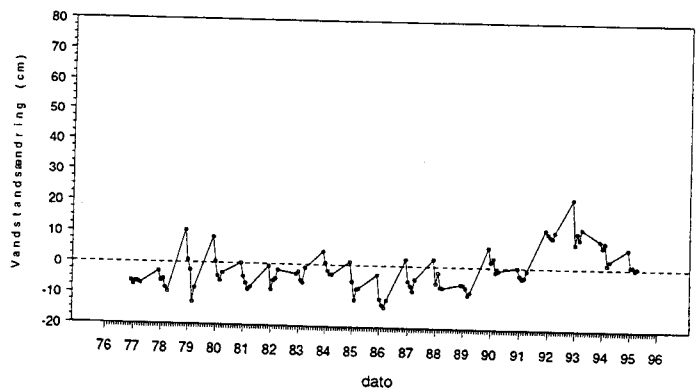
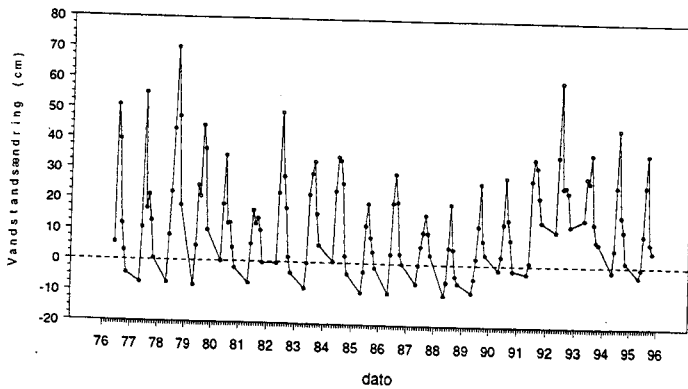
31.15 Ansager å, Lavborg



32.03 Vejle å, Refsgårdslund dambrug



34.03 Kolding å, Ejstrup

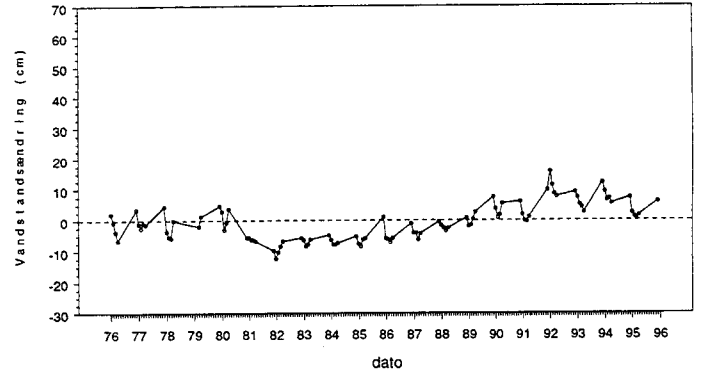
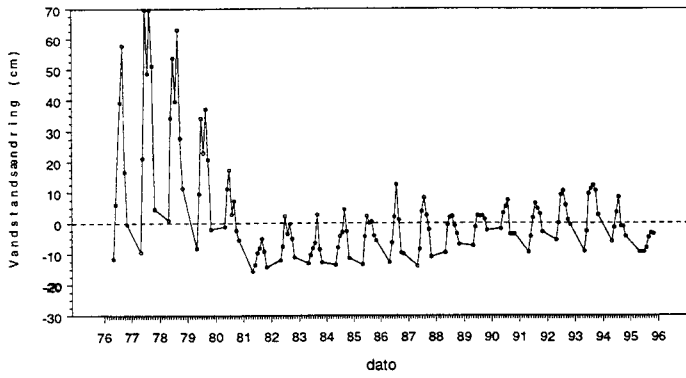


Udvikling i vandføringsevnen

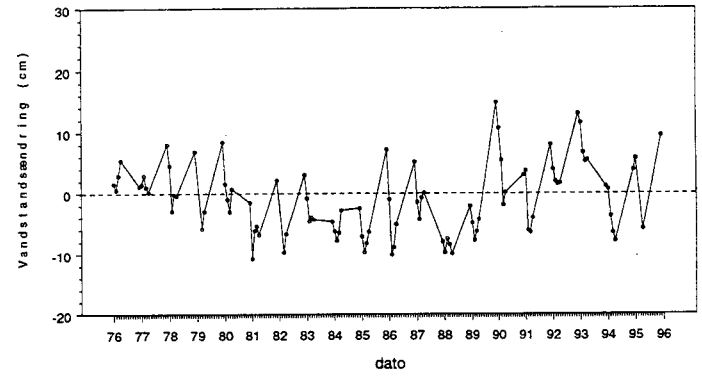
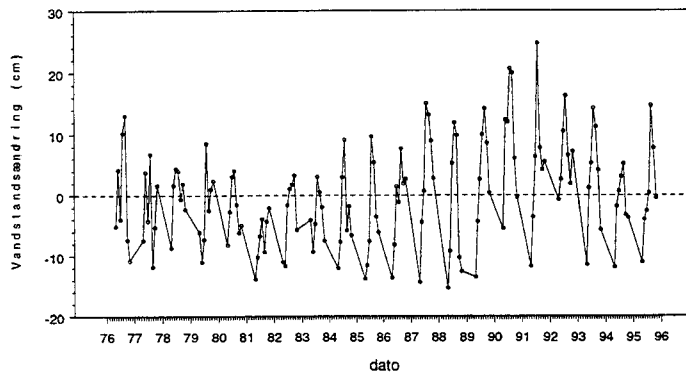
Sommer

Vinter

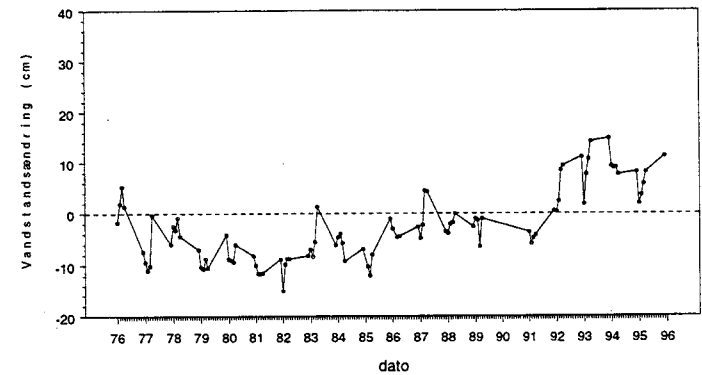
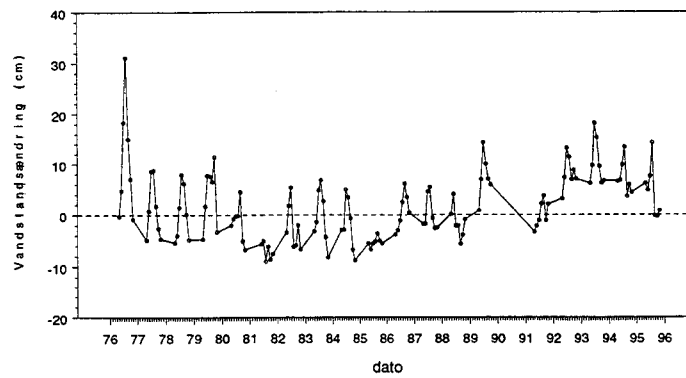
35.03 Sneum å, Nørå bro



