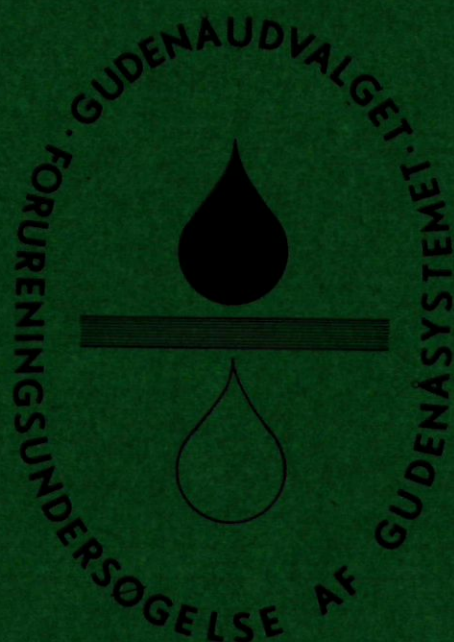


RAPPORT NR. 9



GUDENÅUNDERSØGELSEN
Undersøgelse af Salten å

G U D E N Å U N D E R S Ø G E L S E N

1973 - 1975

UNDERSØGELSE AF SALTEN Å

Nov. 1974

OG

APR./AUG. 1975

VANDKVALITETSINSTITUTTET, ATV
Agern Allé 11, 2970 Hørsholm

Sagsnr.: 25.4.170
1976-02-03-LR-WF-WWT

Sagsbehandlere:

Ingeniør Ivar Hansen
Civ.ing. J. Simonsen
Civ.ing. Poul B. Heise

INDHOLDSFORTEGNELSE

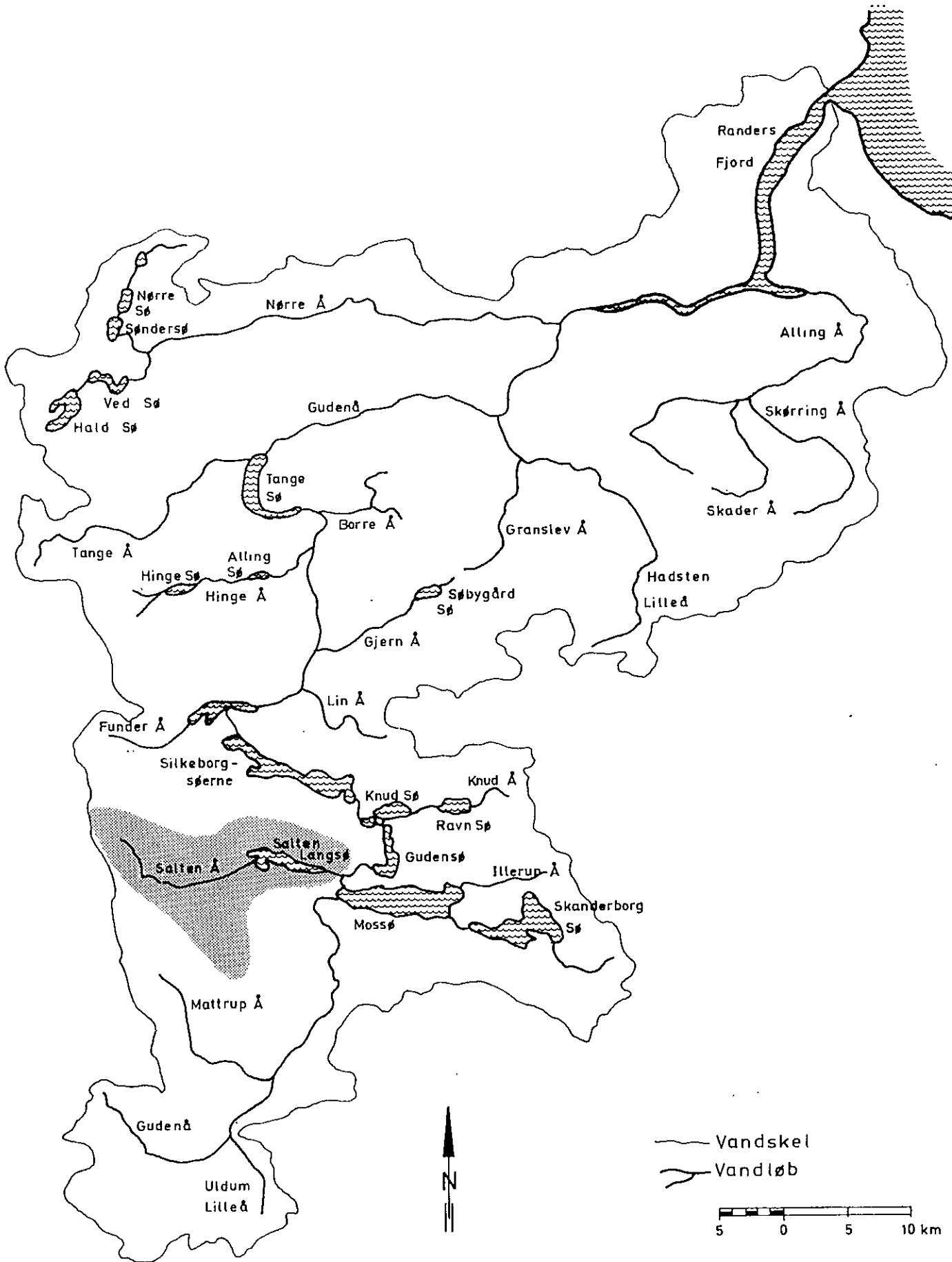
	SIDE
0. RESUME	1
1. INDLEDNING	4
2. BESKRIVELSE AF UNDERSØGELSESOMRÅDET, STATIONSPLACERINGER	5
2.1 TOPOGRAFI	5
2.2 STATIONSPLACERING	5
2.3 BELASTNINGSFORHOLD	9
3. DE INTENSIVE MÅLERUNDER	11
3.1 MÅLEPROGRAMMERNE	11
3.2 HYDROLOGI/HYDRAULIK	13
3.2.1 VANDFØRINGS- OG PROFILOPMÅLINGER	13
3.2.2 SPORSTOFUNDERSØGELSER	16
3.3 VANDKEMI OG STOFTRANSPORTER	25
3.3.1 INTENSIVE UNDERSØGELSER	25
3.3.2 STOFTRANSPORT VED SALTEN BRO, 1974	44
3.4 SEDIMENTUNDERSØGELSER	48
4. BELASTNINGSVURDERINGER	53
4.1 DAMBRUGSAKTIVITETEN I SALTEN Å	53
4.2 STOFTRANSPORTER - BELASTNINGSFORHOLD	55

I N D H O L D S F O R T E G N E L S E

	SIDE
5. BEREGNINGSMODEL FOR STRÆKNING 7-9	59
5.1 TILPASNING AF MODELLEN TIL STRÆKNING 7-10-9	59
6. MANDAGSUDSKYLNING	62
6.1 FORMÅL MED UNDERSØGELSEN	63
6.2 OMFANG	63
6.3 RESULTATER	64
6.4 VURDERING	77
7. KONKLUSION	79
8. LITTERATURLISTE	81

BILAG: STOFTRANSPORTER I AUGUST 1975

Gudenå - systemet



0. RESUME

I forbindelse med den samlede undersøgelse af Gudenåsystemet er Salten å blevet specielt undersøgt af Vandkvalitetsinstituttet (VKI). Undersøgelserne af Salten å havde til hovedformål at klarlægge dambrugenes belastningsbidrag til åen og til Salten Langsø. Belastningen med organisk stof og næringsstof af Salten å - Salten Langsø systemet skyldes dambrugsdrift, spildevandsudledning og diffus tilledning. Den diffuse tilledning udgøres af skov- og landbrugsbidrag. Landbrugets bidrag til belastningen antages dog at være af mindre betydning i dette område.

Undersøgelsen er gennemført i fire etaper, som hver belyser karakteristiske situationer i vandløbet.

- 1) Under en udskylning af dambrugene den 11. november 1974 - "mandagsudskylning".
- 2) I et døgn, hvor dambrugene ikke var i drift, den 14. - 15. april 1975.
- 3) I et døgn under almindelig dambrugsdrift, den 27. - 28. august 1975.
- 4) I løbet af 1975 på udvalgte dage.
(Sedimentundersøgelse).

Under de tre første etaper blev der på ca. 10 stationer i Salten å af Århus, Viborg og Vejle amtsvandvæsen samt VKI udtaget prøver og målt følgende tilstandsvariablers variation i tiden: kvælstof, fosfor, organisk stof, ilt og temperatur. Der blev samtidig udført vandføringsmålinger, således at

stoftransporterne kunne beregnes. Under etape 4 gennemførte "Dambrugsundersøgelsen" ved Zoologisk Institut, Århus Universitet respirationsmålinger på intakte sedimentprøver fra Salten å.

Konklusion

De gennemførte undersøgelser af Salten å giver følgende konklusioner:

1. Salten å's dambrug belaster Salten å under stort set normale driftsforhold med kvælstof, fosfor og organisk stof i en størrelsesorden, der svarer til

kvælstof	~ 35 PE pr. dam, vådfodring
fosfor	~ 28 PE pr. dam, vådfodring
organisk stof	~ 25 PE pr. dam, vådfodring,

idet der regnes med følgende personækvivalenter (PE):

kvælstof	12 g/døgn/pers.
fosfor	1,6 g/døgn/pers.
organisk stof	60 g BI ₅ /døgn/pers.

For fosfor og kvælstof er angivet PE-værdierne svarende til den fysiologisk udskilte døgnmængde.

2. På årsbasis skønnes dambrugene ved Salten å at bidrage med en kvælstof- og fosforudledning på ca. 30 ton kvælstof og 3,2 ton fosfor.

Af totaltransporten målt ved Salten bro 1974 udgør dambrugenes kvælstofbelastning ca. 60 % og fosforbelastningen ca. 40 %.

3. Ved "mandagsudskylningen" belastes Salten å momentant med suspenderet og organisk stof. Sidstnævnte bevirker, at iltforholdene falder (med indtil 2 mg O₂/l) efter de enkelte stemmeværker i et par timer. Ved den pågældende undersøgelse i november 1974 har denne formindskelse af iltkoncentrationen ingen betydning. Det kan imidlertid tænkes at have uheldige følger, evt. fiskedød, når iltindholdet i forvejen er lavt, f.eks. i visse sommerperioder, når totalrespirationen er stor.
4. Salten å's hydrauliske egenskaber, specielt den store strømhastighed, bevirker, at udledningen af organisk stof i de aktuelle koncentrationer ikke under normale omstændigheder giver anledning til store iltsvind. Dette skyldes, at opholdstiden i åen er lille, og genluftningen er stor.
5. Åens hydrauliske egenskaber ændres væsentligt på den nedre del, hvor vandhastigheden bliver mindre. Dette giver anledning til en større sedimentation af transporteret materiale og derfor større bundrespiration. På den nedre del af Salten å er bundrespirationen ca. 3 gange så stor som gennemsnittet af målingerne på den resterende del af åen.

1. INDLEDNING

I Gudenåundersøgelsen 1973 - 75 indgår delprojekterne:

dambrugsundersøgelsen,
dambrugsregistreringen samt
Salten å undersøgelsen

som det undersøgelsesmateriale, der skal benyttes ved en vurdering af den samlede dambrugsbelastning af Gudenårecipientsystemet.

I nærværende rapport redegøres for Salten å undersøgelsen, der gennemførtes i forbindelse med en "mandagsudskylning" i november 1974, en tørlægning^{*)} af dambrugene ved Salten å i april 1975 og i en normal dambrugs driftsperiode i august 1975.

Formålet

Formålet med Salten å undersøgelsen var at belyse, hvor stor en del af stoftransporten omfattende organisk stof og vækstnæringsstofferne, fosfor og kvælstof der skyldtes dambrugsdrift.

Desuden skulle der foretages en vurdering af omsætningen af organisk stof nedstrøms dambrugene samt disses indflydelse på sedimentforholdene .

*) Tørlægningen gennemførtes som led i bekæmpelsen af Egtved virus.

2. BESKRIVELSE AF UNDERSØGELSESONRÅDET - STATIONSPLACERINGER

2.1 TOPOGRAFI

Salten å har sit udspring ved Sepstrup Sande og i kildeområdet i Skærbæk Plantage. Salten å rundes af spredte kilder og væld og får først egentlig "å-karakter" ved Ansø Møllegård. Herfra løber den østpå, gennemstrømmer Salten Langsø for til sidst at forenes med Gudenåen lidt nord for Mossø.

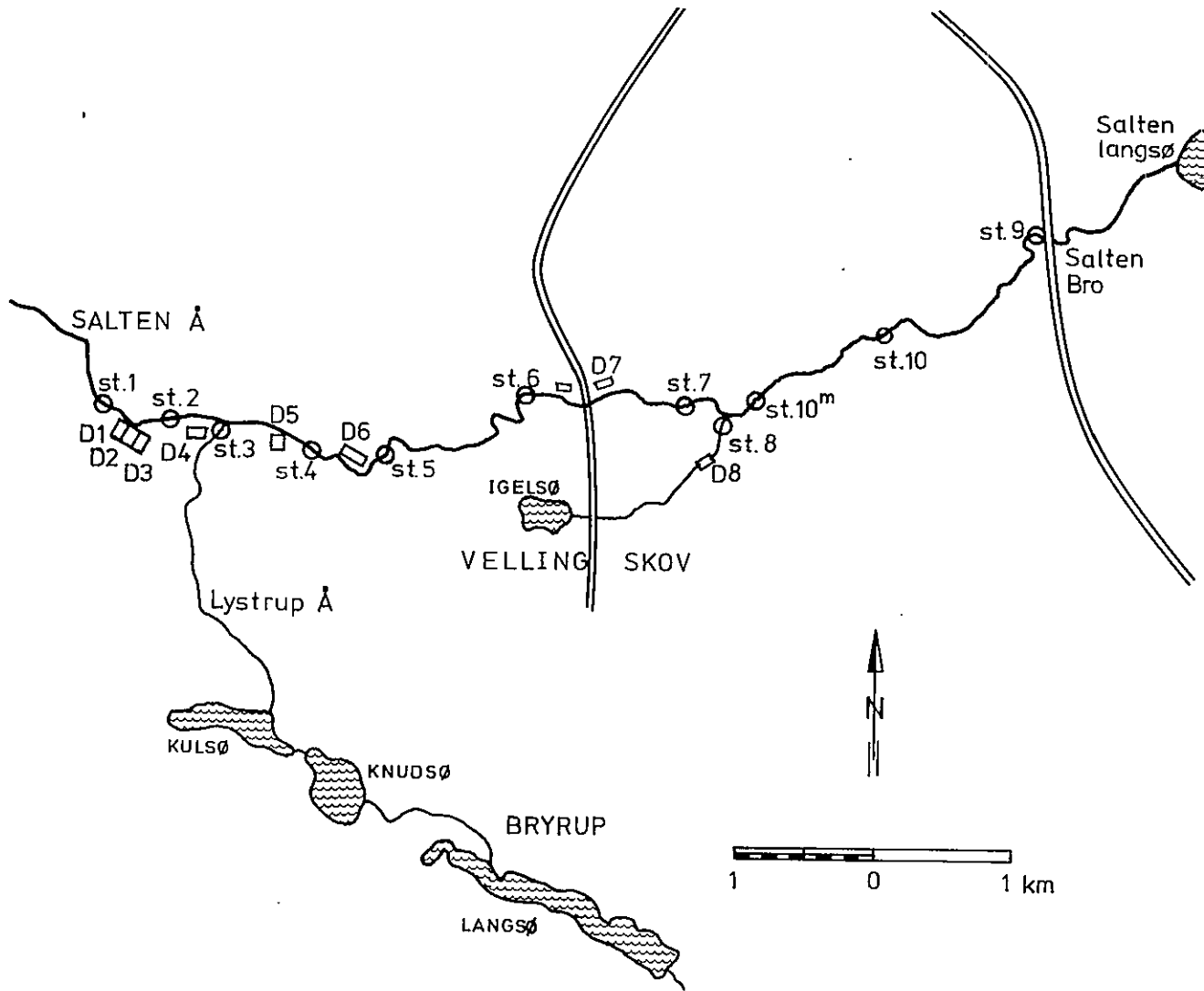
Den undersøgte del af Salten å er strækningen fra Ansø til Salten Bro, umiddelbart inden Salten Langsø, en knap 10 km lang strækning, der i alt afvander et område på 124 km². (Fig. 2.1.)

Af betydende tilløb på den undersøgte strækning findes Lystrup å, som afvander Bryrup Langsø, Kvindsø og Kulsø. Et andet større tilløb findes et stykke efter Katrinedal, afløbet fra Igelsø. Ved dette tilløb er Krude Mølle dambrug beliggende.

2.2 STATIONSPLACERING

Station 1: Stationen er beliggende efter Ansø Møllegård umiddelbart før Ansø, Vrads dambrug.

På dette sted er åen kun i mindre omfang blevet brugt som recipient, idet kun spildevandet fra Vrads by samt et mindre yngel-dambrug i de øvre væld (Sille-
rup Væld) har haft afløb til åen.



Figur 2.1 Oversigtskort over undersøgelsesområdet

Station 2: er beliggende umiddelbart efter Ansø, Vrads og Bøgelund dambrug.

Station 3: er beliggende i Lystrup å efter Lystrup dambrug umiddelbart før udløbet i Salten å.

Station 4: er beliggende før Vellingskov dambrug.

Station 5: er beliggende efter Vellingskov dambrug.

Station 6: er beliggende lidt før Katrinedal dambrug.

Station 7: er beliggende efter Katrinedal dambrug.

Station 8: er beliggende i afløbet fra Igelsø efter Krude Mølle dambrug.

Station 10: er beliggende i Salten å, Åmosen.

Station 10M: er beliggende i Salten å mellem afløbet fra Igelsø og Åmosen (St. 10). Stationen mærket 10M har kun været benyttet ved undersøgelsen vedrørende mandagsudskylning.

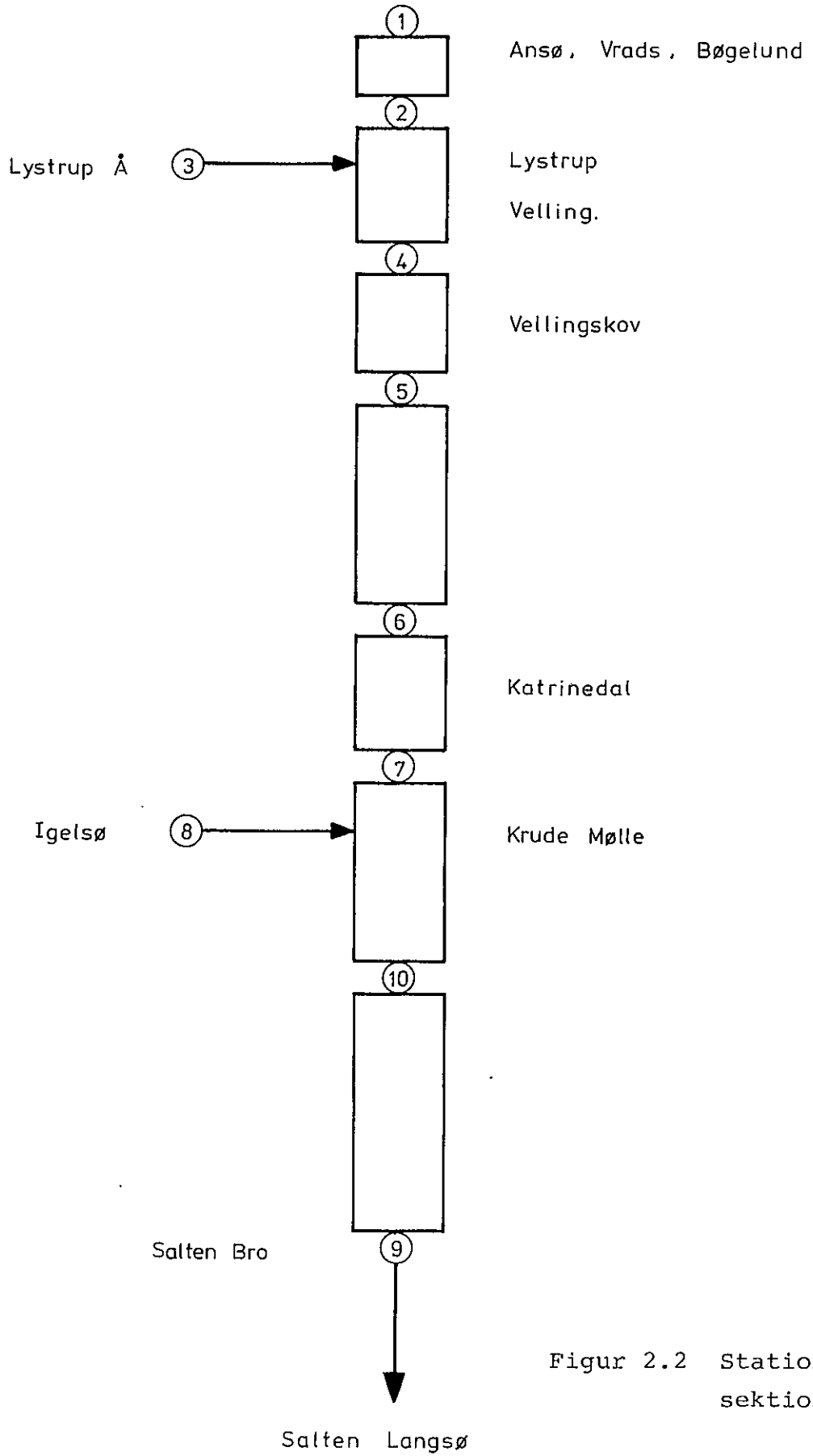
Station 9: er beliggende ved Salten Bro.