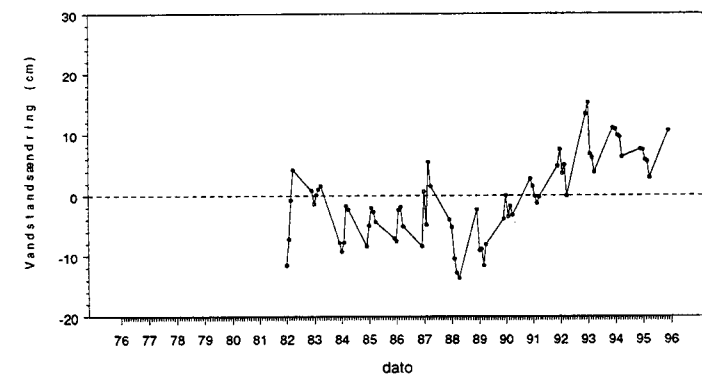
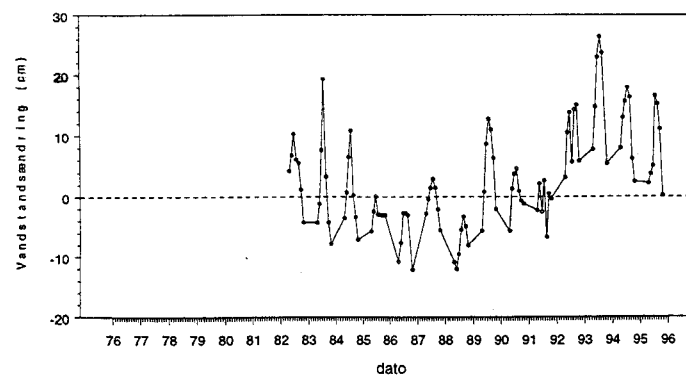
36.01 Kongeå, Kongebroen



37.04 Taps å, Christiansfeld



42.14 Vidå, St. Emmerske bro

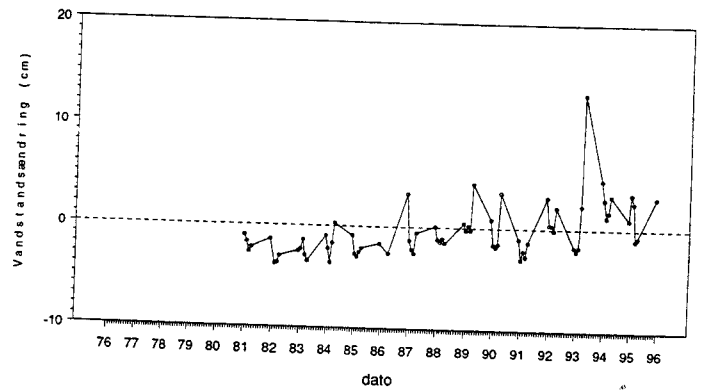
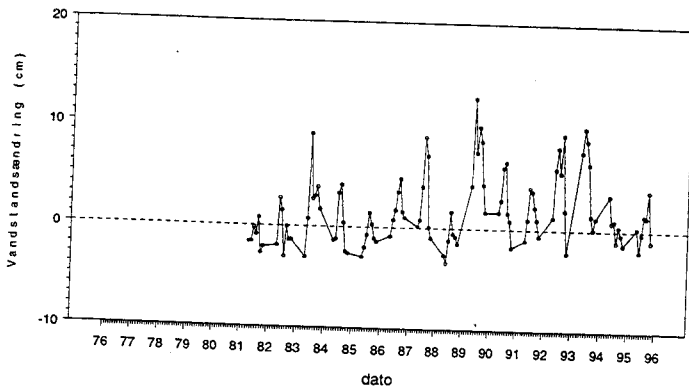


Udvikling i vandføringsevnen

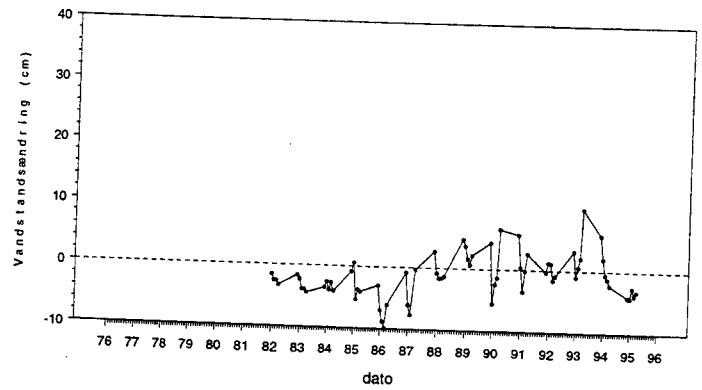
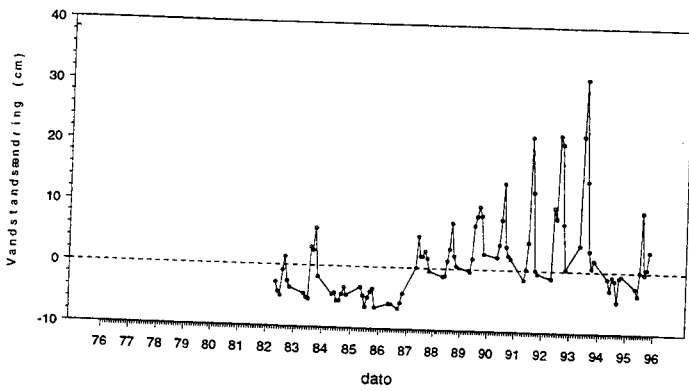
Sommer

Vinter

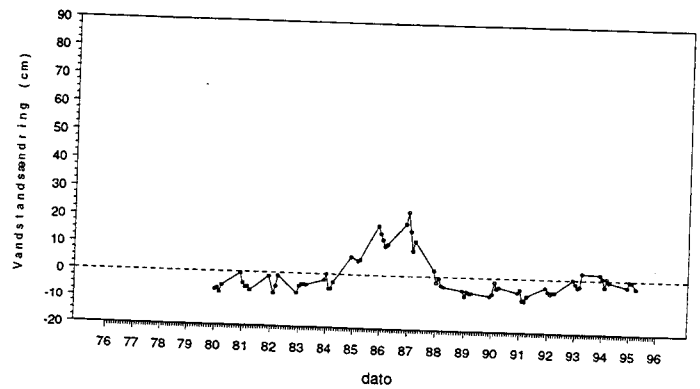
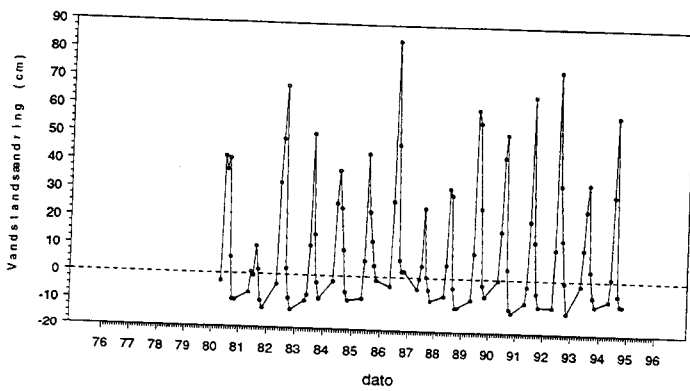
43.05 Viby å, St. 2.9 km



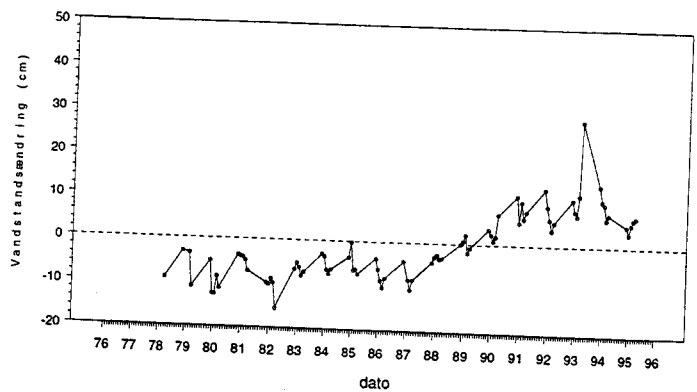
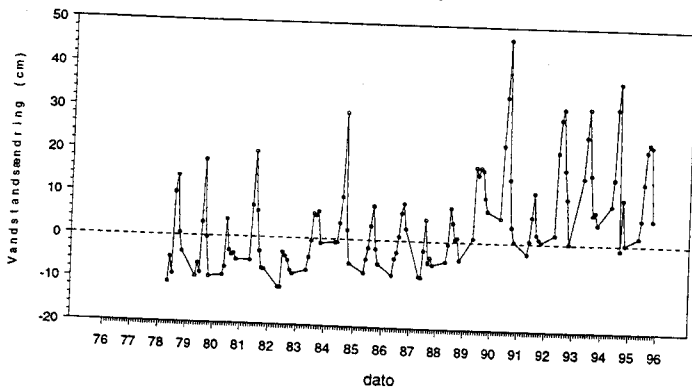
44.08 Vindinge å, St. 9.9 km