Den omvendte rækkefølge for st. 9 og 10 skyldes, at st. 10 er optaget som supplerende station ved april/ august-undersøgelsen.

Stationsbeliggenheden er vist i fig. 2.1. I fig. 2.2 er angivet en skematisk opdeling af den undersøgte strækning i vandløbssektioner samt en oversigt over dambrugenes rækkefølge.

Salten Å

Dambrug:



Figur 2.2 Stationer og sektioner

2.3 BELASTNINGSFORHOLD

På den undersøgte strækning belastes Salten å af følgende stofkilder:

dambrug

byspildevand

afstrømning fra land- og skovbrug.

Dambrug: På den undersøgte strækning findes 8 af Salten å's 9 dambrug. Det dambrug, der ligger uden for strækningen, er det tidligere nævnte yngeldambrug i det øvre veldområde. Belastningen herfra er så lille, at dets påvirkning ikke kan registreres i forbindelse med denne undersøgelse.

Beliggenheden af de øvrige 8 dambrug ses i fig. 2.1. I tabel 2.1 er størrelsen af hvert dambrug angivet.

Dambrug	Antal damme
D1 Ansø	45
D2 Vrads	14
D3 Bøgelund	20
D4 Lystrup	8
D5 Velling	6 (18) *)
D6 Vellingskov	44
D7 Katrinedal	30
D8 Krude Mølle	60

*) De 18 dammes størrelse svarer til 6 "normal-damme".

Tabel 2.1 Størrelsen af dambrugene i Salten å.

Byspildevand: På den undersøgte strækning udledes spildevand fra ca. 3.000 personækvivalenter (PE). Heraf stammer de ca. 2.000 PE fra Lystrup å-oplandet. Spildevandet bliver udledt i henholdsvis Bryrup Langsø, Kulsø og Kvindsø for herigennem via Lystrup å at ende i Salten å.

Den resterende spildevandsmængde fra ca. 1.000 PE skønnes at blive udledt fra spredte bebyggelser jævnt fordelt i hele undersøgelsesområdet.

Da spildevand fra ca. 2.000 PE passerer gennem de ovennævnte søer, vil stofbelastningen herfra via Lystrup å til Salten å på døgnbasis være udjævnet, hvorimod den på årsbasis i nogen grad vil være proportional med afstrømningen.

Landbrugs- og skovbrugsafstrømning: Oplandet til, samt den undersøgte strækning af Salten å, er beliggende i udprægede skovbrugsområder. Det vil sige, at der ikke tilnærmelsesvis udskylles de næringsstofmængder, som er fundet f.eks. ved Gudenåundersøgelsens landbrugsafstrømningsundersøgelse, /3/.

3. DE INTENSIVE MALERUNDER

3.1 MÅLEPROGRAMMERNE

Der er gennemført to målerunder henholdsvis 14. - 15. april 1975 (1. runde) - under tørlægningen af dambrugene - og 27. - 28. august 1975 ved normale driftsforhold (2. runde).

Ved målerunderne medvirkede medarbejdere fra Vejle, Viborg og Århus amtsvandværser, der forestod prøvetagning og vandføringsmålinger.

Vandføringsstationen ved Salten bro blev i undersøgelsesdøgnet kalibreret af Hedeselskabet.

VKI deltog ved prøvetagningen og udførte samtlige analyser med undtagelse af biokemisk iltforbrug (1. runde), som udførtes af Silkeborg levnedsmiddelkontrol.

De udtagne vandprøver blev analyseret for følgende kemiske og fysiske tilstandsvariabler:

opløst ilt (Winklermetoden)

total-kvælstof

nitrat-kvælstof

nitrit-kvælstof

total-fosfor

orto-fosfat

ammoniak-kvælstof

biokemisk iltforbrug, BI₅

permanganatforbrug, KIF

suspenderet stof (1. runde)

temperatur.

For at vurdere Salten å's hydrauliske forhold doseredes sporstof (Rhodamin B og Uranin) i åen, og på grundlag af prøveudtagning og efterfølgende analyse for det benyttede sporstof er opholdstid og spredningsforhold for udvalgte strækninger bestemt.

Sedimentets iltforbrug er blevet undersøgt af Zoologisk Institut, Århus ("Dambrugsundersøgelsen"), der har gennemført respirationsmålinger på intakte sedimentsøjler i april, maj og september 1975.

Der er d. 11. november 1974 gennemført et særligt måleprogram til belysning af dambrugenes "mandagsudskylning". Der henvises herom til afsnit 6.

3.2 HYDROLOGI/HYDRAULIK

Vandføringsmålinger på Salten å har været gennemført af Hedeselskabet på en enkelt station, nemlig ved Salten bro, st. 9, hvor der i forbindelse med Gudenåundersøgelsen er oprettet en hydrometrisk station. Vandføringsdata fra station 9 findes således fra og med 1973. Vandføringsmålinger på de øvrige stationer er udført som vingemålinger i forbindelse med de intensive målerunder.

3.2.1 VANDFØRINGS- OG PROFILOPMÅLINGER

Nogen egentlig vandføringsstatistik for Salten å findes ikke, men under Gudenåundersøgelsen har der ved Salten bro kontinuert været registreret vandføringer i forbindelse med den generelle kortlægning af stoftransporter i Gudenåsystemet. Fig. 3.1 viser vandføringens variation ved Salten bro i 1974. Oplandet opstrøms Salten bro er 124 km^2 ifølge Hedeselskabets opgivelser, dette giver i gennemsnit for 1974 en afstrømning på ca. 13 l/s/km^2 . Til sammenligning anføres, at Gudenåens middelafstrømning ved Tvilumbro er $12,3 \text{ l/s/km}^2$, og ved Åstedbro er den $13,1 \text{ l/s/km}^2$.

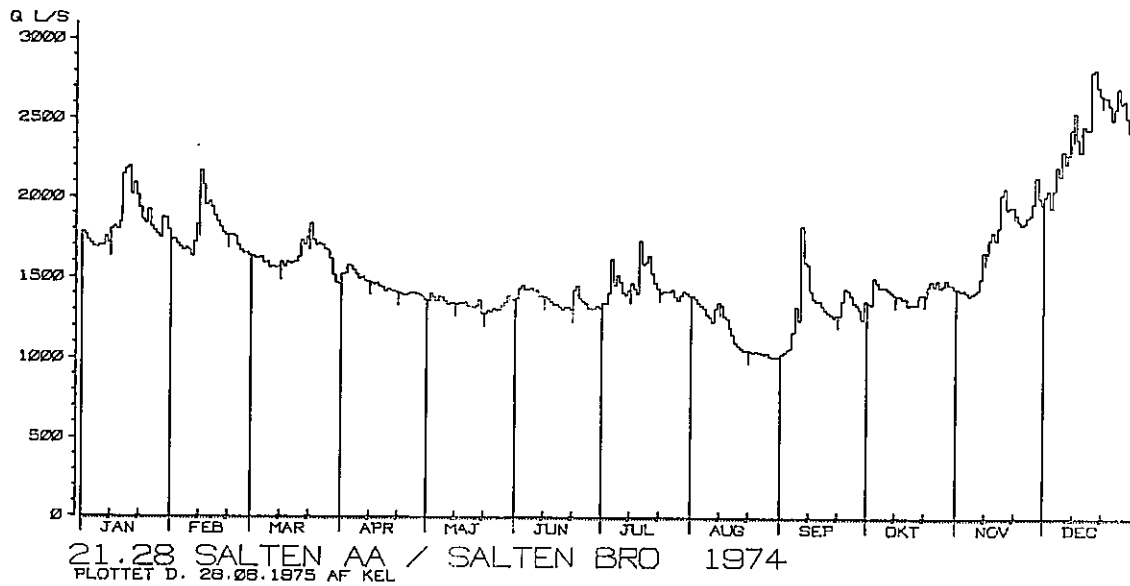
Karakteristisk for Salten å's 1974-afstrømning er den ret lille årstidsvariation sammenholdt med den ret høje minimumsafstrømning, (skønnet til 8 l/s/km^2 for 1974), som er udtryk for en betydelig grundvandstilførsel.

Opmåling af tværsnitsprofiler og indnivellering af koter er foretaget af Århus Amtsvandvæsen. Tabel 3.1 indeholder resultater fra denne opmåling, der blev foretaget i perioden 14. - 17.4.1975.

De vandføringsmålinger, der blev foretaget i de to intensivperioder, er angivet i tabellerne 3.3 og 3.4 i afsnit 3.2.2.

Station nr.	Station m	Strækning-længde m	Bundkote m	Energigrad. m/m	Middelbr. m
1	0		38,43		2,0
		500		$6,82 \cdot 10^{-3}$	
2	500		35,02		4,5
		1225		$1,54 \cdot 10^{-3}$	
4	1725		33,13		4,1
		825		$1,65 \cdot 10^{-3}$	
5	2550		31,77		7,6
		1650		$2,33 \cdot 10^{-3}$	
6	4200		27,93		4,5
		1100		$2,5 \cdot 10^{-3}$	
7	5300		25,18		7,7
		2115		$9,0 \cdot 10^{-4}$	
K 1	7415		23,27		6,7
		250		$6,4 \cdot 10^{-4}$	
K 2	7665		23,11		7,1
		575		$5,39 \cdot 10^{-4}$	
K 3	8240		22,80		8,0
		425		$3,06 \cdot 10^{-4}$	
K 4	8665		22,67		7,7

Tabel 3.1 Opmålinger foretaget af Århus amtsvandvæsen den 14. - 17.4.1975.



Figur 3.1 Vandføringer målt ved Salten bro i 1974 af Hedeselskabet

3.2.2 SPORSTOFUNDERSØGELSER

Der er en nøje sammenhæng mellem den hastighed, hvormed et tilført stof transporteres ned ad et vandløb, og vandløbets strømhastighed. På grund af fænomener, som turbulens og advektion, kan der ikke defineres en entydig forbindelse mellem den tid, en stofpartikel eller et "vandelement" har været undervejs, og den vandløbsstrækning, der er tilbagelagt.

For bedre at kunne beskrive transporten i et vandløb anvendes teorien for aksial dispersion, der opererer med begrebet opholdstidsfordeling. En opholdstidsfordelingsfunktion kan opfattes som et udtryk for, hvordan koncentrationen af et momentant doseret stof varierer med tiden i en vandløbsstation nedstrøms for doseringsstationen. Det fænomen, som forårsager, at et stof spredes i transportretningen, kaldes diffusion eller dispersion. Yderligere beskrivelse af dette fænomen er givet i NØRRE Å - rapporten / 8/. Et udtryk for opholdstidsfordelingsfunktionen er:

$$C(t) = C_0 \sqrt{\frac{Pe \cdot T_h}{4 \pi \cdot t}} \exp. \left[- \frac{Pe \cdot T_h}{4 \cdot t} \left(\frac{t}{T_h} - 1 \right)^2 \right]$$

hvor

$C(t)$ er koncentration af sporstof som fkt. af tiden g/m^3 .

C_0 er mængde doseret sporstof/(H · B · L) g/m^3 .

H er strækningens middeldybde m.

B er strækningens middelbredde m.

L er afstanden mellem doseringspunkt og observationspunkt for fordelingskurven m.

T_h er middelopholdstiden sek.

t er tiden sek.

Pe er Pecléts tal, defineret som $Pe = \frac{V \cdot L}{D_L}$

V er middelstrømhastigheden m/sek.

D_L er den longitudinale dispersionskoefficient $m^2/sek.$

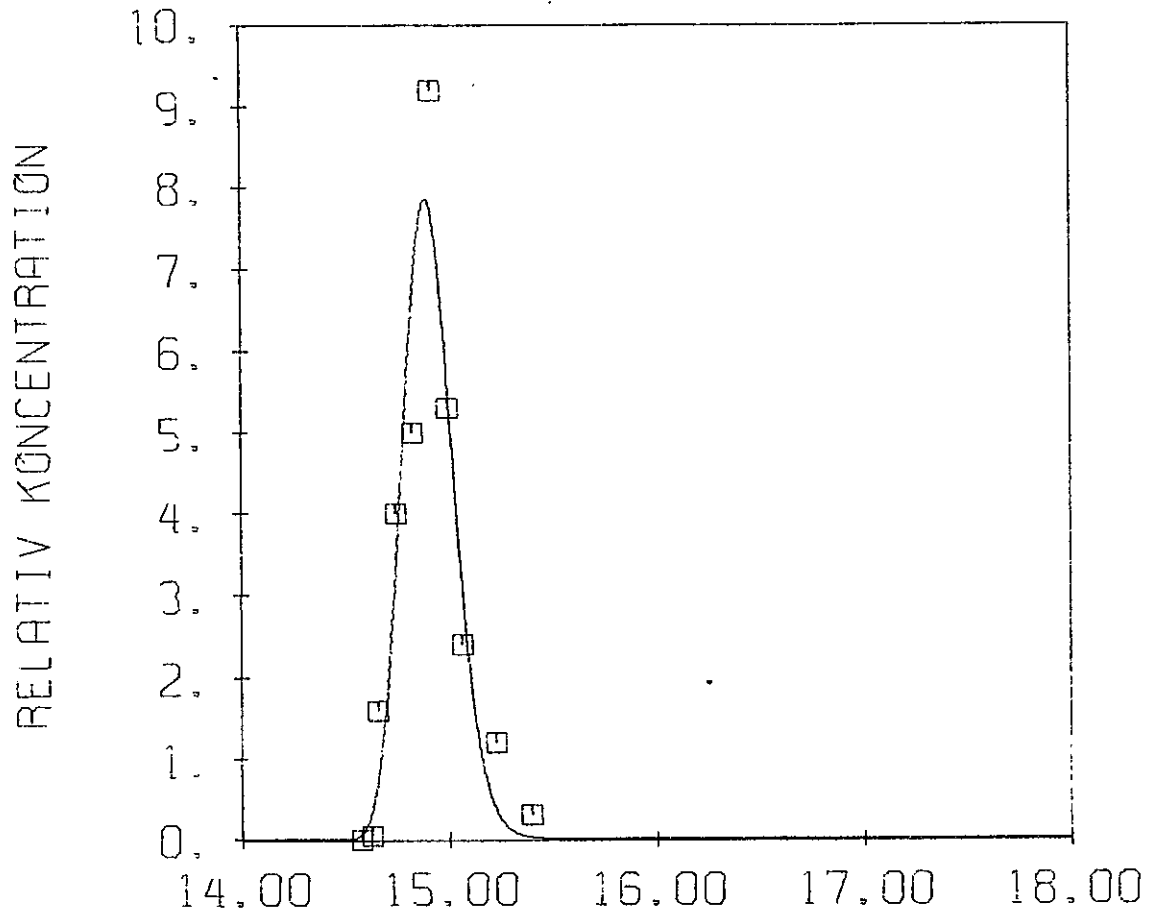
Eftersom $V = T_h/L$, ses at de to parametre, som styrer udseendet af opholdstidsfordelingskurven, og som kan anvendes til at beskrive stoftransporten i et vandløb, er T_h og D_L , når den aksiale dispersionsmodel akcepteres.

Ved Salten å blev der foretaget sporstofundersøgelser i de to intensive måleperioder for at få bestemt transportforholdene.

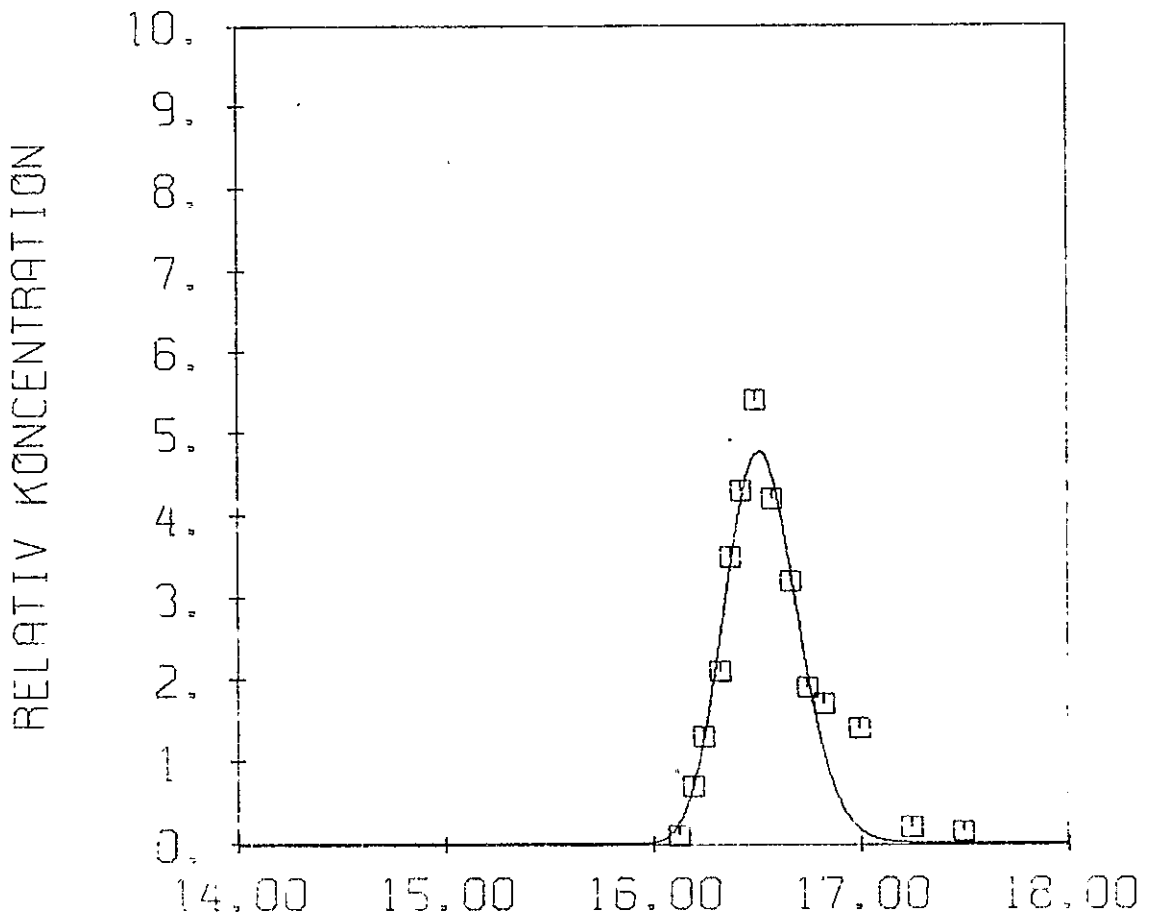
I april 1975 blev der doseret sporstof af VKI i station 2¹, som ligger 20 m oven for station 2, kl. 10.11 og i station 7 kl. 16.56. Observationer, d.v.s. prøveudtagning til laboratorieanalyser, skete i stationerne 4, 6 og 9.

I august blev der doseret sporstof i station 7 kl. 13.40, og prøveudtagningen skete i station 10 og i station 9 ved Salten bro.

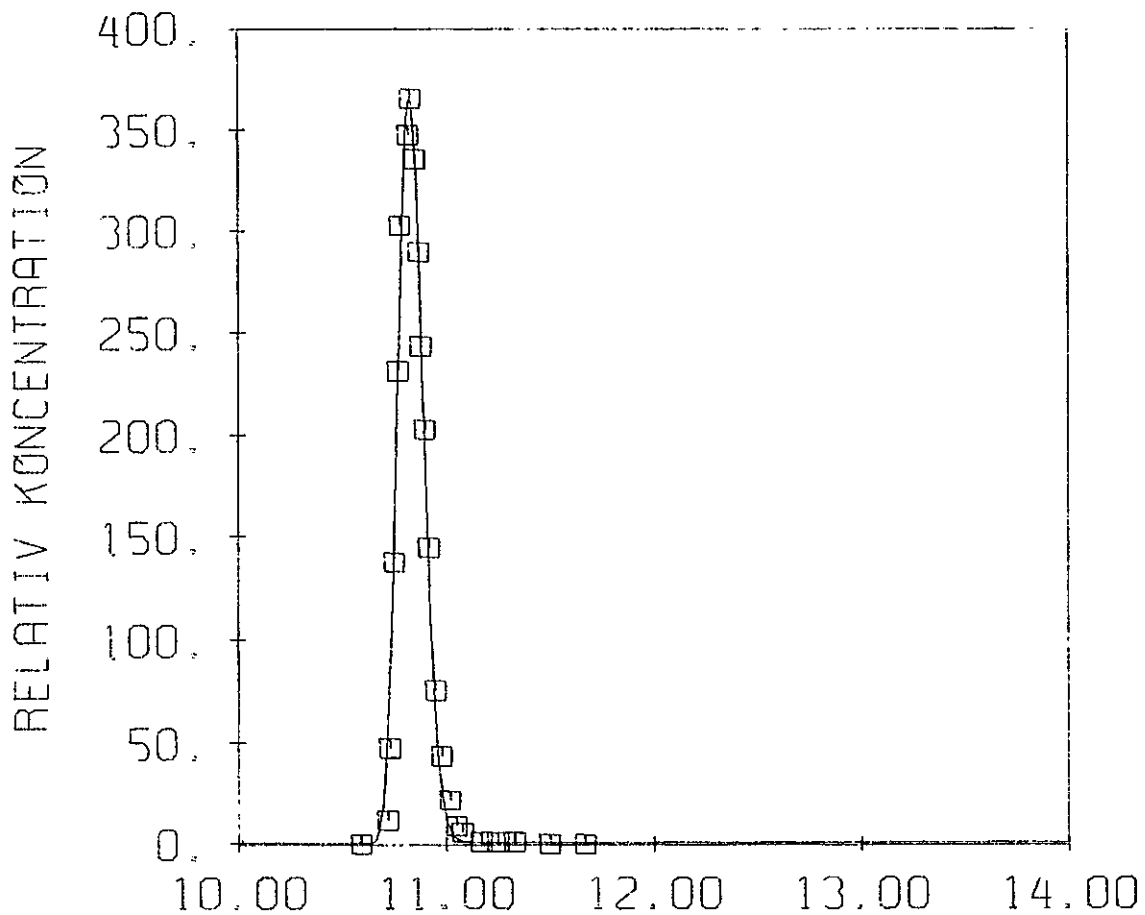
De anvendte sporstoffer var Rhodamin B og Uranin, som begge er kraftige farvestoffer. Figurerne 3.2 til 3.6 viser de opholdstidsfordelingskurver, der er beregnet på grundlag af de observerede punkter.