45.21 Odense å, Kratholm



48.04 Højbro å, nv for Hanebjerggård

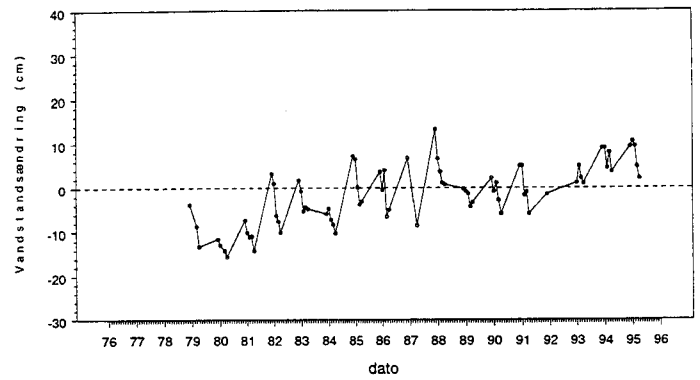
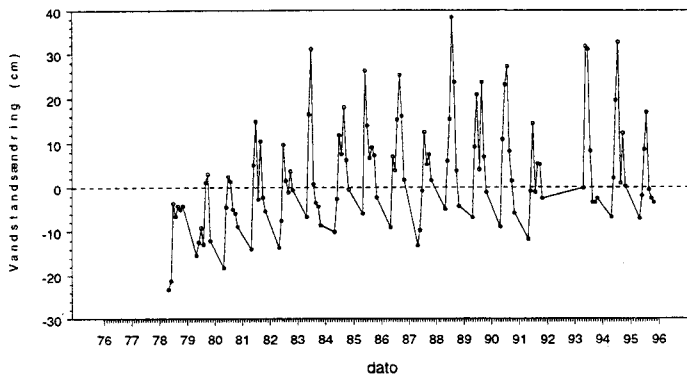


Udvikling i vandføringsevnen

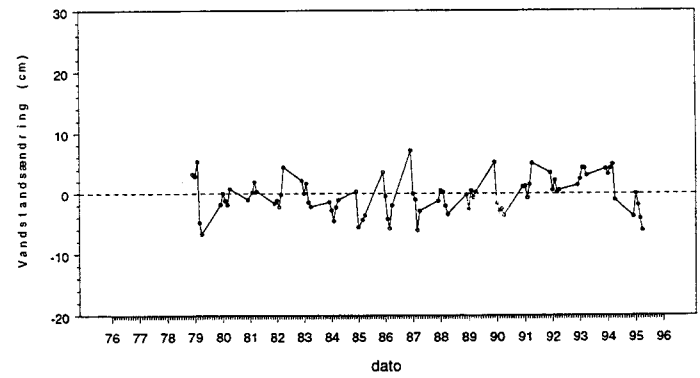
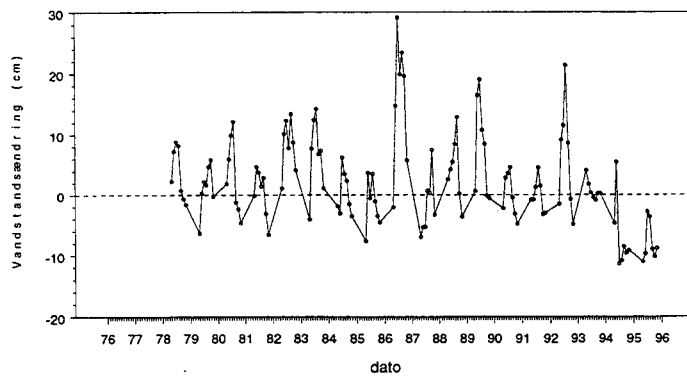
Sommer

Vinter

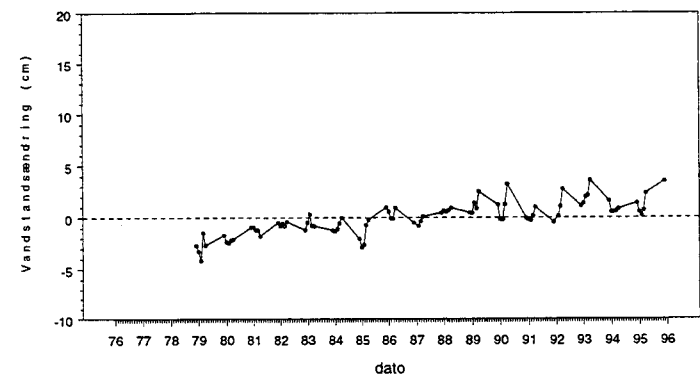
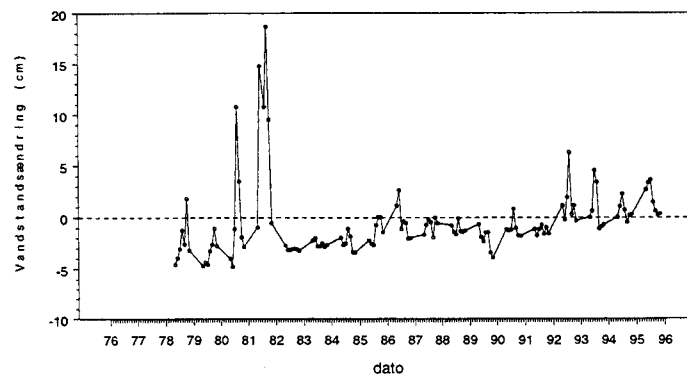
50.05 Nivå, Jellebro



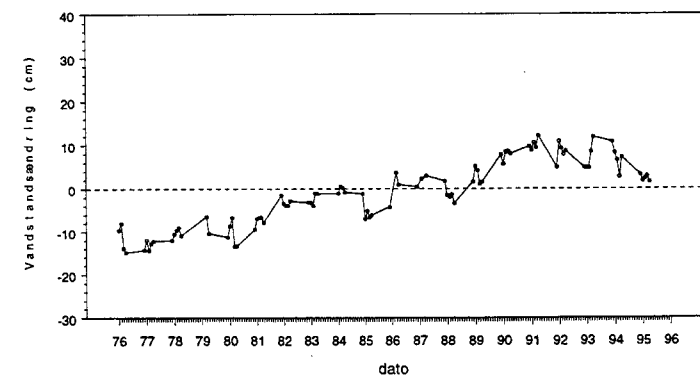
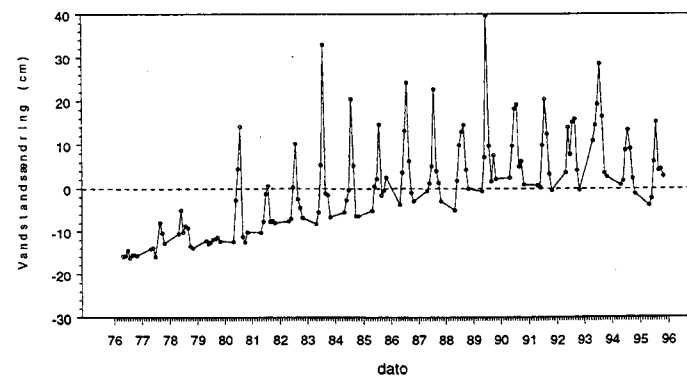
50.06 Usserød å, Nive mølle



51.05 Bregninge å, Bregninge



52.07 Græse å, Hørup

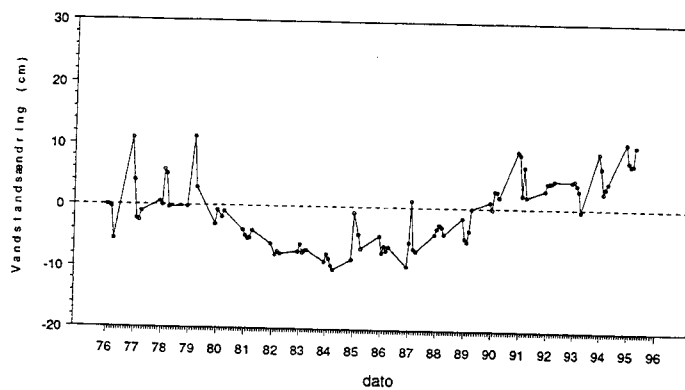
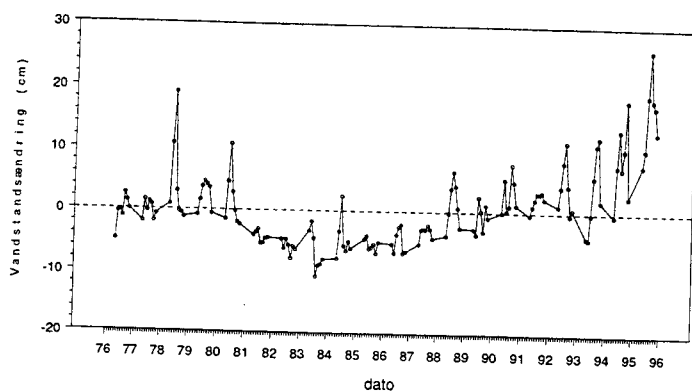


Udvikling i vandføringsevnen

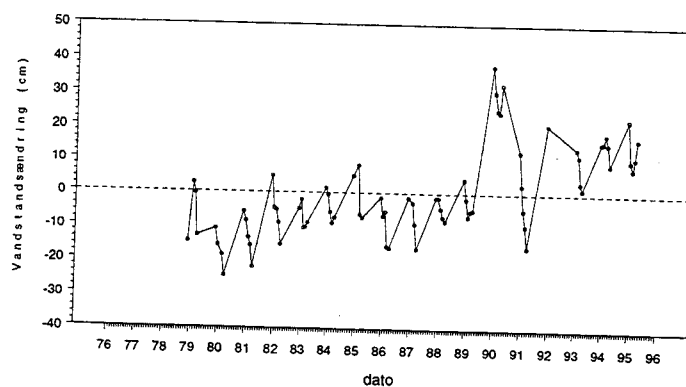
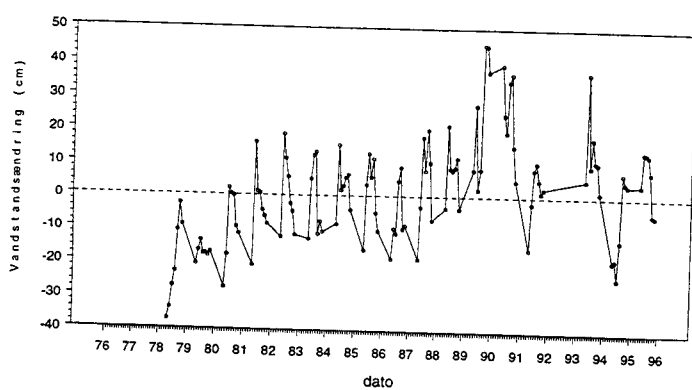
Sommer

Vinter

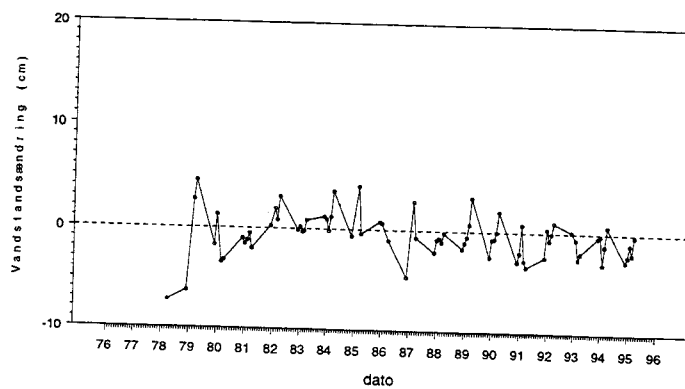
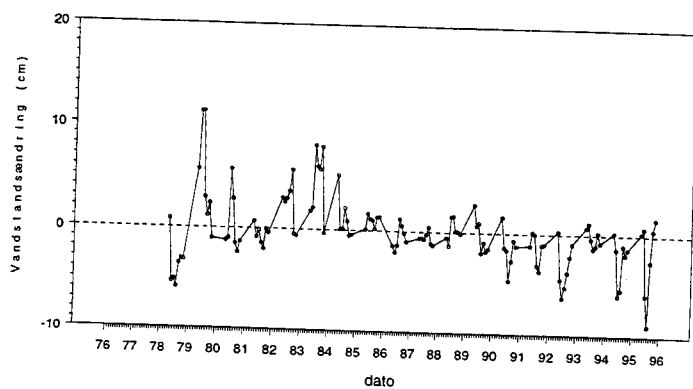
52.08 Havelse å, Strø



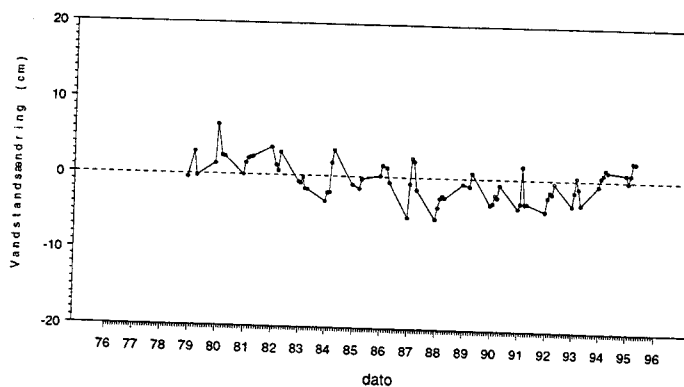
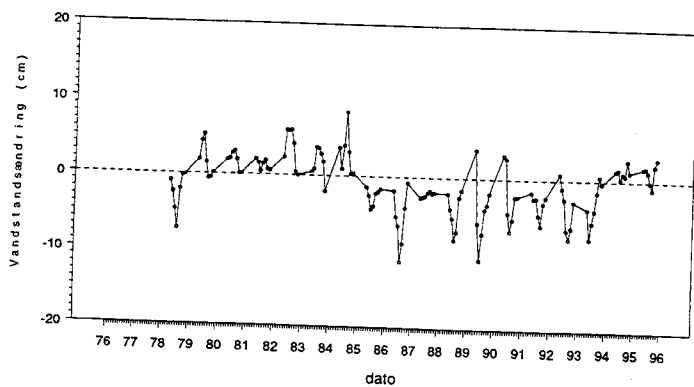
52.14 Værebros å, Veksø bro



52.17 Lavring å, Flædevad bro



52.18 Tokkerup å, Søndergårde

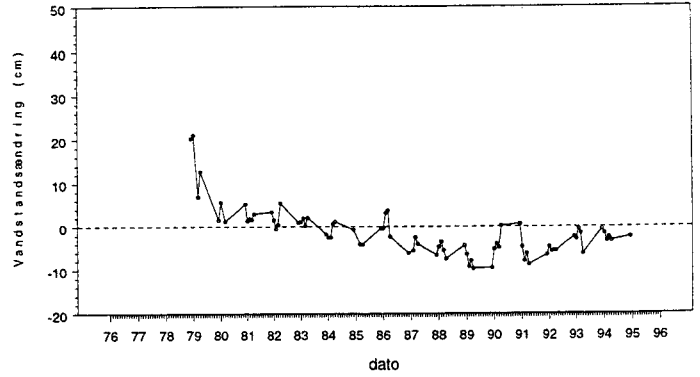
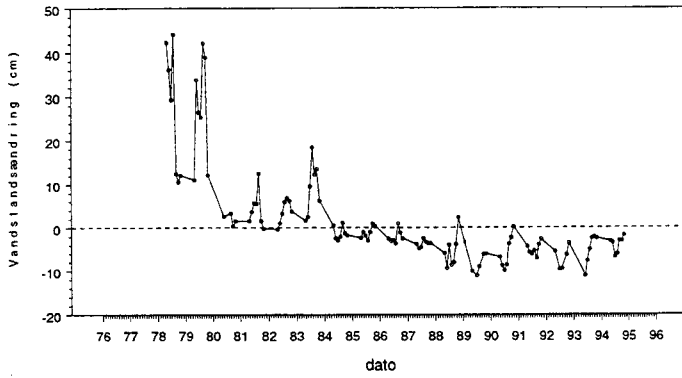