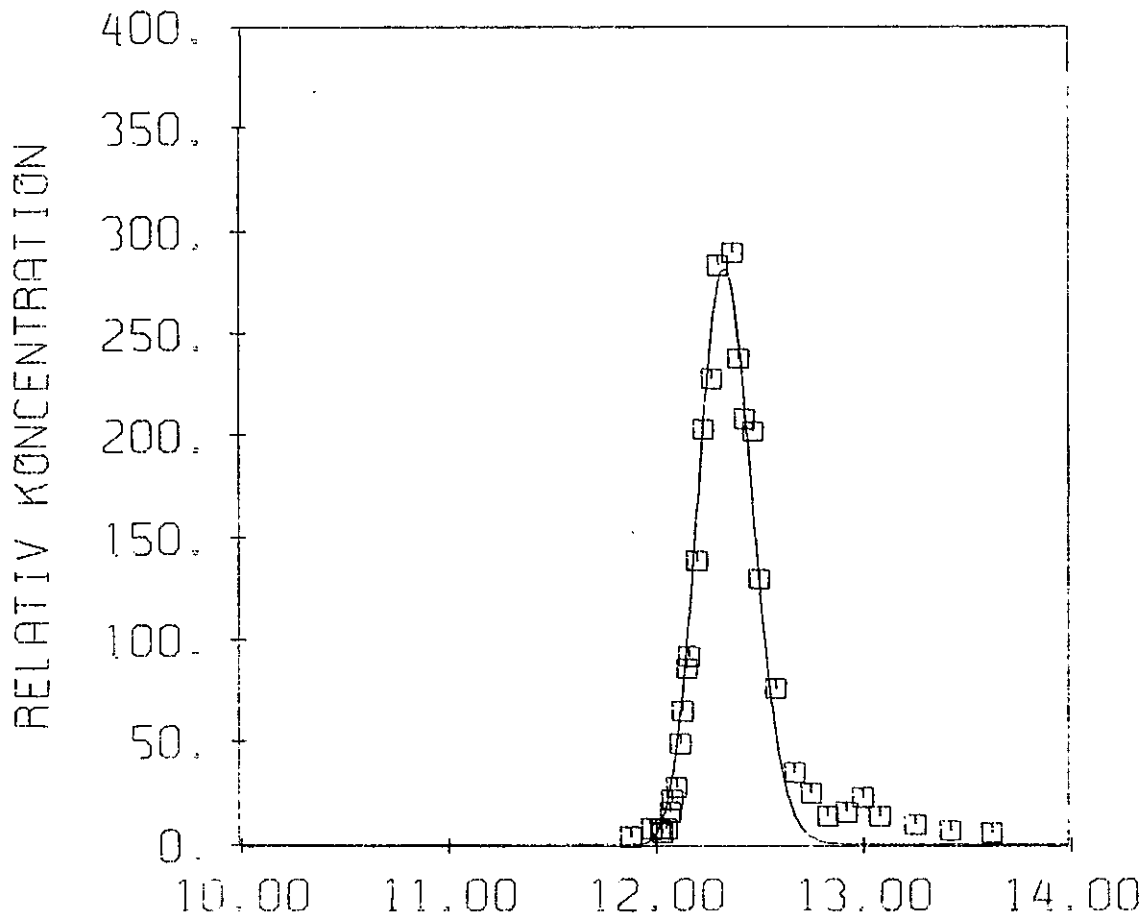
Figur 3.2 TIDSPUNKT ST10 AUG SAL



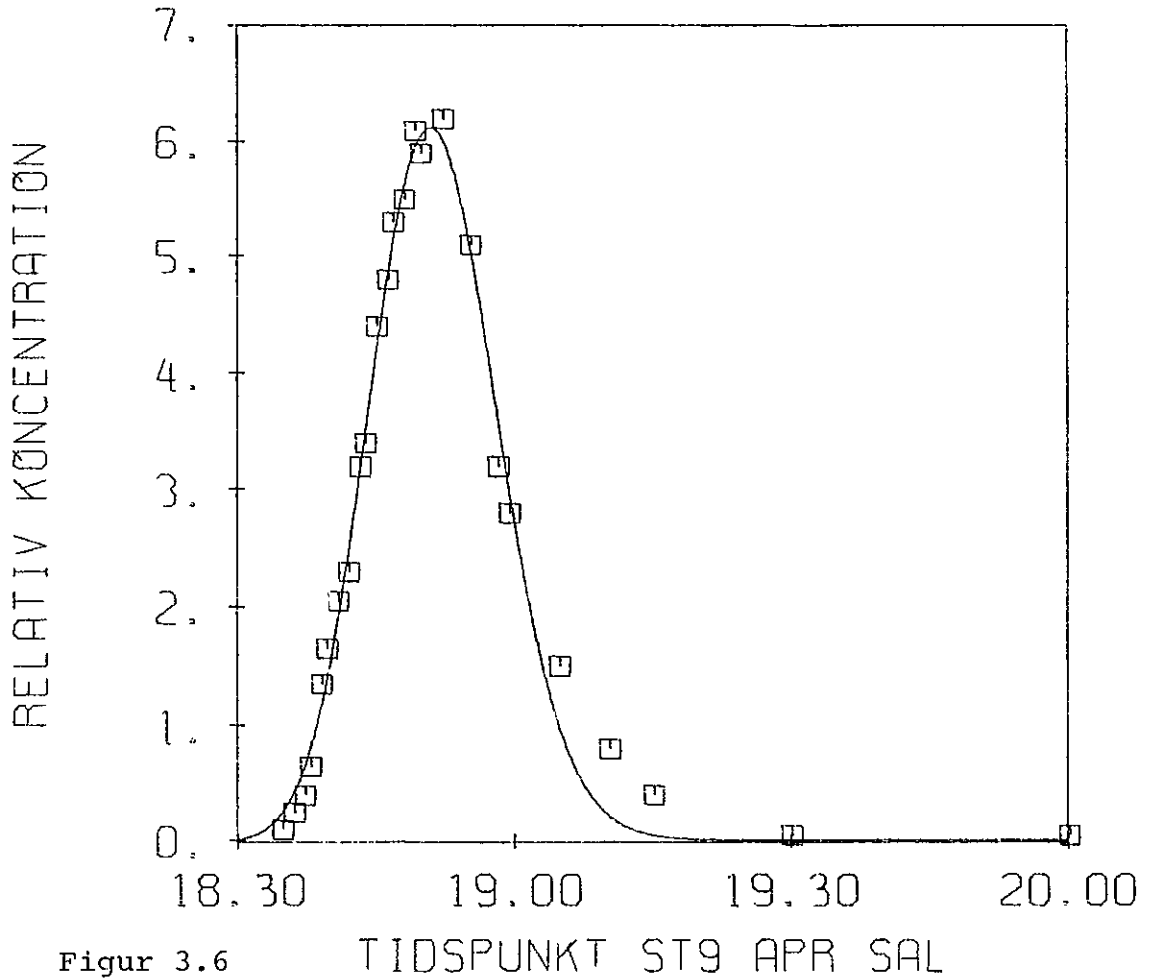
Figur 3.3 TIDSPUNKT ST9 AUG SAL



Figur 3.4 TIDSPUNKT ST4 APR SAL



Figur 3.5 TIDSPUNKT ST6 APR SAL



Figur 3.2 til 3.6

Sporstofmålinger på Salten å i henholdsvis august 1975 og april 1975. Kurverne er regressionskurver beregnet på basis af målte værdier, som er symboliseret med kvadrater. Beregningsresultater i tabel 3.2.

Doserings- st.	tids- punkt	dato	sporstof	Stræk- ning	T _h timer	L m	V m/s	Pe $\frac{V \cdot L}{D_L}$	D _L m ² /s	Bemærk- ninger
2'	10.41	16.4.75	Rhodamin	2'-4	0,65 ^{*)}	1225	0,52	223 ^{*)}	2,9	målt
					2,17 ^{*)}	3700	0,47	534 ^{*)}	3,3	målt
					1,52	2475	0,45	333 ^{**)}	3,3	beregnet
7	16.56	16.4.75	Uranin	7 -9	1,92 ^{*)}	3755	0,54	511 ^{*)}	4,0	målt
7	13.40	26.8.75	Uranin	7-10	1,23 ^{*)}	1640	0,37	170 ^{*)}	3,7	målt
					2,86 ^{*)}	3755	0,36	407 ^{*)}	3,3	målt
					1,63	2115	0,36	236 ^{**)}	3,2	beregnet

Tabel 3.2 Resultater af sporstofundersøgelse af Salten å.

De med *) mærkede tal er bestemt ved regressionsanalyse på punkter og teoretisk kurve, mens de med **) er beregnede ved "spredningsdifferensmetoden", se Levenspiel / 4/.

St. nr.	Strækning m	Energi- gradient m/m	Mid- del dybde m	Mid- del bredde m	Middel vand- føring m ³ /s	Middel strøm- hast. m/s	Manning- tal m ^{1/3} /s	Peclet- tal	Disper- sions- koeffi- cient m ² /s	Trans- porttid gennem st. timer	Trans- porttid fra start timer	Afstand fra start m
2	440			4,5	0,769		30,6				0,25*)	500
3*		$1,5 \cdot 10^{-3}$			(0,887)	0,52		223	2,9	0,65		940
3*	785			4,1	(1,275)		22,7				0,90	1725
4					1,485							
4	825	$1,7 \cdot 10^{-3}$										2550
5				7,6		0,47	16,7	333	3,3	1,52	2,42	4200
5	1650	$2,3 \cdot 15^{-3}$		4,5	1,590							
6												
6	1100	$2,5 \cdot 10^{-3}$								0,60*)	3,02	5300
7				7,7	1,751	0,65	47,6					
7	475	$8,5 \cdot 10^{-4}$										5775
8*						0,65		511	4,0			
8*	1165	$8,5 \cdot 10^{-4}$		7,7			45,9					6940
8						0,48	37,3			1,92	4,94	9055
10	2115	$4,8 \cdot 10^{-4}$		7,6	1,880							
9												

Tabel 3.3 Hydrauliske og geometriske data for Salten å 14. - 15.4.75 på strækningen fra station 2 til station 9, Salten Bro.

*) skønnede tal.

St. nr.	Middel vandføring m ³ /s	Middel strømhast. m/s	Manning-tal m ^{1/3} /s	Peclet-tal	Dispersionskoefficient m ² /s	Transporttid gennem st. timer
2	0,669		19,1			-
3*	(0,705)			-	-	-
3*	(0,848)		16,4			
4	0,913					
4						
5						
5			14,6	-	-	-
6	0,963					
6						
7						
7		0,37	24,9	170	3,7	} 2,86
8*		0,37	23,9	170	3,7	
8*	1,224	0,36	30,1	236	3,2	
10						
9	1,253					

Tabel 3.4 Hydrauliske og geometriske data for Salten å 27. - 28.8.75 på strækningen fra station 2 til station 9, Salten Bro.

Tabel 3.2 indeholder resultaterne af disse beregninger. Selve parameterbestemmelsen er foretaget som en mindste kvadraters metode på funktionsudtrykket for opholdstidsfordelingen.

Tabellerne 3.3 og 3.4 indeholder de vigtigste hydrauliske data for Salten å, som de blev målt i intensivperioderne. Forskellene ses på vandføring og hastighed, som er mindre i august. Vandføringens årsvariation er dog ikke særlig stor i forhold til vandløb med ringe grundvandstilførsel.

Dispersionskoefficienten er ikke meget mindre om sommeren end i foråret. Dette betyder, at opblandingen på langs i vandløbet er den samme ved de målte vandføringer og hastigheder.

Resultaterne fra tabel 3.4 er anvendt i den modelopstilling, der er gennemgået i afsnit 5.

3.3 VANDKEMI OG STOFTRANSPORTER

3.3.1 INTENSIVE UNDERSØGELSER

De intensive undersøgelser i april og august 1975 omfattede registrering af en række kemiske tilstandsvariabler, som blev bestemt på hver enkelt station over et døgn med størst intensitet i dagtimerne, hvor fodring og fiskenes aktivitet i dambrugene var størst. Måleaktiviteten var desuden størst i august måned, hvor dambrugene var i drift.

Alle de målte tilstandsvariabler er indlagt i den samlede Gudenå-database.



Salten å ved Salten Bro, februar 1974.

Med hensyn til koncentrationerne af de målte variabler kan det bemærkes, at koncentrationen af opløst ilt ikke har været særlig lav, men har været over 6 mg/l det meste af tiden og på intet tidspunkt under 5 mg/l ved de undersøgte stationer.

Næringsstofferne fosfor og kvælstof samt organisk stof, (BI_5), stiger i koncentration indtil st. 4 for derpå at blive nogenlunde konstante.

Tabellerne 3.5 og 3.6 viser middelværdier af koncentrationer fra de intensive målinger for nogle af tilstandsvariablerne. Døgnvariationer for de enkelte variabler antoges at være ringe i april måned, hvor dambrugene ikke var i drift, hvorfor der ikke blev målt mere end 4 gange pr. døgn pr. station i denne første periode.

I august, hvor dambrugene var i drift, måtte det antages, at døgnvariationen af de målte næringsstoffer samt af organisk stof var betydelig. På figurerne B 3.1 til B 3.30 (se bilag) er vist døgnvariation af transporten af næringsstoffer og BI_5 . Da vandføringerne er antaget konstante i tiden for hver enkelt station, er transporterens variation umiddelbart et udtryk for koncentrationernes variation.

Vedrørende fortolkningen af kurvernes udseende i relation til dambrugenes fodringstidspunkter henvises til afsnit 4.

"Basis"-transporten af stofferne for hver station er fremkommet som et skøn, idet der på grundlag af døgnvariationskurverne er skønnet et basis-niveau, som koncentrationstoppene rager op over; "basis"-niveau ligger i nærheden af minimumsniveauet.

St.	April						
	Vandf. m ³ /s	NH ₃ -N mg/l	NO ₂ + NO ₃ -N mg/l	Org. N mg/l	Tot.-N mg/l	Tot.-P mg/l	BI ₅ mg/l
1	-	0,02	0,25	0,49	0,76	-	0,4
2	0,769	0,01	0,29	0,05	0,35	0,18	1,4
3	0,388	0,01	0,54	0,75	1,30	0,18	6,3
4	1,485	0,02	0,38	0,39	0,79	0,17	2,6
5	-	-	-	-	-	-	-
6	1,590	0,01	0,45	0,39	0,85	0,13	2,2
7	1,751	0,01	0,45	0,17	0,63	0,17	2,0
8	0,108	0,30	0,35	0,38	1,03	0,19	2,6
10	-	-	-	-	-	-	-
9	1,880	0,02	0,47	0,21	0,70	0,11	2,3

Tabel 3.5 Middelvandføringer og middelkoncentrationer af vigtige tilstandsvariabler for Salten å i det intensive måledøgn i april 1975.

St.	August						
	Vandf. m ³ /s	NH ₃ -N mg/l	NO ₂ + NO ₃ -N mg/l	Org. N mg/l	Tot.-N mg/l	Tot.-P mg/l	BI ₅ mg/l
1	0,412	0,07	0,17	0,07	0,31	0,14	0,8
2	0,669	0,41	0,17	0,30	0,88	0,24	3,6
3	0,143	0,16	0,22	0,64	1,02	0,61	2,5
4	0,913	0,26	0,19	0,34	0,79	0,22	2,6
5	-	0,37	0,19	0,47	1,03	0,23	3,3
6	0,963	0,35	0,27	0,42	1,04	0,18	3,2
7	-	0,41	0,30	0,45	1,16	0,17	3,3
8	0,081	0,61	0,12	0,76	1,49	0,26	3,8
10	1,224	0,34	0,29	0,34	0,97	0,14	2,8
9	1,253	0,28	0,33	0,38	0,99	0,17	3,1

Tabel 3.6 Middelvandføringer og middelkoncentrationer af vigtige tilstandsvariabler for Salten å i det intensive måledøgn i august 1975.

Tilførslen af total-P, total-N og BI_5 mellem to stationer skønnes da som middeltransporten i den nedstrøms station minus "basis"-transporten i den samme station.

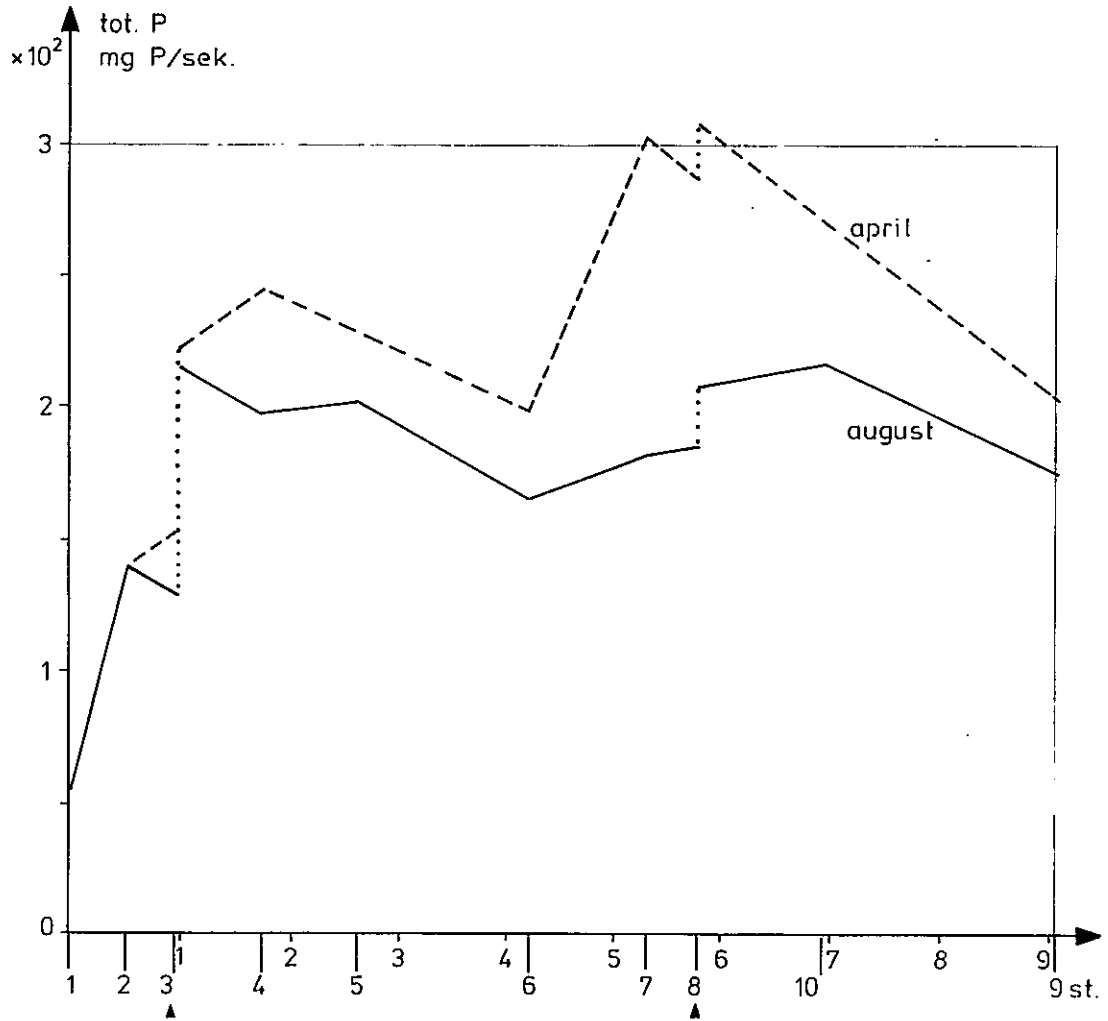
For at sammenligne stoftransporten i Salten å i de to perioder (med og uden dambrugsbelastning) er angivet figurerne 3.7 til 3.12. Hver af figurerne indeholder to kurver, som viser transporten af et givet stof langs Salten å.

Karakteristisk for transportkurverne er, at kun kurverne for nitrat-nitrit og kurverne for ammoniak viser markante forskelle i de to perioder, mens BI_5 , total-N, organisk N og total-P transporterne synes at være de samme, hvad enten dambrugene er i drift eller ikke. Forklaringen gives i det nedestående.