Udvikling i vandføringsevnen

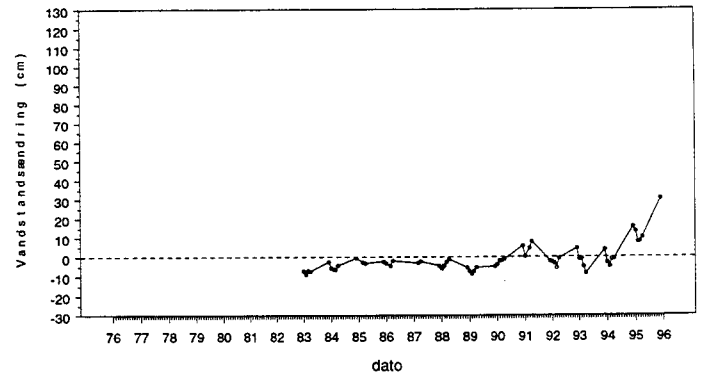
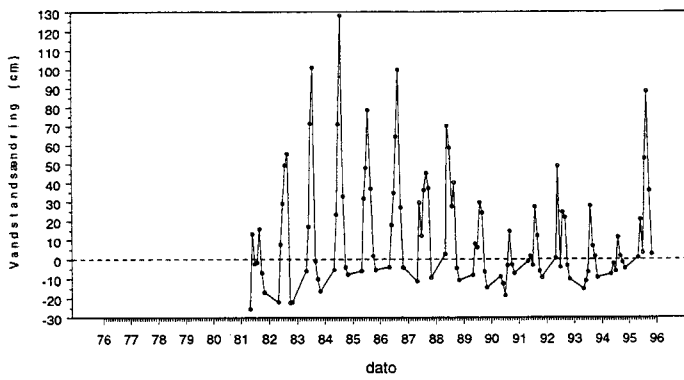
Sommer

Vinter

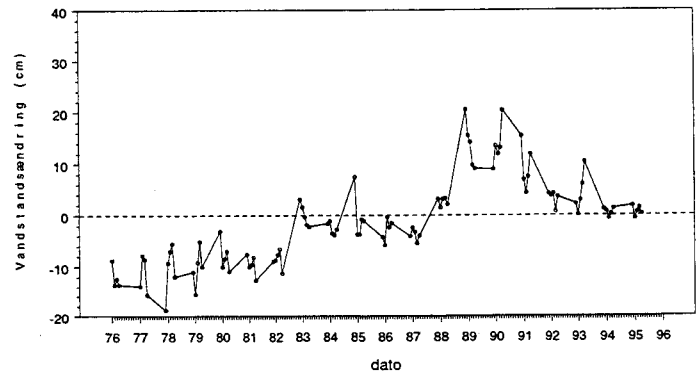
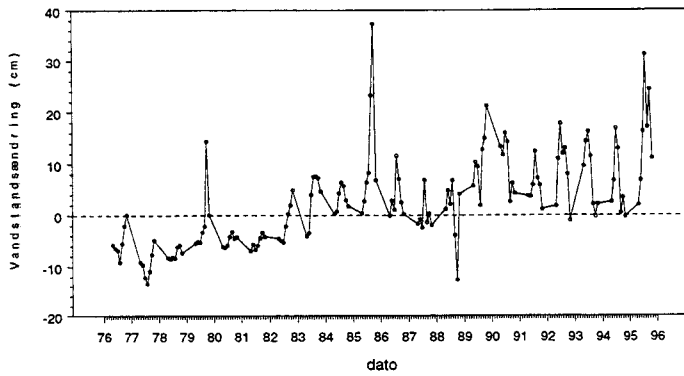
53.02 Lille-Vejleå, Pilemølle



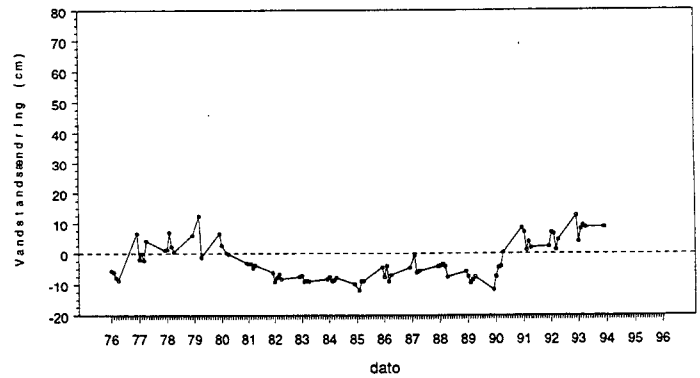
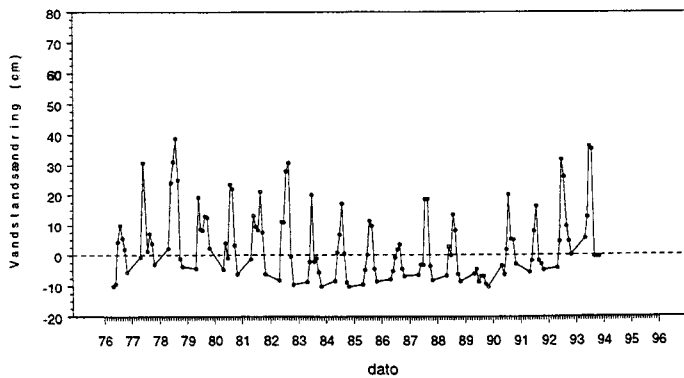
55.06 Åmose å, Ugerløse bro



56.02 Harrested å, Kramsvadgård



56.06 Tude å, Ørslev

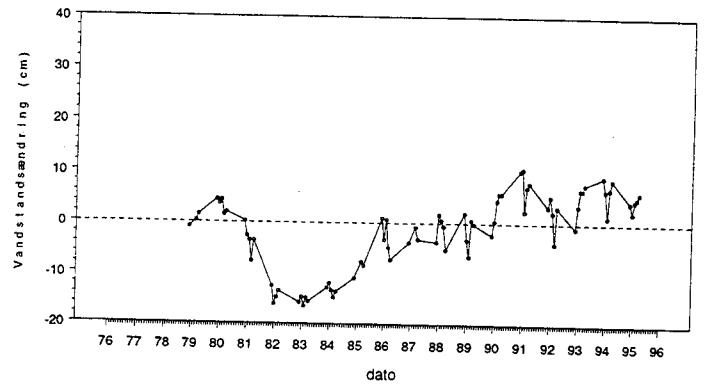
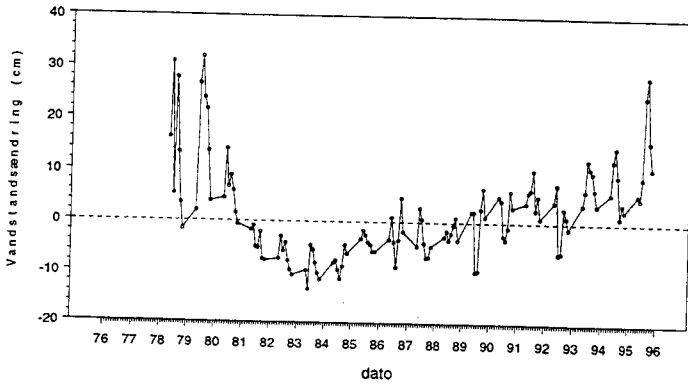