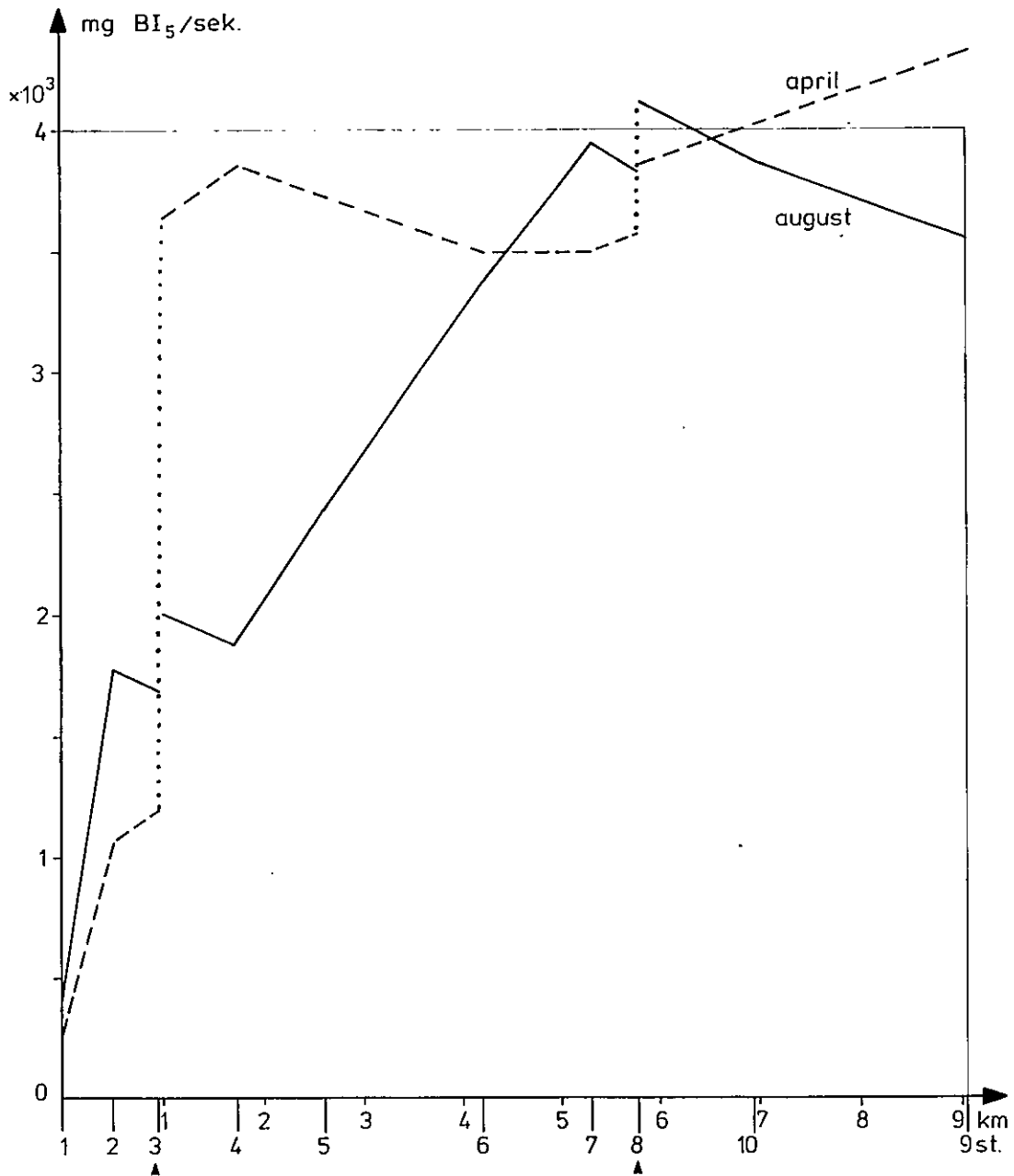
Nitrat-afstrømningen er størst i foråret, delvis fordi drænvandsafstrømningen er størst om foråret. At ammoniakafstrømningen er størst, når dambrugene er i drift, skyldes, at dambrug belaster recipienten med ammoniak. Større biologisk aktivitet om sommeren, d.v.s. nedbrydning af organisk stof bl.a. i åen, kan dog også medvirke til at forøge ammoniakmængden i åen.

Betragtes stoftransporterne af total-fosfor, BI_5 , total kvælstof og organisk kvælstof i de to perioder, må det sluttes, at middeltransporten i mg/sek ikke er signifikant forskellig. Dette er dog ikke ensbetydende med, at dambrugene langs åen ikke belaster åen med ovennævnte stoffer, hvilket fremgår af figur 3.13.

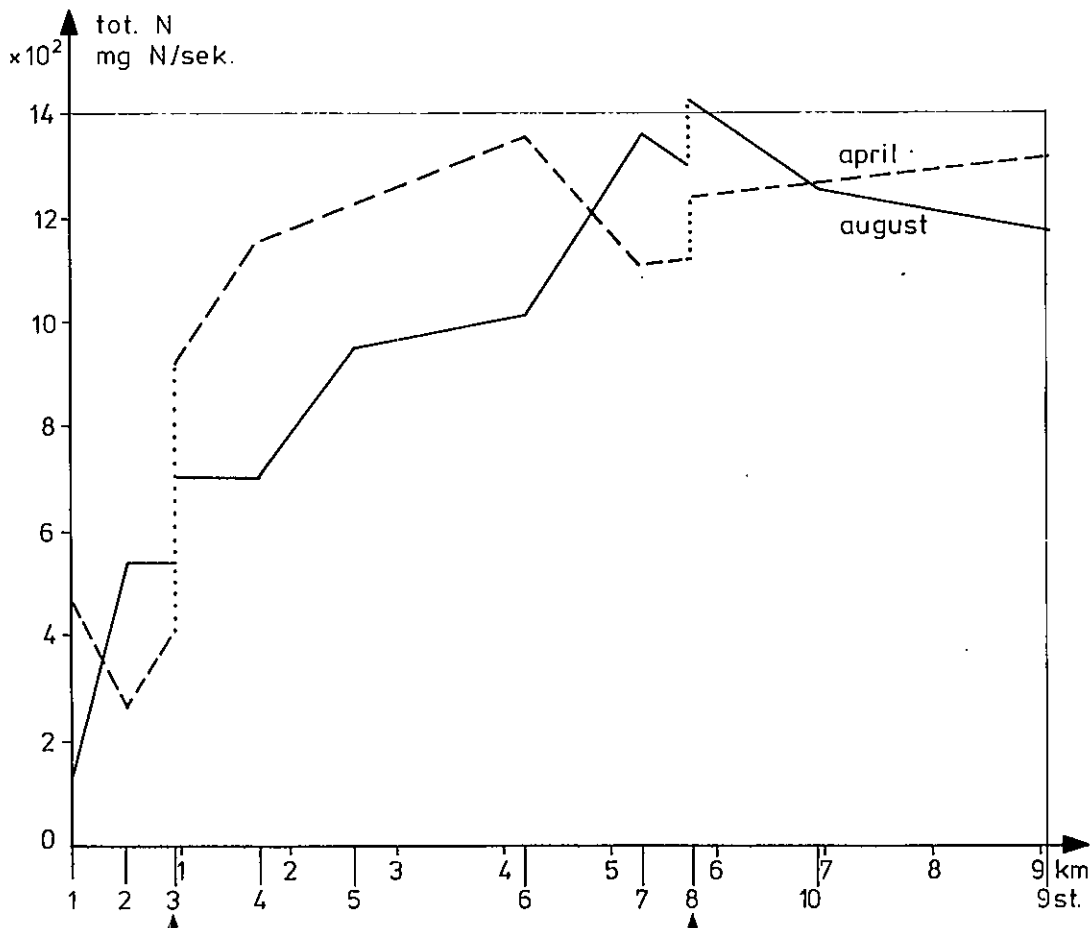
På denne figur er transporterne vist som søjler. Første og femte søjle i hver række repræsenterer



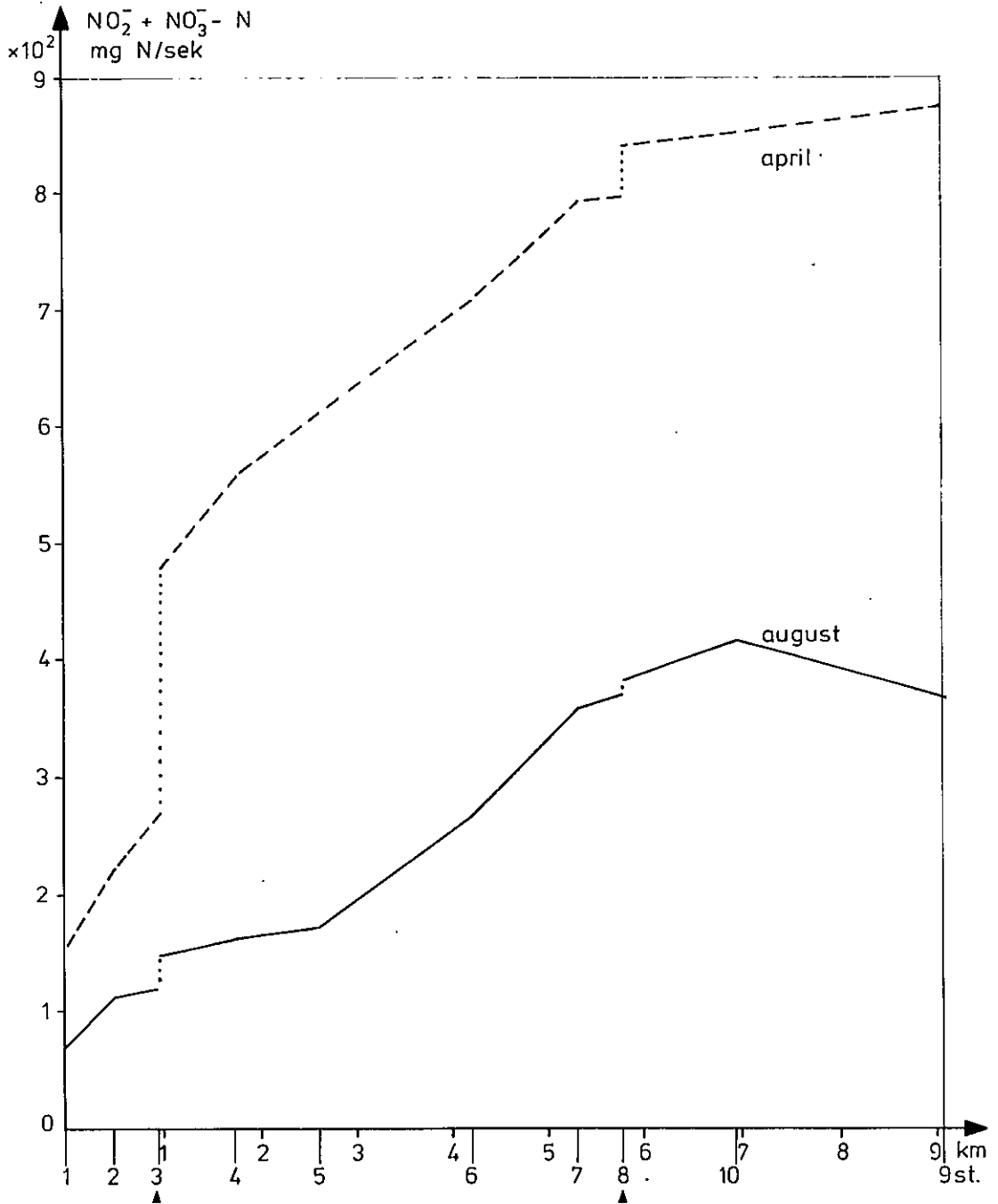
Figur 3.7 Middeltransport af fosfor i Salten å den 14.4.-15.4.1975 og den 27.8.-28.8.1975.



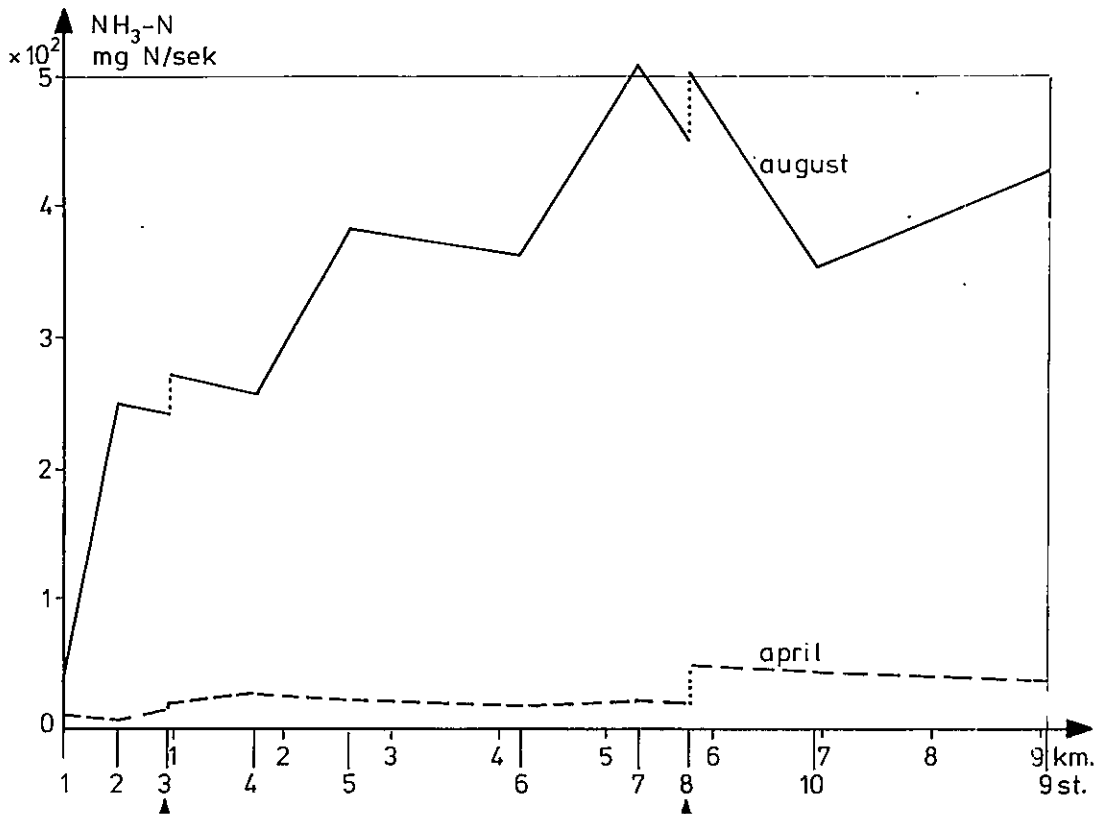
Figur 3.8 Middeltransport af BI₅ i Salten å den 14.4.-15.4.1975 og den 27.8.-28.8.1975.



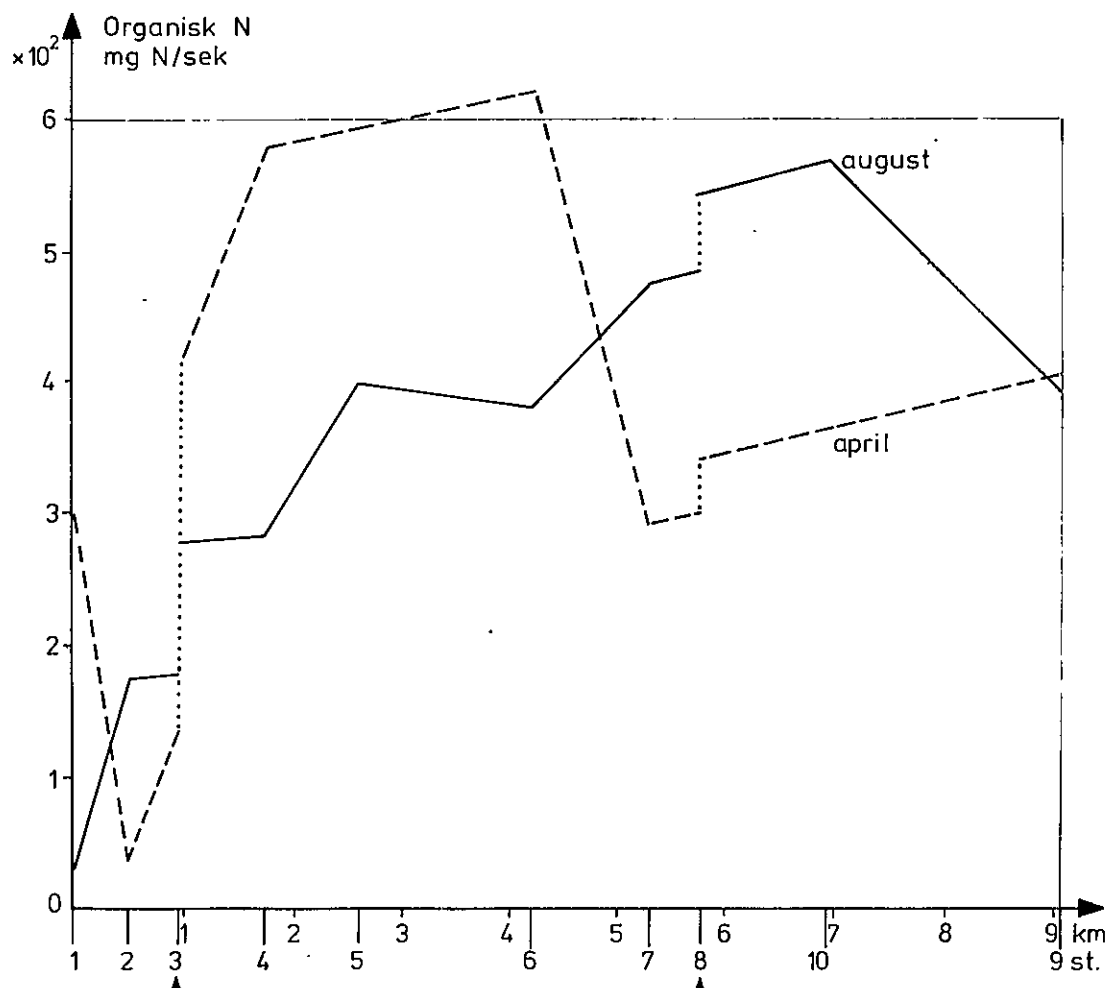
Figur 3.9 Middeltransport i Salten å af total-
kvælstof den 14.4. - 15.4.1975 og
den 27.8. - 28.8.1975.



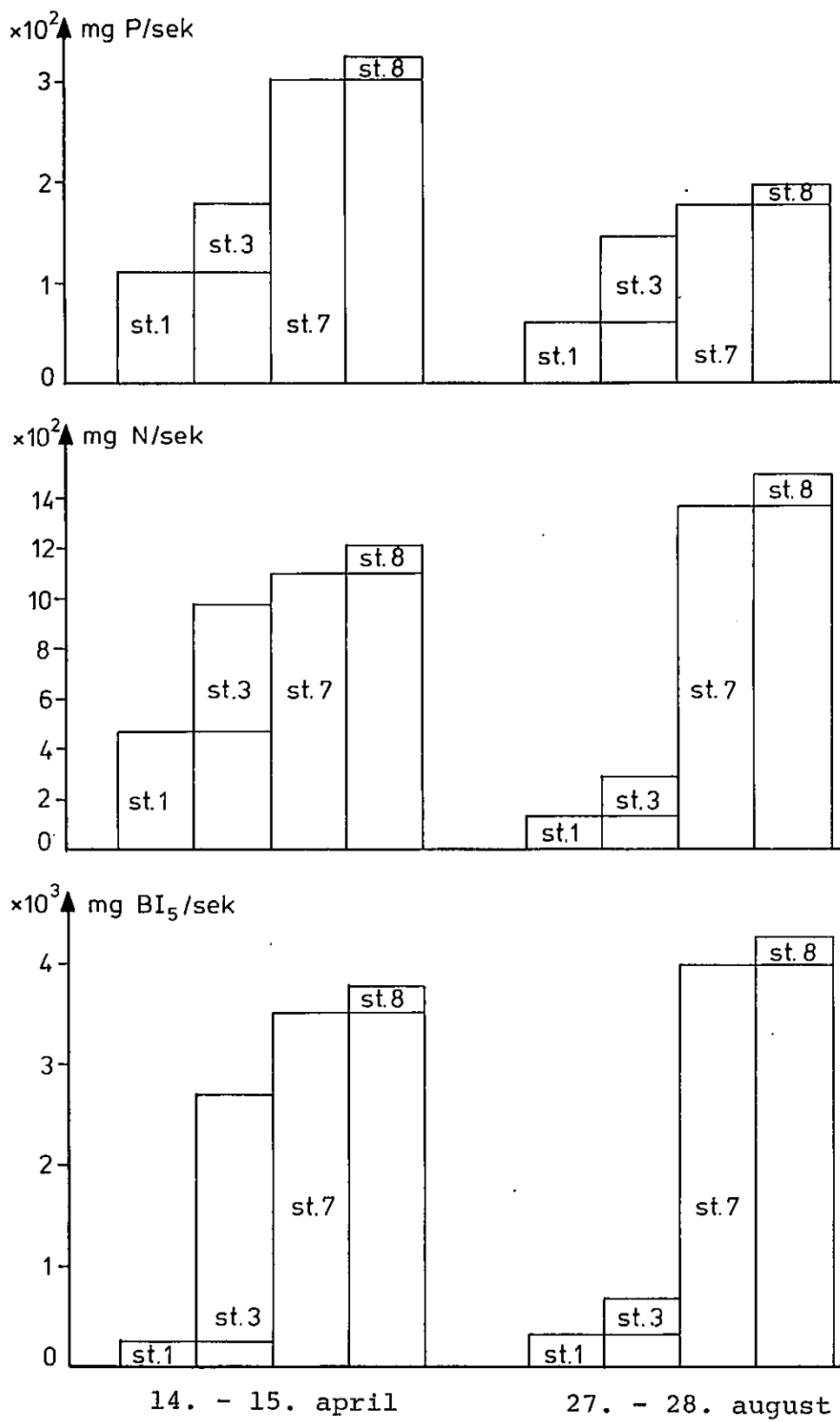
Figur 3.10 Middeltransport i Salten å af nitrit + nitrat-kvælstof den 14.4. - 15.4.1975 og den 27.8. - 28.8.1975.



Figur 3.11 Middeltransport af ammoniak-kvælstof i Salten å den 14.4. - 15.4.1975 og den 27.8. - 28.8.1975.



Figur 3.12 Middeltransport af organisk-kvælstof i Salten å den 14.4. - 15.4.1975 og den 27.8. - 28.8.1975.



Figur 3.13 Målte stoftransporter til Salten å af total-P, total-N og BI₅, i april og august 1975.

de målte transporter ved station 1 henholdsvis 14. - 15. april og 27. - 28. august. Anden og sjette søjle viser summen af målte transporter ved station 2 og bidrag fra station 3. Tredie og syvende søjle viser den transport, der er målt ved station 7, og fjerde og sidste søjle i hver række viser summen af transporten ved station 7 og bidrag fra station 8.

Fosfortilførsel fra Lystrup å er tilsyneladende nogenlunde den samme i de to perioder, hvorimod kvælstof og BI_5 tilføres i større mængder om foråret end sidst på sommeren.

Differencen mellem de målte transporter ved station 7 og tilførslerne fra station 1 og station 3 er et udtryk for tilførslen på Salten å-strækningen 1 - 7, når der ikke tages hensyn til opbygning af plante-biomasse og BI_5 -nedbrydning på strækningen. At fosforbidraget fra strækning 1 - 7 i august er så lille, som det fremgår, skyldes, dels at planter og andre organismer optager P, og dels at der sker en vis udfældning på strækningen. Bidragene til belastningen med P, N og BI_5 på strækning 1 - 7 den 14. - 15. april 1975, som fremgår af søjlerne, skyldes diffuse ikkekontrollerbare kilder, idet dambrugene da var ude af drift. BI_5 og N tilgår i betydeligt større mængde på strækning 1 - 7 i august end i april, d.v.s. dambrugsdriften påvirker belastningen markant. Den virkelige belastning på strækning 1 - 7 er større, end det fremgår af søjlerne på grund af stofomsætninger og sedimentation.

Bidrag fra station 8 er tilført fra Krude mølle dambrug. Dette dambrug var i drift også i april, hvilket forklarer, at bidragene fra stationen er de samme i de to intensive måledøgn.

Transporten ved station 7 viser kun lidt variation i de to måledøgn på trods af de for åen vidt forskellige forhold. N- og BI_5 -belastningen kommer imidlertid i april især fra Lystrup å, der afvander Kvindsø og Kulsø. Af de ca. 3.000 PE spildevand, som tilgår Salten å, kommer ca. 2/3 via Lystrup å gennem de to søer. Om foråret er opholdstiden og temperaturen i søerne mindre, hvorfor nedbrydningen af BI_5 i søerne også bliver mindre. BI_5 -afløb fra søerne bliver da større end om sommeren. Den forøgede N-tilførsel fra Lystrup å om foråret skyldes den forøgede afstrømning.

For at opstille en belastningsfordeling for den 27. - 28. august for P, N og BI_5 for Salten å beregnes hver delstræknings belastningsbidrag for dette måledøgn som differencen mellem den nedstrøms stations middeltransport og basistransport^{*)}. Belastningsbidragene fra strækningerne opstrøms station 1, 3 og 8 er bestemt som middelaflømningerne i de tre stationer. På strækningen 5 - 6 er der ingen dambrug, hvorfor belastningsberegningen ved "basis"betragtninger ikke kan anvendes. Den diffuse P-belastning på strækning 5 - 6 er skønnet til ~ 0 (< 1 mg P/sek). På figurerne 3.14, 3.15 og 3.16 er afbildet bidragene fra hver enkelt delstrækning og betydende sidetilløb samt bidragenes procentvise fordeling.

"Basis"betragtningerne er taget i anvendelse for at udskille diffuse og i tiden jævnt fordelte tilledninger eventuelt drænvand og overfladisk afstrømning. Teknikken er behæftet med en vis usikkerhed, men den tjener som en metode til at give et bedste skøn for belastningsfordelingen.

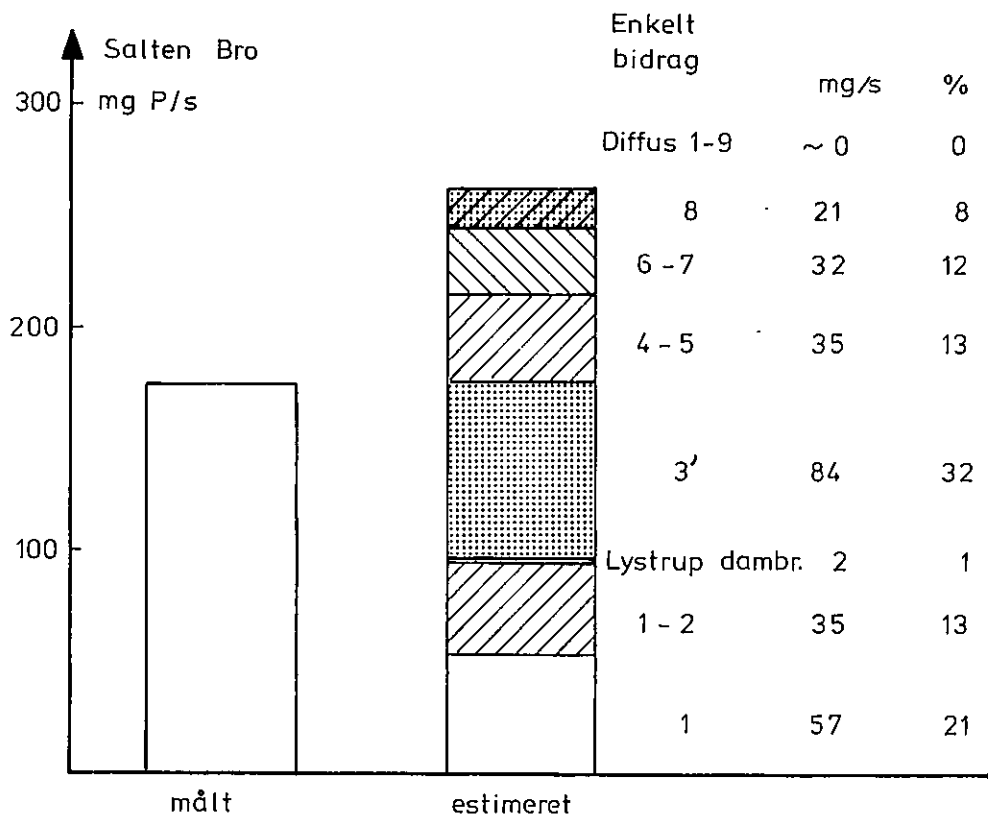
*) Se side 26.

Tilvæksten af total-N på strækning 5 - 6, der er uden dambrugsbelastning, er 61 mg N/sek, svarende til 0,037 mg/sek/lbm. Antages den diffuse tilledning på strækning 5 - 6 for repræsentativ for hele strækning 1 - 9, skønnes den diffuse tilførsel langs Salten å strækning 1 - 9 til $0,037 \cdot 9,055 = 335$ mg total N/sek.

Den diffuse tilledning af total P er lille, ~ 0 .

Den diffuse tilførsel af BI_5 kan ikke skønnes med strækning 5 - 6 som grundlag, da denne ikke kan betragtes som værende repræsentativ for hele åen. Årsagen er, at en del af de stoffer, der udledes opstrøms station 5, først findeles og suspenderes på strækning 5 - 6.

Det diffuse bidrag af BI_5 til Salten å den 27. - 28. august skønnes at være identisk med BI_5 -indholdet i spildevandet fra de ca. 500 PE, som bor i området. 60 g/PE/døgn giver i alt 350 mg BI_5 /sek, når udledningen regnes jævnt fordelt over døgnnet.



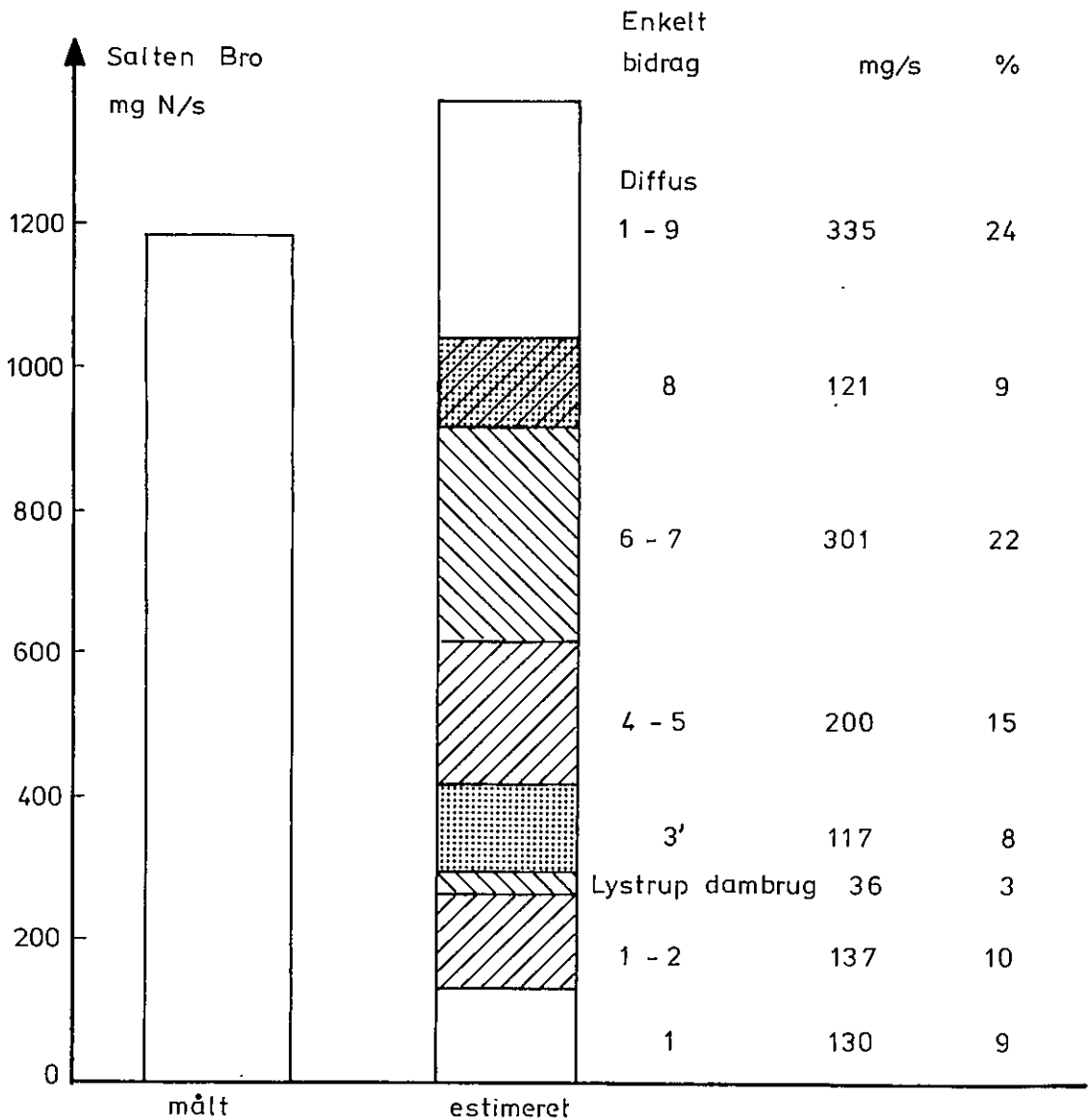
Figur 3.14

Enkeltbidrag til totalfosforbelastningen af Salten å den 27. - 28.8.1975.

1. søjle viser den målte transport ved Salten Bro.

2. søjle viser de estimerede enkeltbidrag.

Bidragene fra station 1, 3 og 8 er bestemt på grundlag af middeltransporterne ved disse tre stationer. Dambrugsbidragene på strækningerne, de skraverede elementer i søjlen, er bestemt som middeltransporten på den station, der ligger nedstrøms de(t) pågældende dambrug, minus basistransporten i den samme station. Da den målte transport i station 9 er mindre end den estimerede, må en del fosfor indbygges i planter på strækningen.

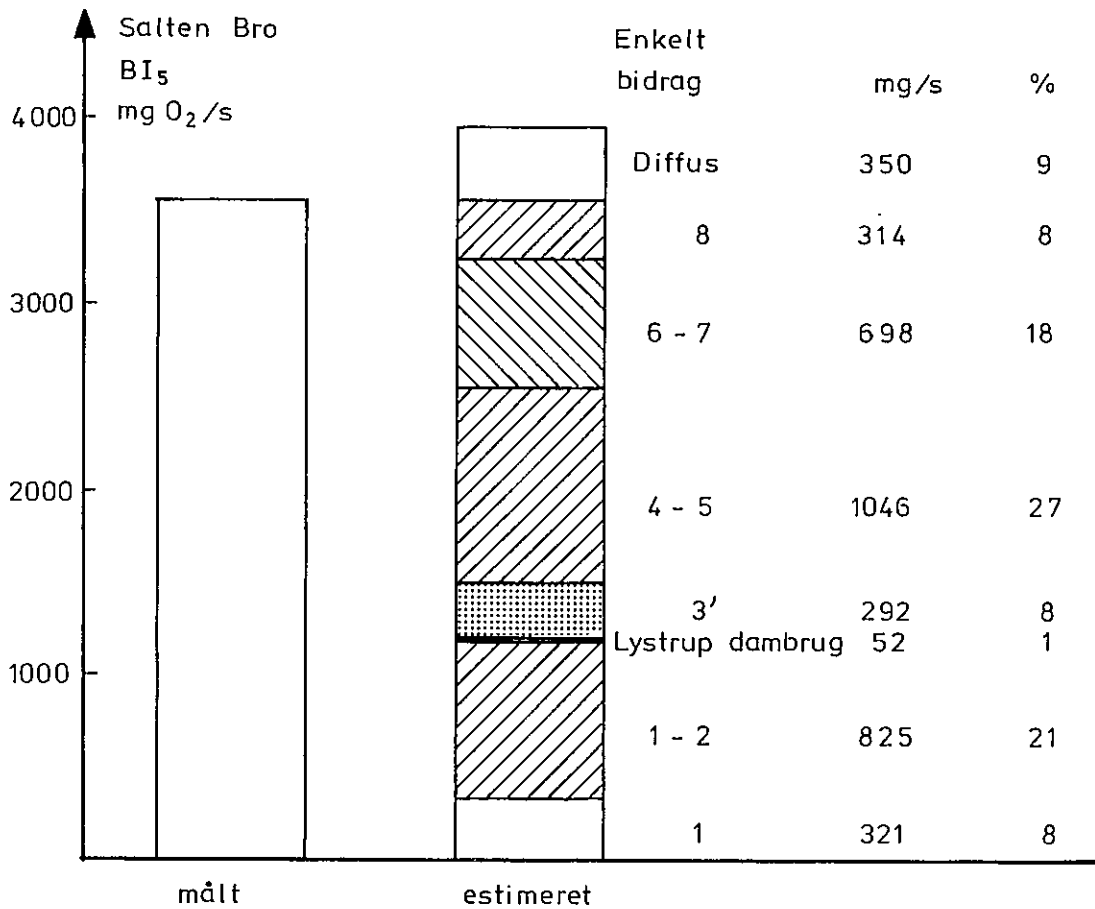


Figur 3.15 Enkeltbidrag til total-kvælstofbelastningen af Salten å den 27. - 28.8.1975.

1. søjle viser den målte transport ved Salten Bro.

2. søjle viser den summerede estimerede transport.

Se forklaring figur 3.14, side 40.



Figur 3.16 Enkeltbidrag til BI₅-belastningen af Salten å den 27. - 28.8.1975.

1. søjle viser den målte transport ved Salten Bro.

2. søjle viser de estimerede enkeltbidrag.

Se tekst til figur 3.14, side 40.

Der sker nedbrydning af BI₅ i åen, hvilket forklarer forskellen mellem den målte og den estimerede transport ved Salten Bro.

Tabel 3.7 indeholder den procentvise belastningsfordeling for Salten å, men kun for den 27. - 28. august 1975.

I total-N og BI₅-fordelingerne er der således taget hensyn til en estimeret diffus tilstrømning. Den diffuse tilstrømning af fosfor har ikke kunnet estimeres, men er skønnet til ~ 0.

	Total-N	Total-P	BI ₅
Station 1	9 %	21 %	8 %
Kulsø	8 %	32 %	8 %
Dambrug	59 %	47 %	75 %
Diffus tilledning	24 %	~ 0 %	9 %
I alt	100 %	100 %	100 %

Tabel 3.7 Belastningsfordeling for kvælstof, fosfor og BI₅ til Salten å den 27. - 28. august 1975.

De procentvise fordelinger af total-N og total-P i tabel 3.7 svarer ikke helt til de procentvise fordelinger i tabel 4.3, hvilket skyldes, at den 27. - 28. august 1975 ikke er repræsentativ for hele året, hvad angår N- og P-afstrømning.

3.3.2 STOFTRANSPORT VED SALTEN BRO 1974

I forbindelse med stoftransportundersøgelserne i 1974 er der udtaget døgngennemsnitsvandprøver ved Salten bro ca. hver 14. dag. Desuden er vandføringen bestemt ved kontinuerede målinger. På figurerne 3.17, 3.18 og 3.19 er optegnet stoftransportkurverne (1974) for henholdsvis total-fosfor, total-kvælstof og organisk stof målt som kemisk iltforbrug med KMnO_4 (KIF) ved Salten bro.

Total fosfor-transporten viser ingen systematisk årsvariation, men sammenligning med figur 3.1 viser afhængighed mellem P-transporten og vandføringen, jævnfør bemærkning om transporten fra Kulsø. Den samlede årstransport af P i 1974 er af størrelsesordenen 8,0 ton P/år \sim 645 g/ha/år.

Total kvælstof-transporten varierer efter den årsvariation, som er karakteristisk for mange vandløb, se f.eks. /5/+6/, lav transport i sommerperioden og stor transport i forårs- og efterårsperioden. Variationerne i sommerperioden svinger i takt med såvel fosfor- som KIF-transporten, hvilket skyldes dels dambrugsdriften og dels spildevandsbelastningen.

Den samlede årstransport i 1974 udgør ca. 50,9 ton N/år svarende til 4,1 kg/ha/år.

Transporten af organisk stof (KIF) viser en årsvariation svarende til kvælstoftransporten, idet denne dog er overlejret fluktuationer, som følger næringsstofsvingningerne. Årstransporten af organisk stof udgør ca. 154 tons.

Beregnes herefter N- og P-tilførslerne til Salten Langsø, fås:

N-tilførsel 68,7 ton/år

P-tilførsel 9,2 ton/år.

Beregningerne fremgår af tabel 3.8 hvor N- og P-tilførsler 1972 og 1973 bestemt af Ferskvandsbiologisk Laboratorium, Hillerød, / 1/, også er anført.