Udvikling i vandføringsevnen

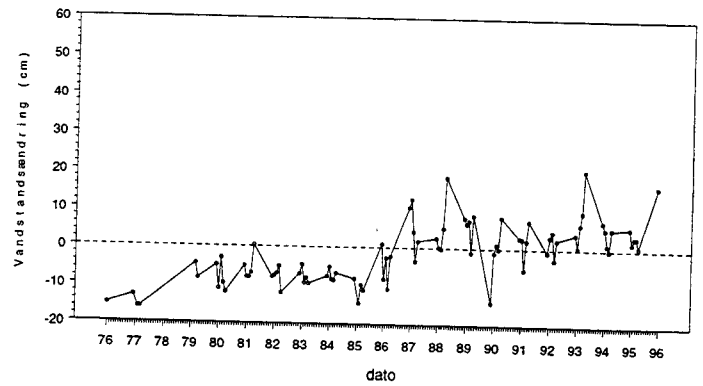
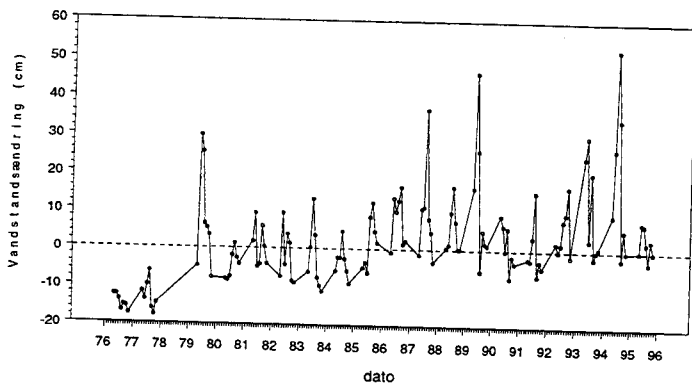
Sommer

Vinter

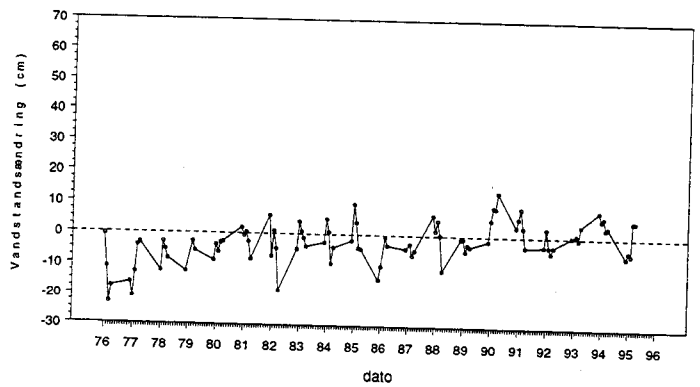
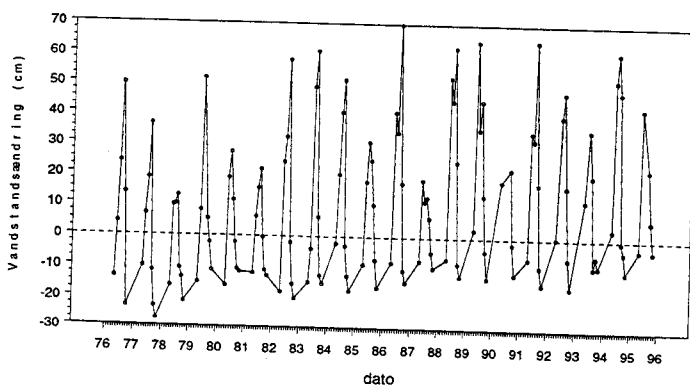
56.09 Seerdrup å, Johannesdal



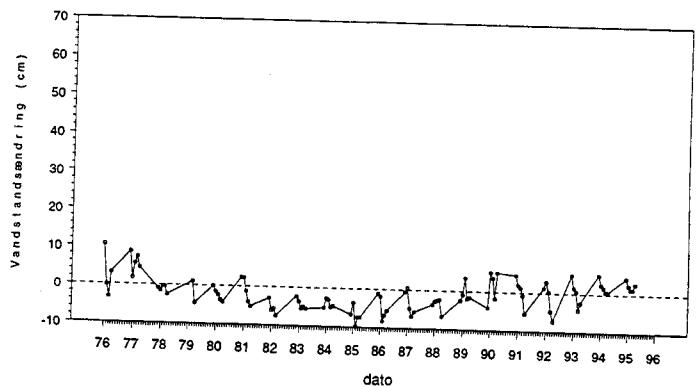
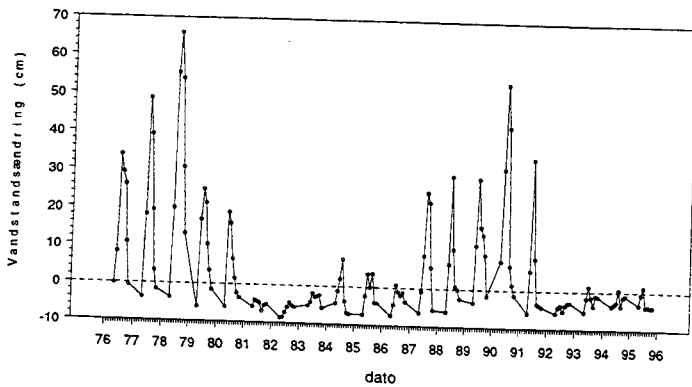
57.01 Saltø å, Grønbro



57.04 Suså, Næsby bro



57.08 Ringsted å, Lille-Svenstrup

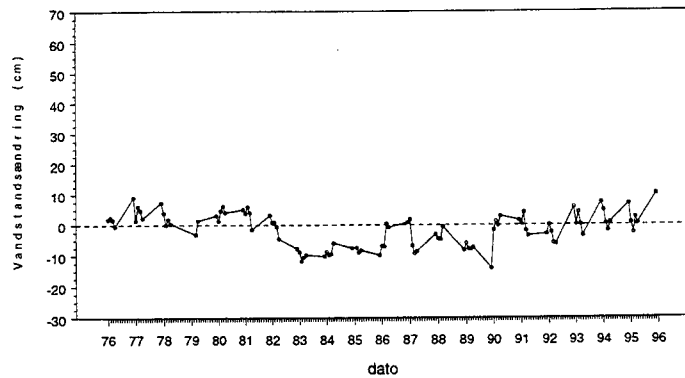
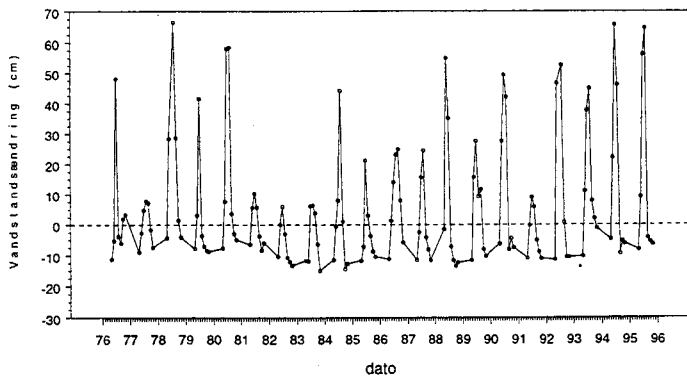


Udvikling i vandføringsevnen

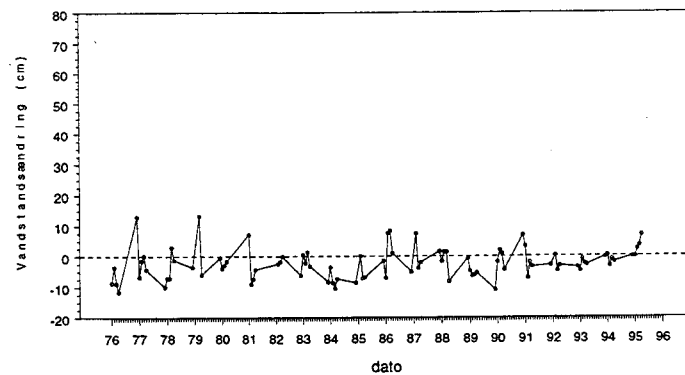
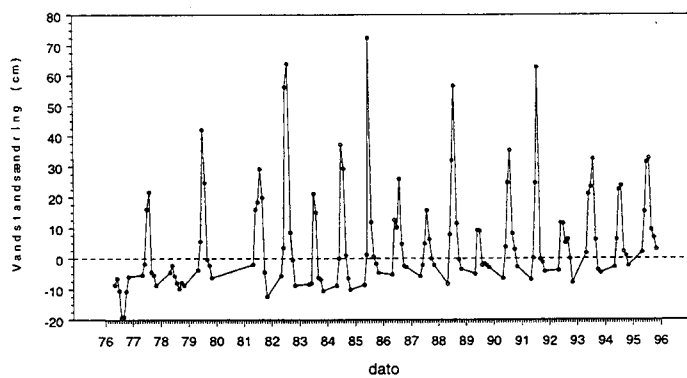
Sommer

Vinter

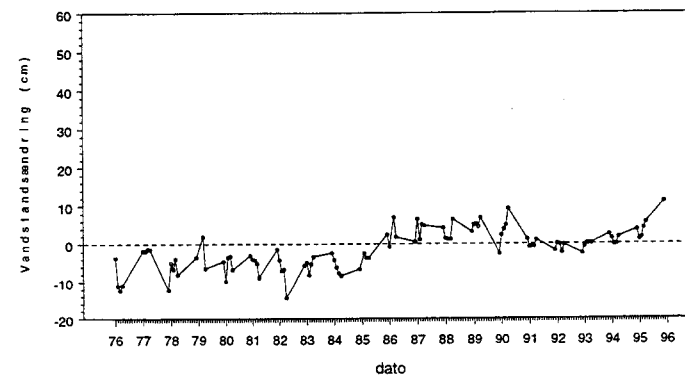
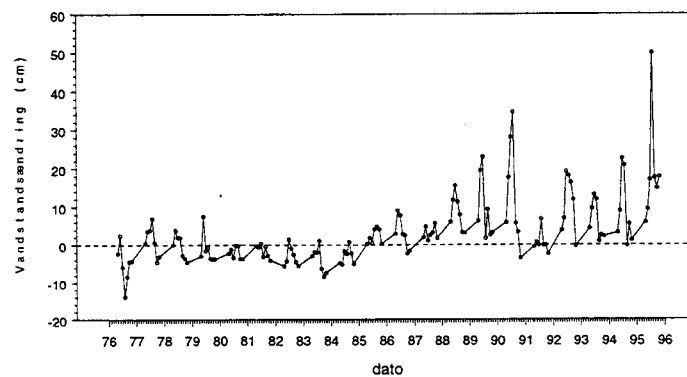
57.12 Suså, Holløse mølle



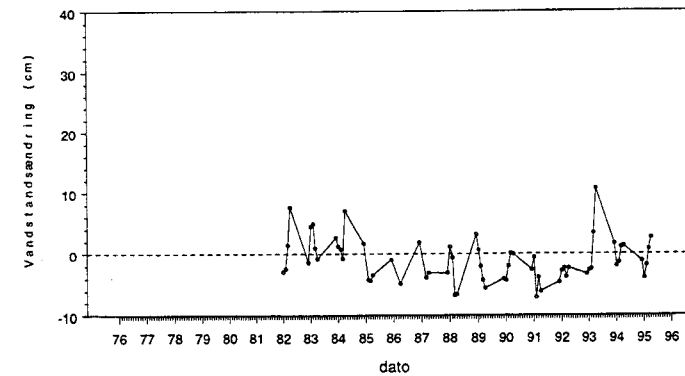
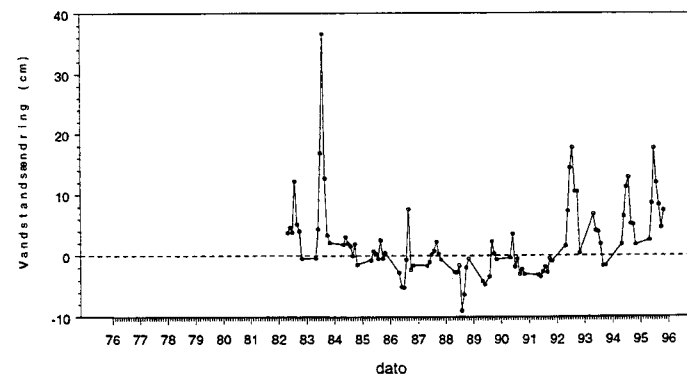
57.21 Suså, Vettørslev



59.01 Tryggevælde å, Lille Linde



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 probability (P) er mindre end 0,05, er tendensen signifikant, hvilket er fremhævet med **fed**. Stationer, hvor vedligeholdelsespraksis ikke er ændret i analyseperioden, er i kursiv.

HU-nr	Vandløb	1976-1995				1976-1985				1986-1995			
		vinter		sommer		vinter		sommer		vinter		sommer	
		Tendens	P	Tendens	P	Tendens	P	Tendens	P	Tendens	P	Tendens	P
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	Herreeds 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	Lindborg 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	-3,62	0,00	0,73	0,47	-2,51	0,01	-3,05	0,02	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	Mattrup 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	2,95	0,01	2,80	0,01	-0,43	0,67	0,11	0,91	2,11	0,04	2,06	0,04
24.06	Skodå	3,31	0,01	3,04	0,01	1,71	0,09	0,95	0,34	2,42	0,02	2,88	0,00
25.08	Skjern 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	2,02	0,04	2,32	0,02	-1,57	0,12	-1,80	0,07	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	-1,06	0,29	-1,45	0,15	-1,69	0,09	-1,17	0,24	-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	0,07	0,95	2,14	0,03	-2,73	0,01	-1,91	0,06	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	2,72	0,01	1,54	0,13	-1,29	0,20	-2,15	0,03	2,17	0,03	3,02	0,00
57.01	Salte 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	2,16	0,03	3,13	0,01	0,13	0,90	1,27	0,20	-0,63	0,53	1,25	0,21
59.01	Tryggevælde 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
61.01	Tingsted å	-0,82	0,42	0,35	0,73	-1,18	0,24	-1,57	0,11	1,01	0,31	1,95	0,05

Bilag 4

Den årlige ændring i styrevandstanden ved samtlige undersøgte stationer. Beregnet for perioderne 1976-1995 og 1986-1995. Signifikante ændringer er angivet med **fed**. Stationer uden ændringer i vedligeholdelsespraksis i analyseperioden er i kursiv.