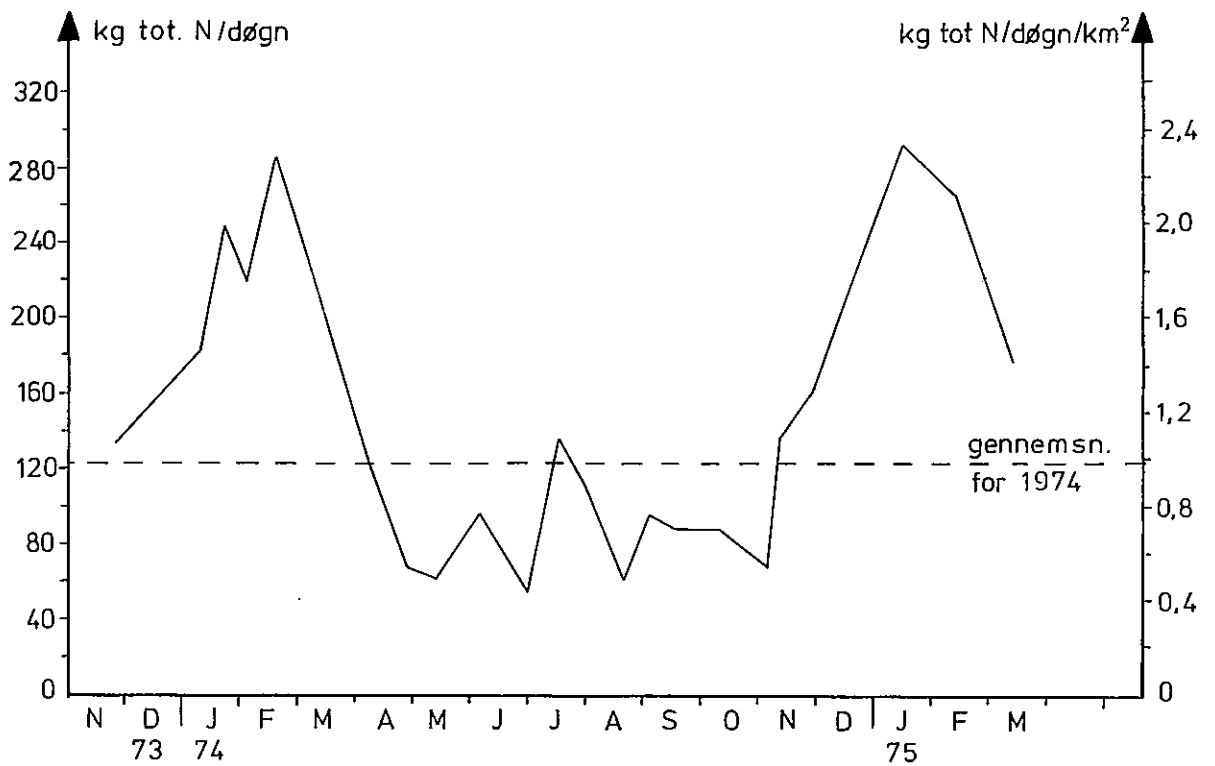
For 30 km² opland direkte til Salten Langsø er skønnet en diffus tilførsel af N = 5 kg N/ha/år og P = 0,1 kg P/ha/år, idet området overvejende består af skovarealer.

	N t/år	P t/år
Salten bro	50,9	8,0
Opland direkte til Salten Langsø	15,0	0,3
Spv.bidrag	2,8	0,9
1974-tilførsel i alt	68,7	9,2
1973-tilførsel i alt	72,7	9,7
1972-tilførsel i alt	80,6	11,9

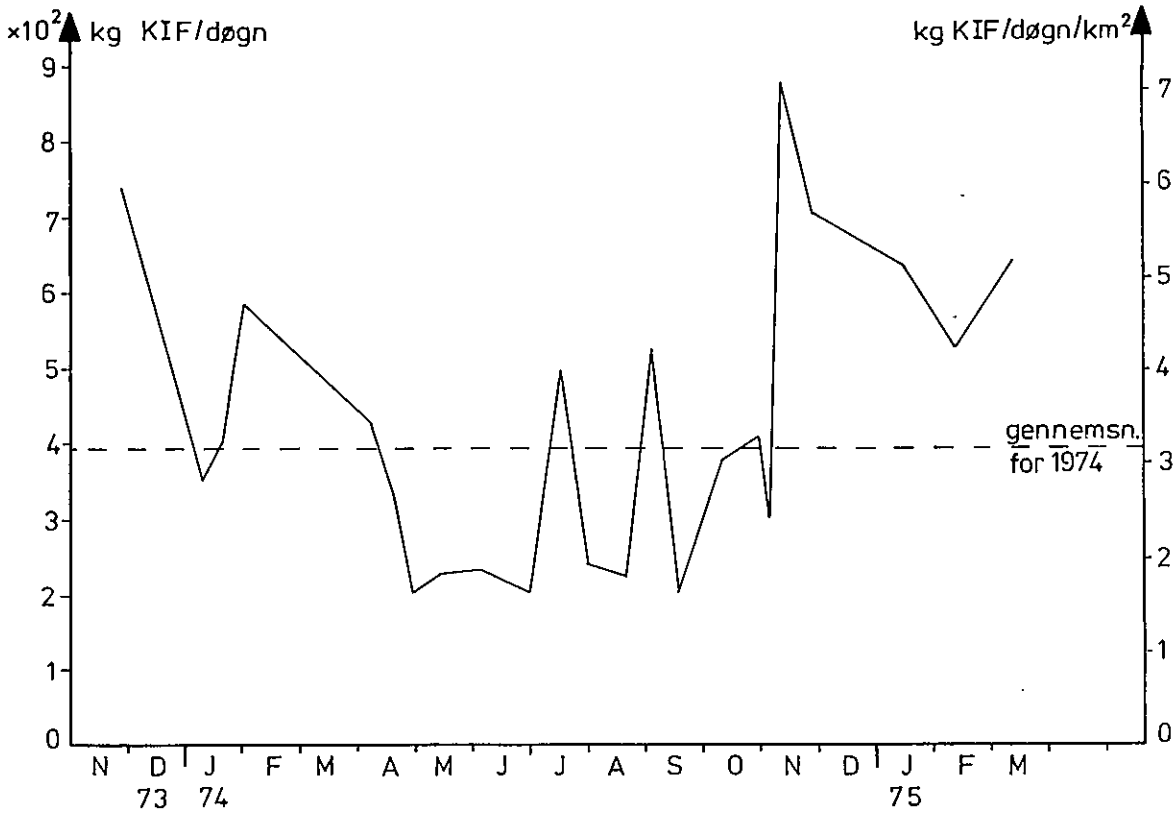
Tabel 3.8 Stoftilførsler til Salten langsø.

Det ses, at der er overensstemmelse mellem opgørelserne for 1972, 1973 og 1974.

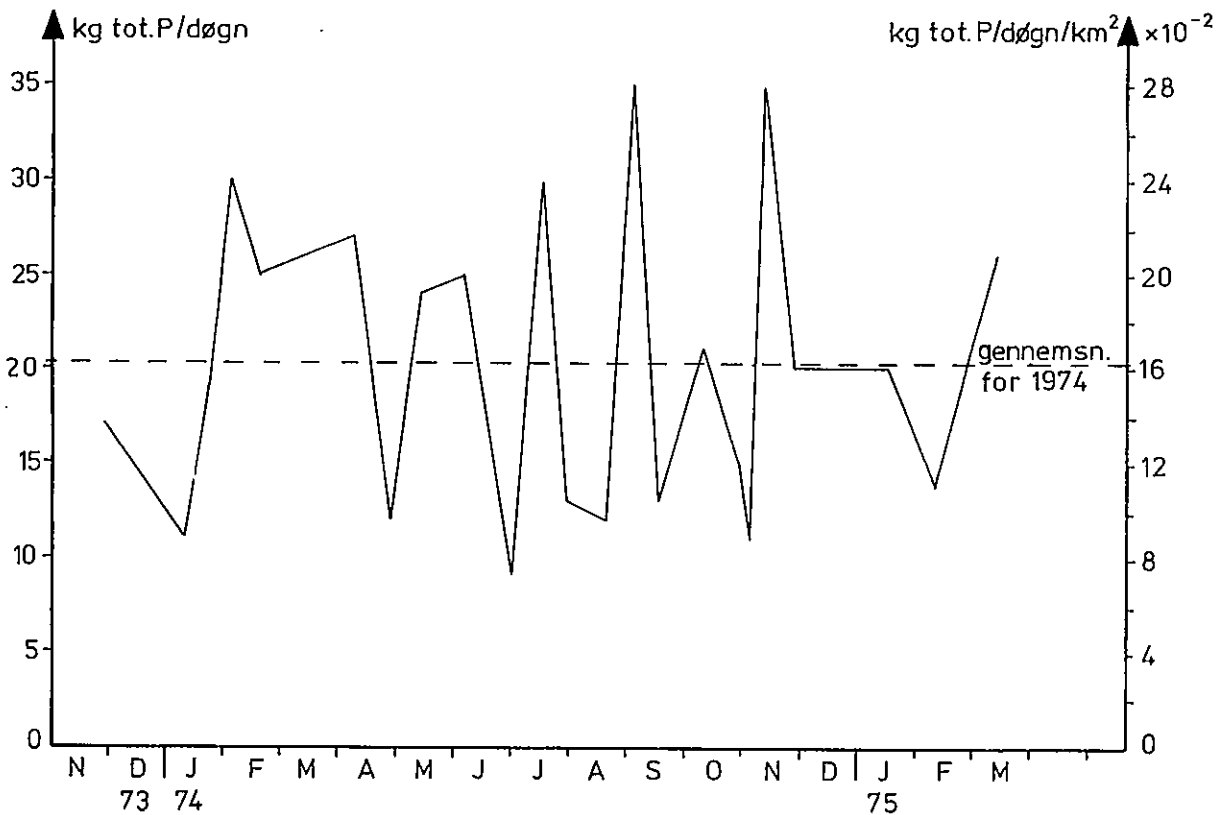
I forbindelse med afrapporteringen af den samlede stoftransportundersøgelse vil stoftilførslerne blive vurderet i relation til stofafgangen fra Salten Langsø, /9/.



Figur 3.17 Årsvariation af total-kvælstoftransporten ved Salten å.



Figur 3.18 Årsvariation af organisk stoftransport målt som iltforbrug med KMnO_4 ved Salten Bro.



Figur 3.19 Årsvariation af total-fosfor-transport ved Salten Bro.

3.4 SEDIMENTUNDERSØGELSER

Sedimentets respiration i et vandløb vil ofte være af lige så stor eller større betydning end den respiration, der foregår i vandet. Sedimenterede bakterier kan tage både næring og ilt fra den ovenliggende vandmasse. Det er derfor af stor betydning, at sedimentets respiration vurderes samtidigt med øvrige iltinfluerende processer i vandløbet. Sedimentets iltforbrug varierer meget for forskellige vandløb, eftersom en række vandløbsparametre har indflydelse på sedimentets art. Derfor kan sedimentiltforbrug i vandløb bedst undersøges ved forsøg. Princippet for forsøgene er, at en flade af bunden på ca. 20 cm² isoleres med et rør, som presses ned i sedimentet. Sedimentprøve med ovenliggende vandsøjle anbringes i laboratoriet, hvor den fri vandoverflade isoleres fra luften med et lag parafinolie. Iltindholdet i det ovenliggende vandelement registreres efter Winkler-metoden, idet der udtages små vandprøver til iltbestemmelse. Iltforbruget i en vandprøve uden forbindelse med sediment registreres samtidigt med, at iltsvindet i vandsøjlen, der skyldes både iltforbrug af sedimentet og iltforbrug i selve væsken måles. Sedimentets iltforbrug bestemmes da som differencen mellem de to målte iltforbrug.

$$\begin{aligned} & (\text{iltforbrug i sediment}) = (\text{iltforbrug i} \\ & \text{vand + sediment}) - (\text{iltforbrug i vand}). \end{aligned}$$

Den model, der anvendes til beskrivelse af iltkoncentrationsforløbet i de betragtede rør, er:

$$C = C(t) = C_0 e^{-k \cdot t}$$

hvor

C er iltkoncentrationen, som er en funktion af tiden mg/l

C₀ er iltkoncentrationen ved forsøgets start mg/l

t er tiden timer

k er iltforbrugshastigheden timer⁻¹

e er grundtal for den naturlige logaritme.

Respirationen, R_{*}, som er iltforbruget pr. tidsenhed, er

$$R_* = \frac{dc}{dt} = -k \cdot e^{-kt} = -k \cdot C \quad \text{mg/l/time} \\ \text{(g/m}^3\text{/time)}$$

Multipliseres med vandsøjlerens højde, a, fås

$$R = R_* \cdot a = -k \cdot a \cdot C \quad \text{g/m}^2\text{/time.}$$

R er da den totale respiration, idet

$$R = R_{\text{vand}} + R_{\text{sediment}}$$

Herefter bestemmes sedimentets respiration som

$$R_{\text{sediment}} = -a \cdot C \cdot (k_{\text{sediment}} + \text{vand} - k_{\text{vand}}).$$

Dato	Prøvetagningssted i åen	a·k _{vand} m/døgn	a·k _{sed.} m/døgn	Sedimentre- spiration ved 16°C og 5 mg O ₂ /l g O ₂ /m ² /døgn	
21/4 1975	Neden for Ansø	-	0,0969 ^{**)}	0,48	
		-	0,0540 ^{*)}	0,27	
		-	0,0651 ^{*)}	0,33	
		-	0,0999 ^{**)}	0,50	
		-	0,0385 ^{*)}	0,19	
	Oven for Katrinedal	-	0,0239 ^{*)}	0,12	
		-	0,0431	0,22	
		-	0,2231 ^{*)}	1,12	
		-	0,0323 ^{*)}	0,16	
	6/5 1975	Neden for Katrinedal	-	0,0981	0,49
-			0,0317	0,16	
-			0,0377	0,19	
Oven for Vellingskov		-	0,1011	0,51	
		-	0,0337	0,17	
		-	0,1932	0,97	
Ved station 6		-	0,1670	0,84	
		-	0,0135	0,07	
		-	0,1138	0,57	
		-	0,1375	0,69	
5/9 1975		Neden for Ansø	0,0098	0,1776 ^{*)}	0,89
				0,1128 ^{**)}	0,56
	Oven for Vellingskov	0,0130	0,1512 ^{*)}	0,76	
			0,0768 ^{**)}	0,38	
	Oven for Katrinedal	0,0190	0,3024 ^{*)}	1,51	
			2,1888 ^{**)}	10,94	
	Neden for Katrinedal	0,0190	0,3862 ^{*)}	1,93	
			0,0665 ^{**)}	0,33	

*)

**)

udtaget i siden af vandløbet.

udtaget midt i vandløbet.

Tabell 3.9 Målte sedimentrespirationer for Salten å i 1975. Bundprøverne er udtaget i forskellige afstande fra bredderne.

En temperaturafhængighed på respirationen, der fordobler respirationen, hvis temperaturen stiger 10°C , er ifølge Phinney, / 7/, ikke urealistisk, hvorfor

$$R (T^{\circ}) = R (T_0^{\circ}) \cdot 1,07^{T-T_0}.$$

Respirationsforsøg med intakte sedimentprøver fra Salten å har været gennemført på forskellige tidspunkter i 1975. De væsentligste resultater fra disse undersøgelser fremgår af tabel 3.9. Sedimentprøverne er udtaget i forskellige afstande fra vandløbets bredder.

Om respirationens størrelse, som den fremgår af tabellen, bemærkes dens relativt beskedne størrelse. En enkelt prøve viser en betydelig respiration i sedimentet, ca. $11 \text{ g O}_2/\text{m}^2/\text{døgn}$, mens de øvrige praktisk taget er under $1 \text{ g O}_2/\text{m}^2/\text{døgn}$. Ses bort fra den høje værdi, er gennemsnittet af de øvrige $0,57 \text{ g O}_2/\text{m}^2/\text{døgn}$ med en standardafvigelse på $0,46 \text{ g O}_2/\text{m}^2/\text{døgn}$. Der synes ikke at være nogen klar tendens i variationerne langs åen, og heller ikke i årstidsvariationen.

Den 17. december 1975 blev der udtaget et par sedimentprøver ved Salten bro (st. 9), én ca. 100 m oven for broen og én ca. 100 m neden for broen, midt i vandløbet, og respirationsforsøg blev gennemført. Resultatet blev, at sedimentrespirationen ved 16°C var henholdsvis $1,52 \text{ g O}_2/\text{m}^2/\text{døgn}$ og $1,82 \text{ g O}_2/\text{m}^2/\text{døgn}$. Altså højere end gennemsnitsværdien for de øvrige undersøgte prøver af åen.

Sedimentrespirationsmålinger i Vejle å, /10/, viser gennemsnitsværdier på ca. $3,6 \text{ g O}_2/\text{m}^2/\text{døgn}$, det vil sige et væsentligt højere niveau.

En årsag til, at sedimentrespirationen er så ringe i det meste af Salten å, er, at strømhastigheden er for stor til, at sedimentation af mindre partikler, herunder slam, kan finde sted. Salten å har da også sandbund på det meste af sit løb. Gennem Åmosen og forbi Salten bro bliver strømmen mere doven, og en vis sedimentation finder sted. På den sidste del af åen - fra Åmosen og til Salten Langsø - finder der en kraftig sedimentation sted, og her opgraves da også store sandmængder hvert år.

Som en konklusion af sedimentforsøgene kan sluttes, at bundens iltforbrug kun spiller en mindre rolle for iltforholdene i åen opstrøms station 7. Nedstrøms station 7 er sedimentet mere iltforbrugende, tilsyneladende er bundrespirationen tredoblet. Heller ikke dette påvirker dog iltforholdene i vandet betydeligt.

4. BELASTNINGSVURDERINGER

4.1 DAMBRUGSAKTIVITETEN I SALTEN Å

Udover et dambrugs størrelse er driftsforholdene af afgørende betydning for **den udledte stofmængde**.

Af driftsforhold, der har særlig interesse, er fodertype - våd-eller tørfoder - samt fodringsteknik, dvs. fodringshyppigheder i en given periode og endelig på hvilken måde og hvor fodret bliver fordelt i dammene. I relation hertil kan det nævnes, at vådfoder har en betydelig mere forurenende virkning end tørfoder. Med hensyn til fodringshyppigheden vil flere gange fodring med mindre mængder være at foretrække.

Dambrugene i Salten å bruger alle på nær Lystrup og Velling dambrug hovedsagelig vådfoder. Fodringshyppigheden er normalt 2-3 gange i perioden kl. 8-12, i hvilket tidsrum de højeste stofkoncentrationer kan måles efter hvert dambrug, jf. kurverne i bilaget.

I tabel 4.1 er vist størrelsen for hvert dambrug samt den aktuelt anvendte fodermængde den 27. august 1975.

Ansø, Vrads og Bøgelund er taget under eet, da stoftransporterne herfra er målt samlet ved station 2.

Driftsintensiteten og dermed belastningen fra dambrug afhænger ligeledes af en række eksterne forhold, som f.eks. vandets temperatur, afstrømning, iltforhold m.v..

Dambrug	Antal damme	Fodermængde, kg
Ansø D1 } Vrads D2 } Bøgelund D3 }	79	1800 (V)
Lystrup D4	8	76 (T)
Velling D5	~ 6 (18)	30 (T)
Vellingskov D6	44	1500 (V)
Katrinedal D7	30	1500 (V)
Krude mølle D8	~ 40 (60)	700 (V)
I alt	193 + 14	5500 kg (V) + 106 kg (T)
Gsn./dam med vådfoder		28,5 kg

Tabel 4.1 Fordeling af damme på de enkelte dambrug samt foderforbrug den 27. august 1975. Vådfoder (V), tørfoder (T).

Vurderet udfra ovennævnte forhold skønnes det, at driften i perioden omkring de intensive målinger den 27.- 28. august 1975 har været under middel. Denne betragtning støttes af det forhold, at nogle af dambrugerne efter tørlægningen af dammene i april 1975 ikke har nået at oparbejde en fuld bestand af ørreder i august 1975.

4.2 STOFTRANSPORTER - BELASTNINGSFORHOLD

Resultaterne af stoftransporterne for de målte tilstandsvariable ses i afsnit 3, fig. 3.7 - 3.12.

Niveauet i august 1975 er ikke væsentligt højere end niveauet i april 1975 under dambrugstørlægningen.

Dette forhold skyldes som tidligere nævnt i afsnit 3, at den diffuse afstrømning er betydeligt større i forårs månederne, og at bidraget fra det spildevand (2000 PE), der kommer via Bryrupsøerne, til dels er bestemt af afstrømningen.

De målte bidrag for total-N, total-P og BI_5 fra de enkelte dambrug ses i tabel 4.2. Beregningerne er baseret på betragtninger af middelstoftransporten før og efter hvert dambrug eller gruppe (D1, D2 og D3). I tabellen ses ligeledes belastningen udtrykt som personækvivalenter (PE), idet følgende størrelser er anvendt som grundlag for beregningen:

1 PE ~ BI_5 : 60 g/døgn

Total-P : 1,6 g/døgn

Total-N : 12 g/døgn

Ved bedømmelse af fosforækvivalentmængden for et menneske er regnet med den fysiologisk udskilte P-mængde = 1,6 g/døgn.

Dambrug	total-N		total-P		BI ₅		anvendt foder
	kg/d	PE	kg/d	PE	kg/d	PE	kg
D 1, 2 og 3	31,3	2603	7,2	4500	125,6	2093	1800 (V)
D 4 (tør foder)	2,5	208	0,2	125	4,7	78	76 (T)
D 5 (tør foder)	0	0	0	0	0	0	30 (T)
D 6	26,4	2200	0,43	270	128,2	2137	1500 (V)
D 7	22,5	1875	1,4	875	49,5	825	1450 (V)
D 8	3,5	292	0,5	313	4,7	78	700 (V)

Tabel 4.2 De enkelte dambrugs bidrag med hensyn til total-N og total-P

I tabel 4.2 ses en vis sammenhæng mellem personækvivalenter, PE, for hver tilstandsvariabel og de anvendte fodermængder. Undtaget er PE-belastningen med hensyn til total-P for D 6, idet 270 PE bestemt udfra P-belastningen er for lavt sammenlignet med værdierne for total-N og BI₅ samt den anvendte fodermængde. Dette forhold kan ikke umiddelbart forklares, udover den mulighed, at der ikke er korrigeret for et eventuelt ekstra stort "fosforsvind" på vandløbsstrækningen fra st. 4 til st. 5. Her tænkes især på næringsstoffoptagelse i forbindelse med planternes primærproduktion.

Da der generelt ikke er korrigeret for planternes næringsstoffoptagelse, er værdierne i tabel 4.2 alle mindsteværdier.