		Årlig vandstandsændring (cm)			
		1976-1995		1986-1995	
HU-nr	Vandløb	vinter	sommer	vinter	sommer
03.01	Uggerby å	0.5	0.3	-2.0	0.4
06.02	Ryå	0.0	-0.1	1.0	0.7
07.01	Lindholm å	-0.9	-1.6	3.2	1.1
10.03	Romdrup å	-0.4	-0.5	0.2	0.0
10.14	Halkær å	-0.7	-0.3	0.0	0.4
10.15	Herreds å/Sønderup Å	1.0	1.0	0.3	0.6
11.02	Årup å	-1.9	-0.5	-0.8	0.7
13.03	Trend å	1.7	2.1	2.1	2.9
14.01	Lindenberg å	0.4	0.3	2.1	1.5
18.05	Skals å	-0.6	-0.6	1.5	2.5
20.05	Skive å	-0.5	-0.6	-0.1	-0.2
21.01	Gudenå	0.6	0.4	0.7	0.5
21.02	Gudenå	1.0	1.0	2.1	0.9
21.03	Nørre å	-1.2	-0.3	0.5	2.6
21.25	Non mølleå	0.0	0.2	0.1	0.3
21.28	Salten å	-0.2	0.3	1.1	1.8
21.32	Matrup å	-0.5	-1.0	-0.3	0.2
21.39	Funder å	0.7	0.9	0.5	0.4
21.40	Gudenå	0.0	0.2	0.1	1.0
21.49	Lilleå	0.9	0.4	3.6	2.8
21.52	Alling å	0.4	0.8	3.2	2.4
21.57	Lilleå	0.5	0.1	0.8	0.1
22.10	Storå	-0.1	-0.2	0.1	-0.7
22.12	Lilleå	0.8	0.8	1.4	1.3
24.01	Ryom å	1.3	1.2	3.9	3.4
24.06	Skodå	0.8	0.7	1.7	1.8
25.08	Skjern å	0.5	0.5	-0.2	-0.7
25.18	Vorgod å	0.6	1.7	0.0	0.9
26.01	Århus å	0.3	0.2	0.9	0.5
27.01	Lille-Hansted å	0.5	0.0	1.9	1.2
27.06	Odder å	-0.4	-0.5	-0.1	-0.6
28.02	Bygholm å	0.5	0.5	2.4	2.4
31.14	Grindsted å	-0.9	-0.4	1.5	0.3
31.15	Ansager å	-0.5	0.3	0.6	0.9
32.03	Vejle å	-0.2	-0.3	-1.0	-1.3
34.03	Kolding å	0.6	0.0	1.7	1.1
35.03	Sneum å	0.6	-0.2	1.4	0.4
36.01	Kongeå	0.0	0.4	0.8	0.2
37.04	Taps å	0.8	0.3	1.2	0.9
42.14	Vidå	1.1	0.8	2.1	2.1
43.05	Viby å	0.3	0.2	0.4	0.0
44.08	Vindinge å	0.3	0.6	0.4	0.2
45.21	Odense å	0.2	0.0	-0.5	-0.4
48.04	Højbro å	1.3	1.0	2.2	1.8
50.05	Nivå	1.1	0.7	1.0	-0.5
50.06	Usserød å	0.1	-0.4	0.4	-1.6
51.05	Bregninge å	0.2	0.2	0.1	0.3
52.07	Græse å	1.2	1.2	0.6	0.3
52.08	Havelse å	0.5	0.4	1.7	1.6
52.14	Værebros å	1.7	1.3	2.8	0.4
52.17	Lavring å	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
52.18	Tokkerup å	-0.1	-0.2	0.3	0.6
53.02	Lille-Vejleå	-0.7	-1.1	0.2	-0.2
55.06	Åmose å	0.7	0.0	0.9	-1.0
56.02	Harrested å	1.0	1.0	-0.1	0.9
56.06	Tude å	0.3	0.0	1.6	1.1
56.09	Seerdrup å	1.0	0.5	1.0	1.4
57.01	Saltø å	1.2	0.9	0.5	-0.2
57.04	Suså	0.6	1.2	0.6	0.8
57.08	Ringsted å	0.1	-0.2	0.6	-0.2
57.12	Suså	-0.1	0.1	0.9	0.7
57.21	Suså	0.3	0.5	0.3	0.5
59.01	Tryggevælde å	0.5	0.7	-0.2	0.7
61.01	Tingsted å	-0.2	0.1	0.2	1.0

Danmarks Miljøundersøgelser

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

Henvendelse kan rettes til:

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

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

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

Danmarks Miljøundersøgelser
Vejløvej 25
Postboks 413
8600 Silkeborg
Tel: 89 20 14 00
Fax: 89 20 14 14

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

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

*Afd. for Landskabsøkologi
Afd. for Kystzoneøkologi*

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

Afd. for Arktisk Miljø

Publikationer:

DMU udgiver temarapporter, faglige rapporter, arbejdsrapporter, tekniske anvisninger, årsberetninger samt et kvartalsvis nyhedsbrev, DMU Nyt. Et katalog over DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter er tilgængeligt via World Wide Web.

I årsberetningen findes en oversigt over årets publikationer. Årsberetning og DMU Nyt fås gratis ved henvendelse på telefon 46 30 12 00.

Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports

1996

- 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. 188: Generation of Input Parameters for OSPM Calculations. Sensitivity Analysis of a Method Based on a Questionnaire. By Vignati, E. et al. 52 pp., 65,00 DKK.
- Nr. 189: Vandføringsevne i danske vandløb 1976-1995. Af Iversen, H.L. & Ovesen, N.B. 55 s., 50,00 kr.
- Nr. 190: Fate of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Environment. Af Carlsen, L. et al. 82 pp., 45,00 kr.
- Nr. 191: Benzin i blodet. Kvalitativ del. ALTRANS. Af Jensen, M. 130 s., 100,00 kr.
- Nr. 192: Miljøbelastningen ved godstransport med lastbil og skib. Et projekt om Hovedstadsregionen. Af Nedergaard, K.D. & Maskell, P. 126 s., 100,00 kr.
- Nr. 193: Miljøundersøgelser ved Maarmorilik 1996. Af Johansen, P, Riget, F. & Asmund, G. 96 s., 100,00 kr.
- Nr. 194: Control of Pesticides 1996. Chemical Substances and Chemical Preparations. By Køppen, B. 26 pp., 40,00 DKK.
- Nr. 195: Modelling the Atmospheric Nitrogen Deposition to Løgstør Bredning. Model Results for the Periods April 17 to 30 and August 7 to 19 1995. By Runge, E. et al. 49 pp., 65,00 DKK.
- Nr. 196: Kontrol af indholdet af benzen og benzo(a)pyren i kul- og olieafledte stoffer. Analytisk-kemisk kontrol af kemiske stoffer og produkter. Af Rastogi, S.C. & Jensen, G.H. 23 s., 40,00 kr.
- Nr. 197: Standardised Traffic Inputs for the Operational Street Pollution Model (OSPM). Af Jensen, S.S. 53 pp., 65,00 DKK.
- Nr. 198: Reduktion af CO₂-udslip gennem differentierede bilafgifter. Af Christensen, L. 56 s., 100,00 kr.
- Nr. 199: Photochemical Air Pollution. Danish Aspects. By Fenger, J. (ed.). 189 pp., 200,00 DKK.
- Nr. 200: Benzin i blodet. Kvantitativ del. ALTRANS. Af Jensen, M. 139 s., 100,00 kr.
- Nr. 201: Vingeindsamling fra jagtsæsonen 1996/97 i Danmark. Af Clausager, I. 43 s., 35,00 kr.
- Nr. 202: Miljøundersøgelser ved Mestersvig 1996. Af Asmund, G., Riget, F. & Johansen, P. 30 s., 50,00 kr.
- Nr. 203: Rådyr, mus og selvforyngelse af bøg ved naturnær skovdrift. Af Olesen, C.R., Andersen, A.H. & Hansen, T.S. 60 s., 80,00 kr.
- Nr. 204: Spring Migration Strategies and Stopover Ecology of Pink-Footed Geese. Results of Field Work in Norway 1996. By Madsen, J. et al. 29 pp., 45,00 DKK.
- Nr. 205: Effects of Experimental Spills of Crude and Diesel Oil on Arctic Vegetation. A Long-Term Study on High Arctic Terrestrial Plant Communities in Jameson Land, Central East Greenland. By Bay, C. 44 pp., 100,00 DKK.
- Nr. 206: Pesticider i drikkevand 1. Præstationsprøvning. Af Spliid, N.H. & Nyeland, B.A. 273 pp., 80,00 kr.
- Nr. 207: Integrated Environmental Assessment on Eutrophication. A Pilot Study. Af Iversen, T.M., Kjeldsen, K., Kristensen, P., de Haan, B., Oirschot, M. van, Parr, W. & Lack, T. 100 pp., 150,00 kr.
- Nr. 209: Effekt af Tunø Knob vindmøllepark på fuglelivet. Af Guillemette, M., Kyed Larsen, J. & Clausager, I. 31 s., 45,00 kr.
- Nr. 210: Landovervågningsoplande. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996. Af Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Andersen, H.E., Laubel, A.R., Grevy Jensen, P. & Rasmussen, P. 141 s., 150,00 kr.
- Nr. 211: Ferske vandområder - Søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996. Af Jensen, J.P., Søndergaard, M., Jeppesen, E., Lauridsen, T.L. & Sortkjær, L. 103 s., 125,00 kr.
- Nr. 212: Atmosfærisk deposition af kvælstof. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996. Af Ellermann, T., Hertel, O., Kemp, K., Mancher, O.H. & Skov, H. 88 s., 100,00 kr.
- Nr. 213: Marine områder - Fjorde, kyster og åbent hav. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996. Af Jensen, J.N. et al. 124 s., 125,00 kr.
- Nr. 214: Ferske vandområder - Vandløb og kilder. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996. Af Windolf, J., Svendsen, L.M., Kronvang, B., Skriver, J., Olesen, N.B., Larsen, S.E., Baattrup-Pedersen, A., Iversen, H.L., Erfurt, J., Müller-Wohlfeil, D.-I. & Jensen, J.P. 109 s., 150,00 kr.