På grundlag af tabel 4.2 vil gennemsnitsbelastningen ved den pågældende driftsintensitet for en enkelt dam være følgende:

1 dam ~ BI₅ : 25 PE
 total-N : 35 PE
 total-P : 28 PE

Sammenligning med andre stofkilder

I afsnit 3.3.2 er den samlede årlige stoftransport ved st. 9 opgivet til 50,9 ton total-N og 8,0 ton total-P (1974).

Hvis det anslås, at bidraget fra i alt 3.000 personer, korrigeret for renseeffekten ved biologisk rensning, er 9,2 ton total-N og 3,0 ton total-P, vil der kunne skønnes følgende fordeling af N- og P-bidrag ved station 9, Salten bro:

	total-N		total-P	
	t/år	%	t/år	%
Dambrug, *)	30,0	(60)	3,2	(40)
Byspildevand, **)	9,2	(18)	3,0	(38)
Land- og skovbrug, ***)	11,7	(22)	1,8	(22)
Samlet bidrag ****)	50,9	(100)	8,0	(100)
Afstrømning land- og skovbrug, kg/ha/år	1		0,15	

Tabel 4.3 Årsbelastning fra dambrug, byspildevand samt land- og skovbrugsafstrømning ved Salten bro.

*) p.g.a. august-belastning, **) beregnet teoretisk
) differens **) målt

Det ses af tabel 4.3, at dambrugene bidrager med mest kvælstof (60 %). Hovedparten af fosforbelastningen (80 %) stammer fra spildevand og dambrug, ligeligt fordelt.

Den procentvise fordeling angivet i tabel 4.3 er beregnet for Salten bro afstrømning, og svarer derfor ikke til procentvise fordeling angivet i tabel 3.7.

Kvælstofbidraget (1 kg N/ha/år) fra land- og skovbrug virker, trods den ringe landbrugsaktivitet i området, lavt i forhold til andre undersøgelsesresultater, Viggo Larsen, /3/, hvorimod størrelsesordenen for fosforbidraget (0,15 kg P/ha/år) er rimeligt, områdets natur taget i betragtning.

5. BEREGNINGSMODEL FOR STRÆKNING 7 - 9

Den nederste del af Salten å, nemlig strækningen fra station 7 (efter Katrinedal dambrug) modtager kun ét betydeligt tilløb, ved station 8, og største enkeltbidrag til belastningen her er Krudemølle dambrug.

På grundlag af de intensive målinger i august er det muligt at opstille en model for den sidste del af vandløbet. Den model, der anvendes, er den generelle vandløbsmodel, som er beskrevet i VKI/LtH-forskningsrapport, / 2 /, og som er anvendt på andre vandløbsstrækninger i Gudenåsystemet. En beskrivelse af den generelle model og eksempel på dens anvendelse kan findes i NØRRE Å - rapporten, / 8 /.

Formålet med at opstille modellen for Salten å er at bestemme de karakteristiske parametre for åen. Årsagen til, at hele vandløbet ikke behandles med modellen, er, at anvendeligheden af modellen er begrænset, og de meget varierende belastninger fra dambrugene kan kun behandles af modellen med så stor usikkerhed, at beregningernes pålidelighed bliver tvivlsom.

Måleprogrammet i april måned var ikke planlagt med modelopstilling for øje.

5.1 TILPASNING AF MODELLEN TIL STRÆKNING 7 - 10 - 9

Den hydrauliske tilpasning er foretaget ved hjælp af de resultater, der er anført i tabel 3.4. Den samlede transporttid fra station 7 til station 9 er

2 timer og 52 minutter, og strækningens længde er 3,755 m, hvilket giver en middelstrømhastighed på 0,36 m/sek. De ved kalibreringen opnåede resultater er opført i tabel 5.1.

Vandløbet har lidt mindre hældning fra station 10 til station 9 end fra station 7 til station 10, desuden er fotosyntese og respiration større på den sidste del af strækningen, d.v.s. der er flere planter.

Station	Middelgeniltningskonstant v. 20°C døgnet ⁻¹	Nedbrydningskonstant for BI ₅ v. 20°C døgnet ⁻¹	Total respiration g ilt/m ² /døgn	Maximal fotosyntese g ilt/m ² /døgn	Middel fotosyntese g ilt/m ² /døgn
7	5,0	1,5	7,0	1,66	1,5
10	3,6	1,0	10,0	1,00	9,0
9 Salten bro					

Tabel 5.1 Parametre for Salten å strækning 7 - 9 den 26. - 27. august 1975.

Det svagere fald og den kraftigere plantevækst beviser, at genluftningen er mindre på den sidste del af strækningen. Nedbrydningen af organisk stof er også mindre på den sidste lidt roligere del. De fundne parametre afviger ikke væsentligt fra tilsvarende parametre bestemt for andre vandløb, se NØRRE Å - rapporten, /8/.

Iltforholdene i Salten å under almindelig dambrugsdrift, som den 27. - 28. august 1975, motiverer ikke egentlige beregninger med modellen, eftersom iltkoncentrationen ikke var mærkbart under 6 mg O₂/l. Modellen vil kunne anvendes til at forudberegne virkningen af en evt. forøget organisk stofbelastning af Salten å.

Under ekstreme forhold - udskylning af opstemninger m.v. - kan der opstå situationer med lave iltkoncentrationer med fiskedød til følge. En sådan stødbelastningssituation kan imidlertid ikke beskrives med de i dag tilgængelige modeller, hvorfor man må afvente et forskningsarbejde med udvikling af iltbalancemodel for vandløb i stødbelastningssituationer. (Dette arbejde må forventes at blive fremmet bl.a. gennem regnvandsbelastningsprojekter, hvor problemstillingen ved vandløbsrecipienter er analog).

6. MANDAGSUDSKYLNING

I det hidtil omtalte er belastningen fra dæmbrugene behandlet i relation til den normale daglige dæmbrugsdrift.

Som supplerende undersøgelse er der foretaget et særligt prøvetagningsprogram for at vurdere "mandagsudskylningen". Denne er en uheldig funktion ved dæmbrugsdrift, fordi den bevirker en stødbelastning af vandløbet, som i ekstreme tilfælde kan medføre fiskedrab. En sådan udledning er da også i strid med gældende bestemmelser, Vandløbsloven § 5, stk. 1, samt Miljøstyrelsens "Vejledende bestemmelser for drift af dæmbrug".

Mandagsudskylning kan defineres således: bortskaffelse af sedimenteret stof foran stemmeværker, i føde- og bagkanaler samt eventuelt i selve dammene. Hyppigheden af denne bortskaffelse afhænger dels af åens karakter med hensyn til faststoftransport både i form af "bedload" og "suspended load", d.v.s. henholdsvis det, der transporteres hoppende/tril-lende langs vandløbsbunden, og det, der transporteres i de frie vandmasser, dels afhænger det af åens hydrauliske forhold og endelig af dæmbrugets driftsformer og indretning.

Salten å's høje faststoftransport bevirker, at der sedimenterer så store mængder (sand og organisk stof) ved stemmeværkerne, at dæmbrugene ser sig nødsaget til ca. en gang ugentligt at foretage en bortskaffelse af sedimenteret stof ved åbning af stemmeværkerne (udrensning).

For at genere hinanden mindst muligt er det kotume, hvor disse udskylninger sker, at en række dæmbrug

aftaler dag og klokkeslet for udrensningen, således at de kan lukke for indløbet til fiskedammene. Hyppigst vælges en mandag - deraf navnet "mandagsudskylning" - idet denne tidligere var en foderløs dag.

6.1 FORMÅL MED UNDERSØGELSEN

Formålet med den supplerende undersøgelse har været at måle og vurdere effekterne af én "mandagsudskylning" i Salten å.

6.2 OMFANG

Prøvetagningen er foretaget den 11. november 1974.

Da der ved en "mandagsudskylning" er tale om en stødbelastning, er prøvetagningen koncentreret om perioden fra umiddelbart før til få timer efter udskylningen.

De udtagne prøver er analyseret for følgende tilstandsvariabler:

suspenderet stof

BI₅

KIF (iltforbrug med KMnO₄)

total-P

PO₄⁻³-P

total-N

NO₂⁻ + NO₃⁻ - N

NH₃ - N

Endvidere er der ved station 4 og 6 foretaget iltmålinger (se fig. 6.9).

Vandmængde

Da bortskaffelsen af det sedimenterede materiale foregår ved, at skodderne ved stemmeværkerne trækkes op, får man neden for dambruget øgede vandmængder, indtil der opnås ligevægt med til- og afgående vandmængder. Når udskylningen er tilendebragt, isættes skodderne på ny, og vandtransporten nedsættes, indtil opstemningen bliver fyldt, og der igen opnås ligevægt. Dette forløb er fulgt efter Katri-nedal dambrug (station 7) under udskylningen ved registrering af vandstanden. (Se fig. 6.10).

6.3 RESULTATER

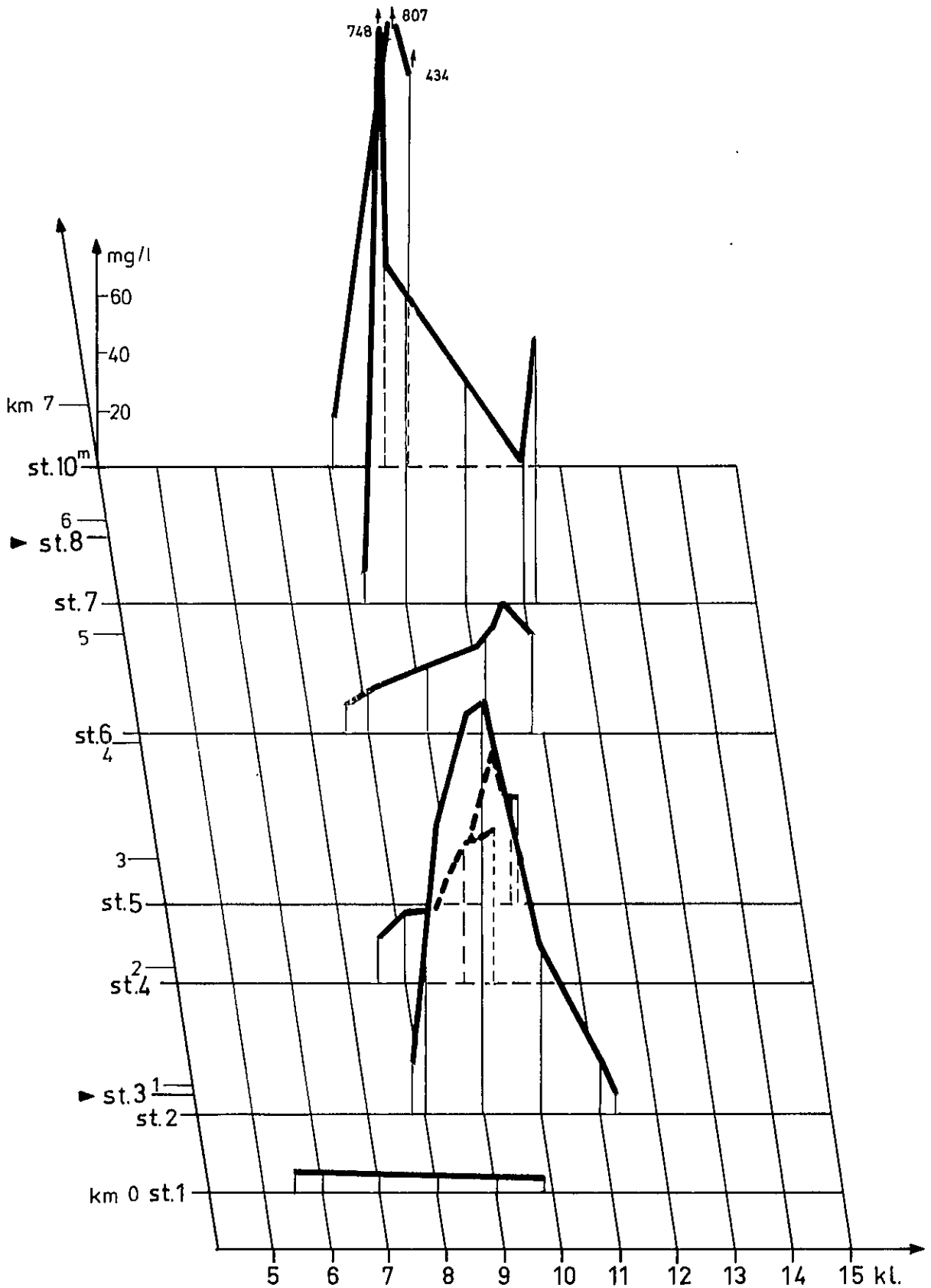
Resultaterne af de udførte målinger er opgivet på kurve i figur 6.1 til 6.10. Alle enkeltværdier er indlagt i den samlede Gudenå-database.

Undersøgelsen af "mandagsudskylningen" har vist en markant stigning for tilstandsvariablerne suspenderet stof, BI_5 , KIF samt total-P og -N. For de øvrige PO_4^{3-} -P, $NO_2^- + NO_3^-$ - N samt NH_3 - N er der ikke påvist nogen markant stigning.

Suspenderet stof

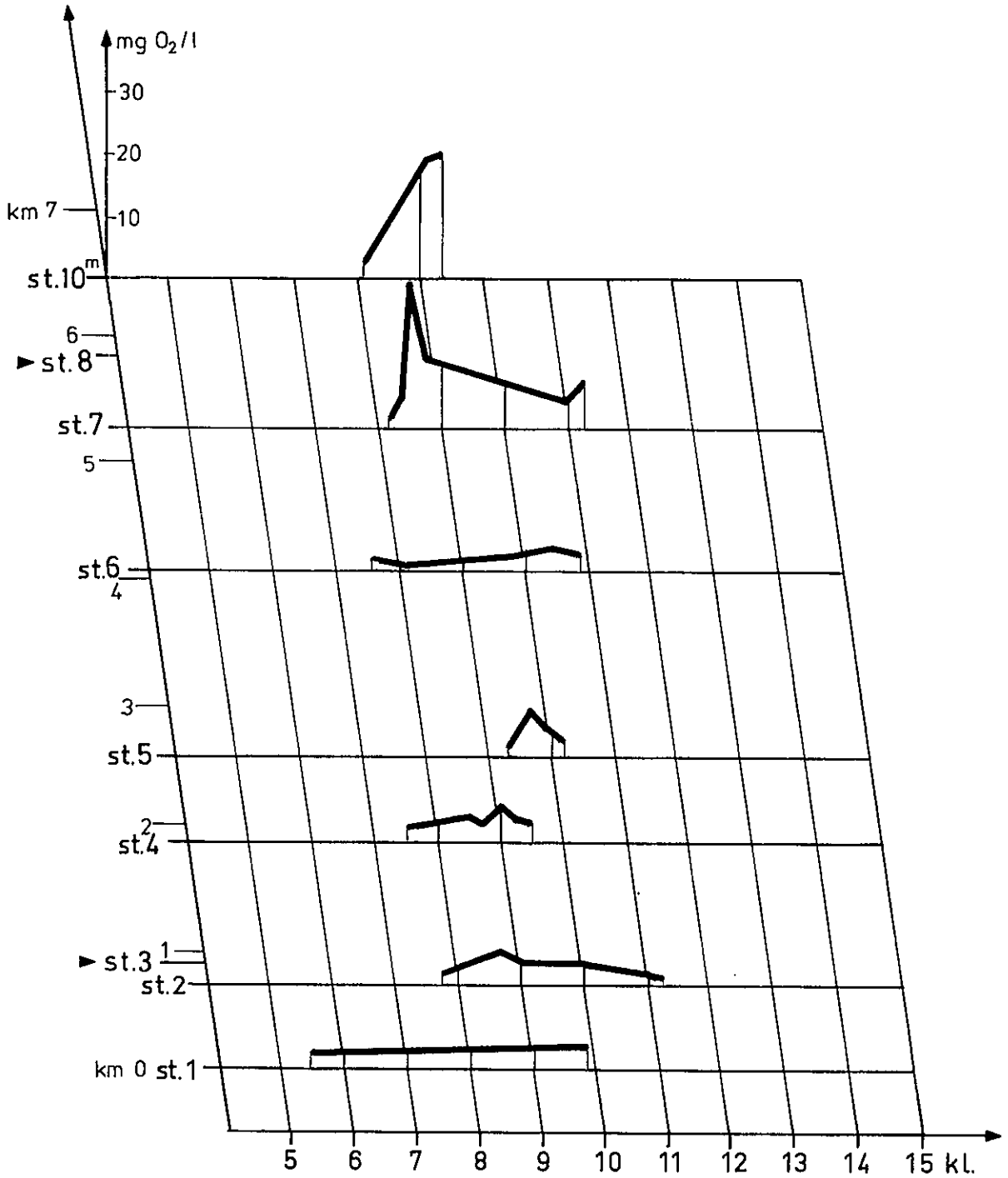
Ved at betragte kurverne på figur 6.1 ses, at de største koncentrationsstigninger i forhold til basisniveauet - her defineret som den koncentration, der er fundet på de pågældende stationer umiddelbart inden "mandagsudskylningen" - er fundet

Salten Å Suspenderet stof



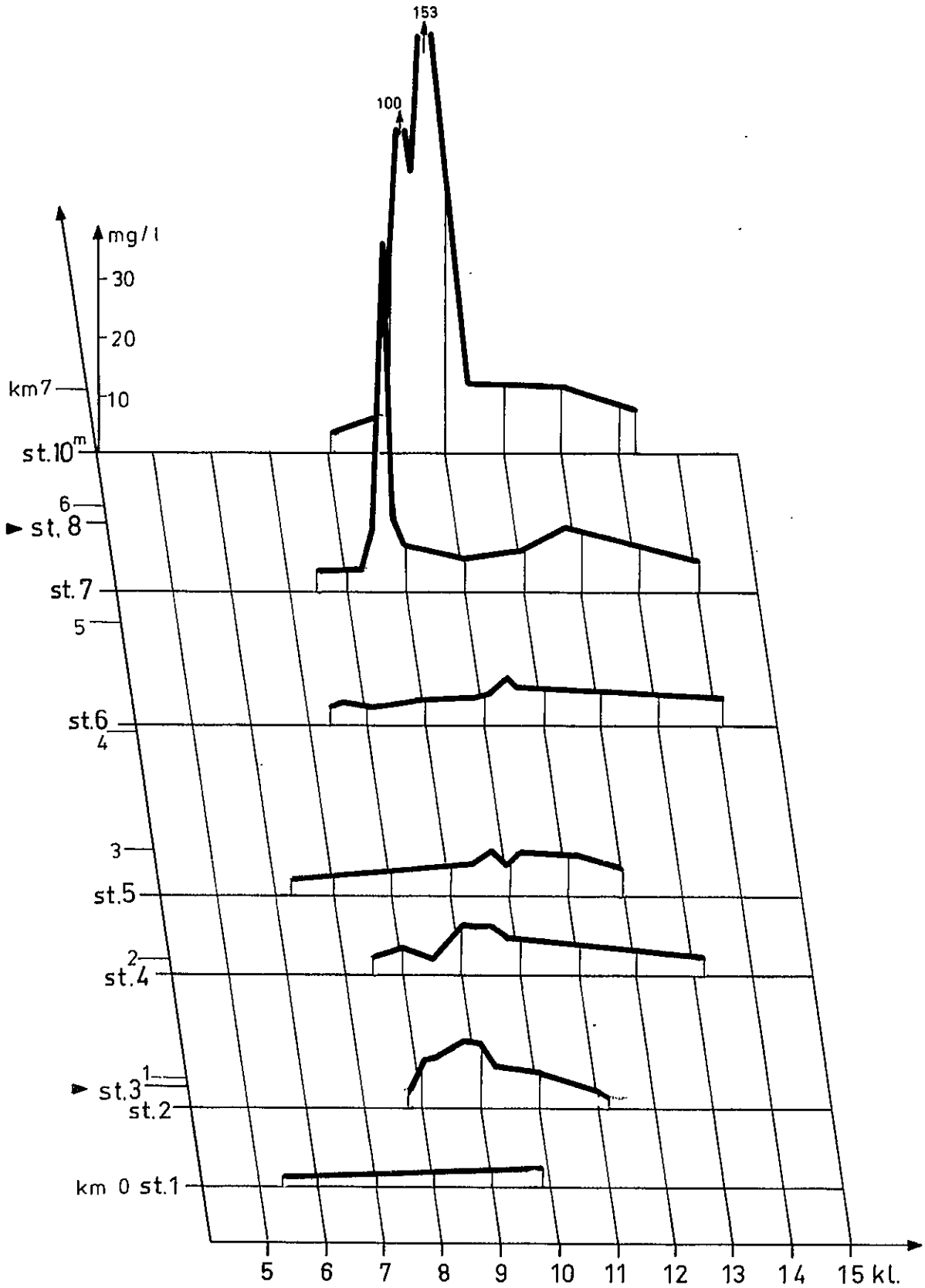
Figur 6.1

Salten Å BI₅



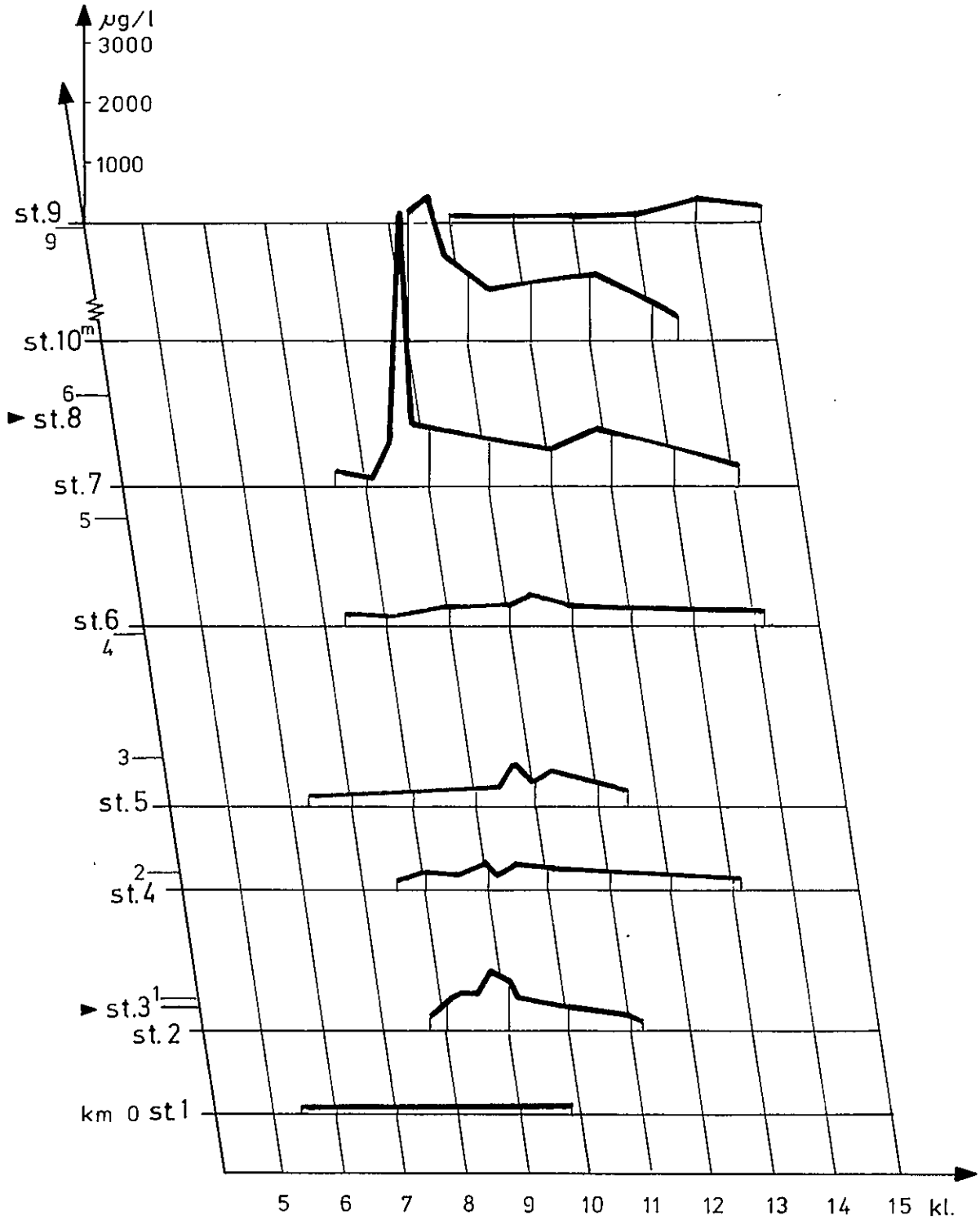
Figur 6.2

Salten Å KIF



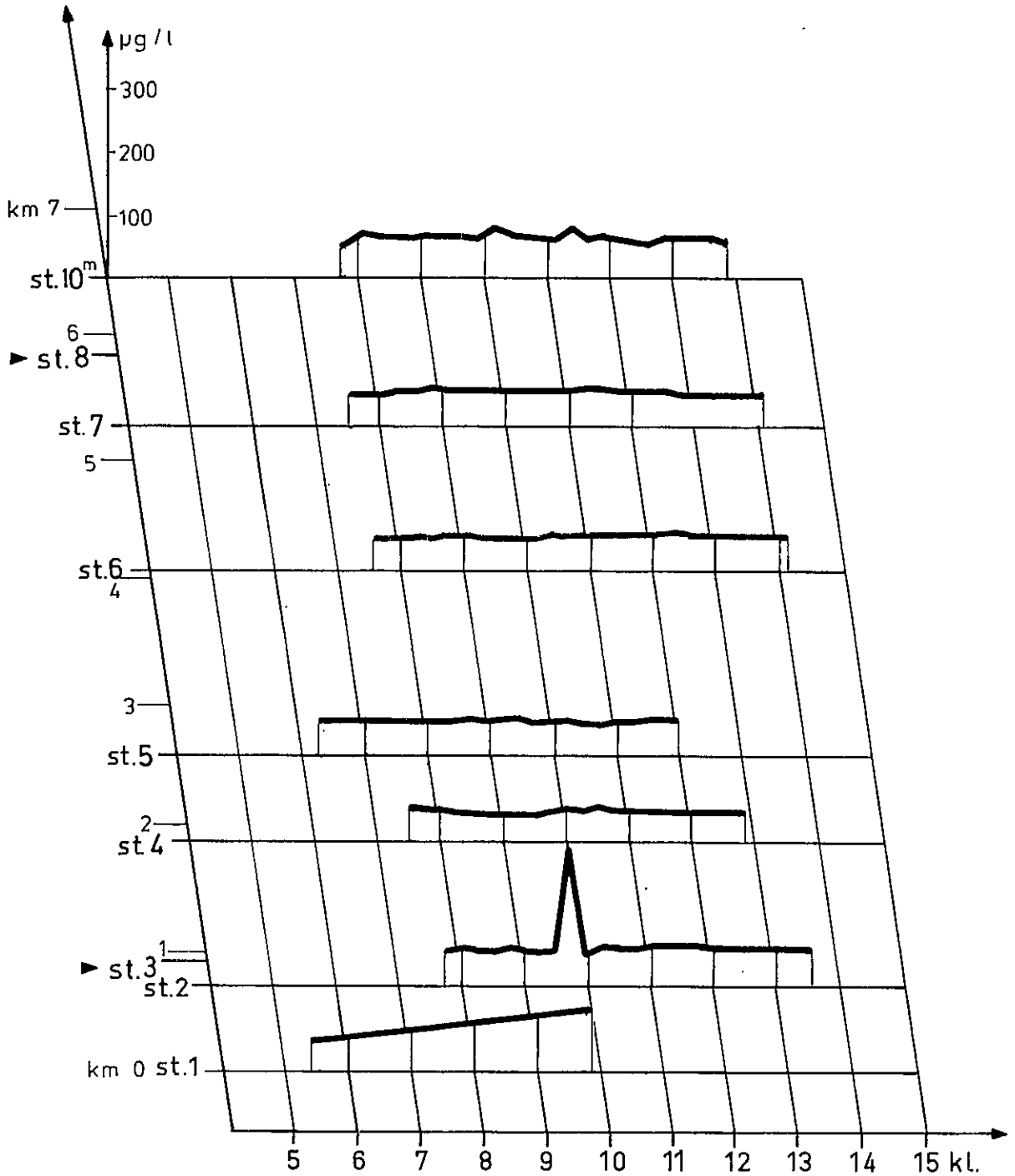
Figur 6.3

Salten Å Total-P



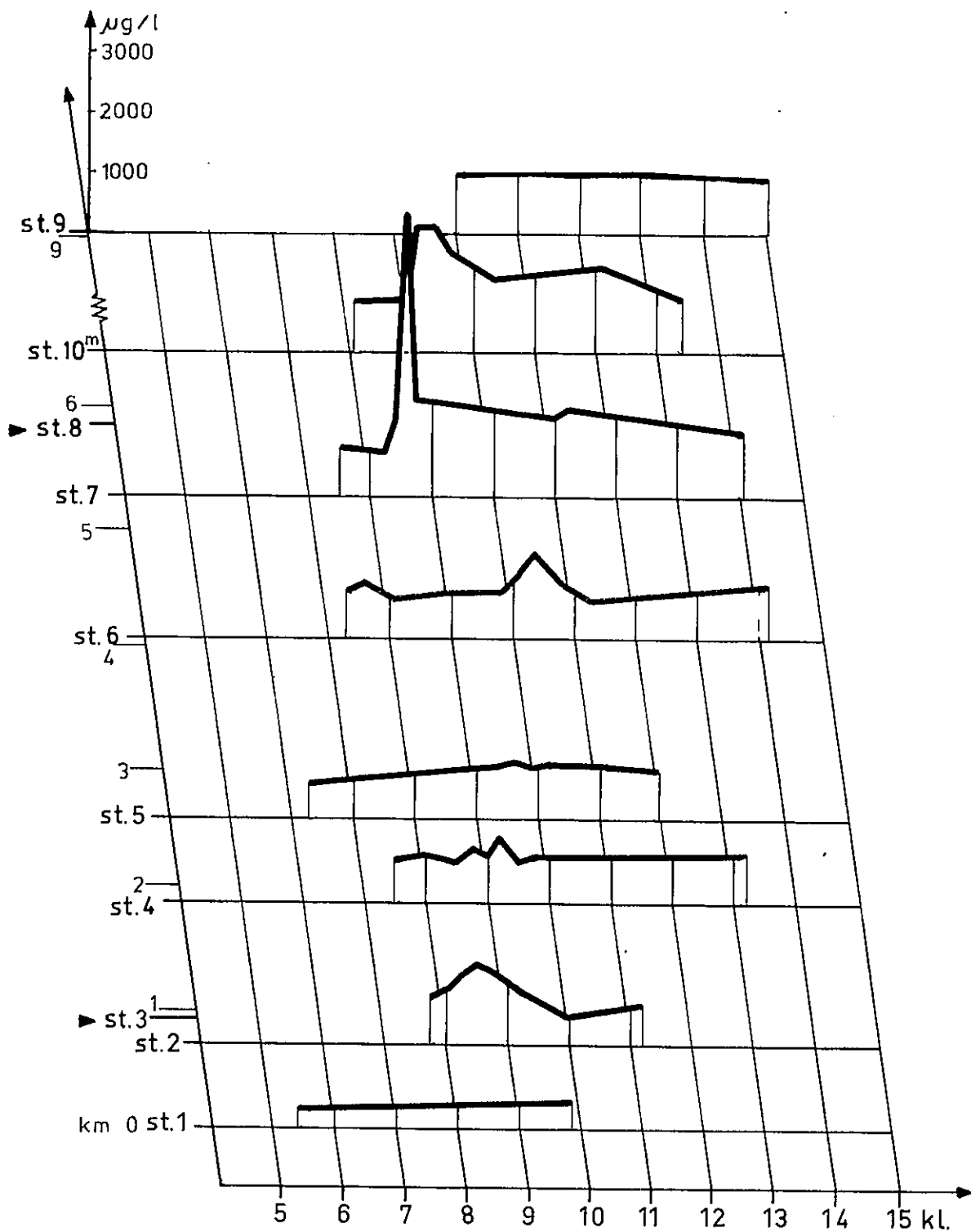
Figur 6.4

Salten Å PO₄-P



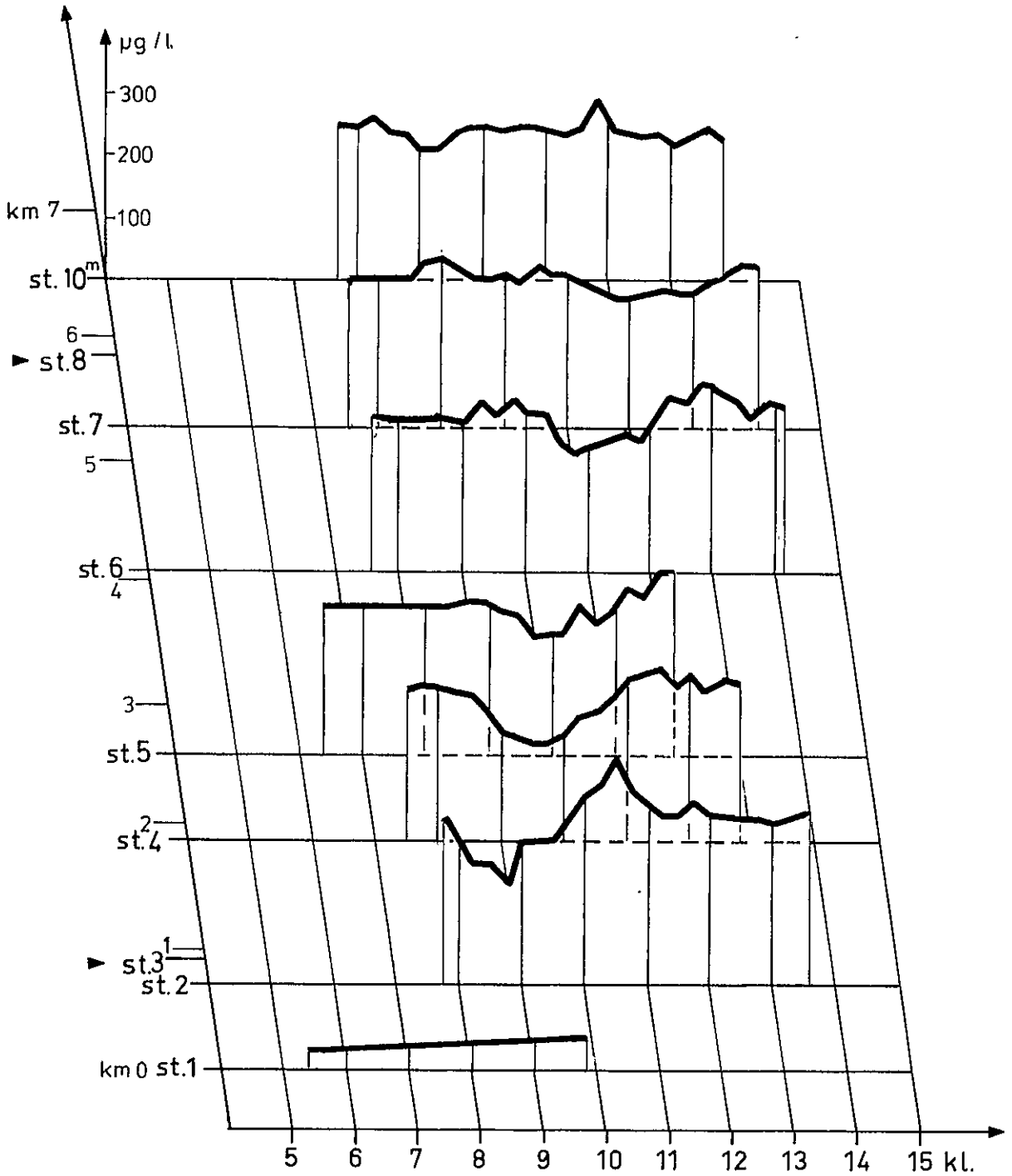
Figur 6.5

Salten Å Total-N



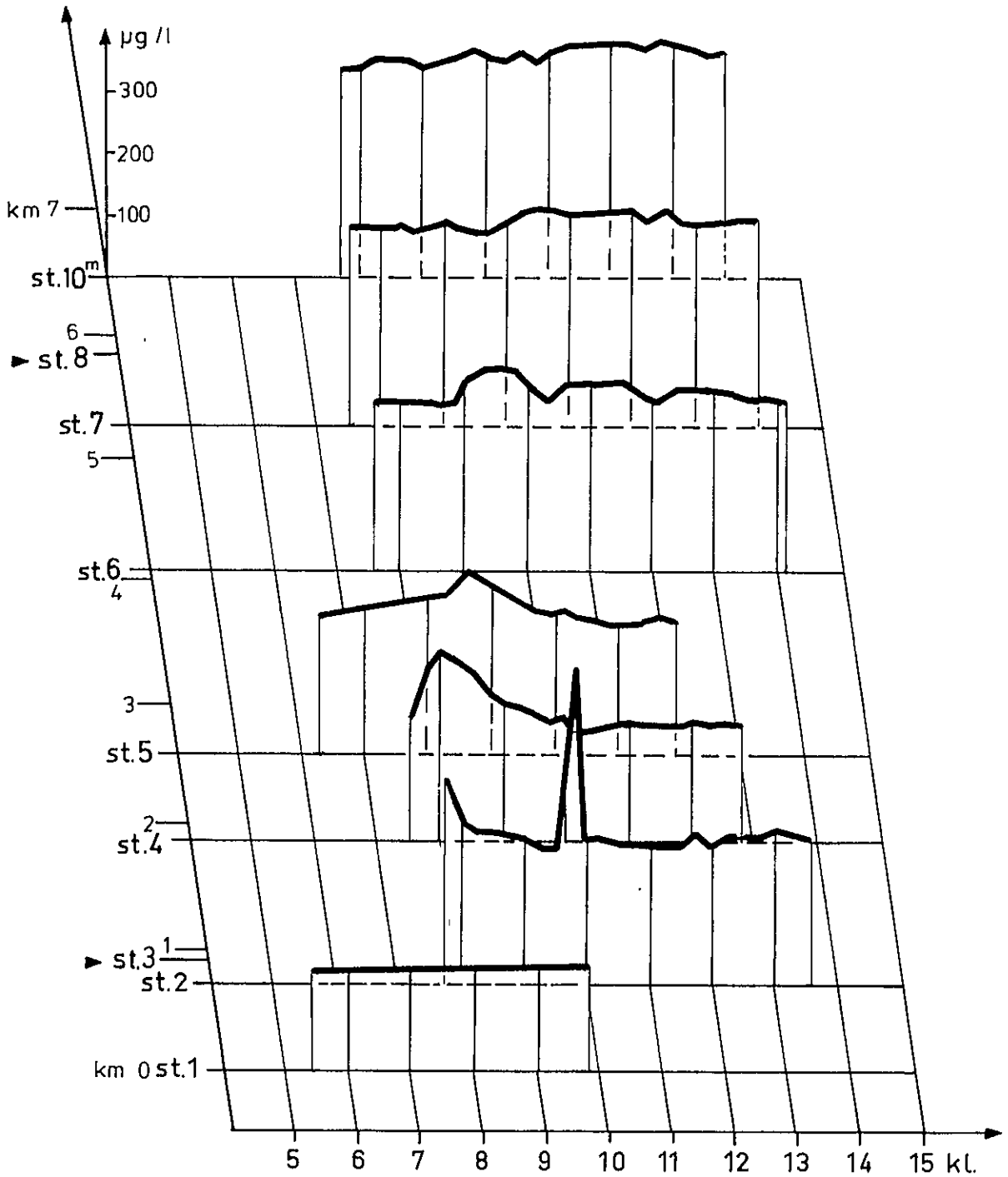
Figur 6.6

Salten Å NH₃-N



Figur 6.7

Salten Å
NO₂⁻+NO₃⁻-N



Figur 6.8

på station 2 og 7, henholdsvis fra 19 mg/l til 144 mg/l og 11 mg/l til 748 mg/l. Disse spidsbelastninger kommer umiddelbart efter påbegyndelse af udskylninger, kl. 8.00 - kl. 8.30. Bemærkelsesværdigt er det at betragte forløbet af kurven for station 7, hvor koncentrationen atter stiger kl. ca. 11. Dette skyldes påvirkningen fra station 2, netop i overensstemmelse med transport imellem de 2 stationer på ca. 3 timer.

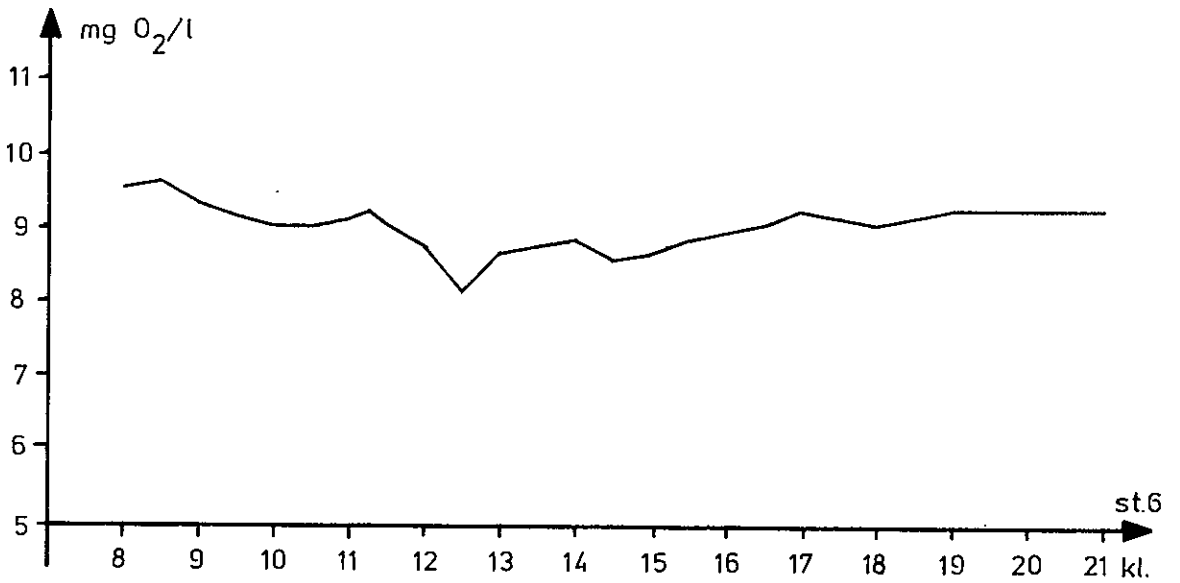
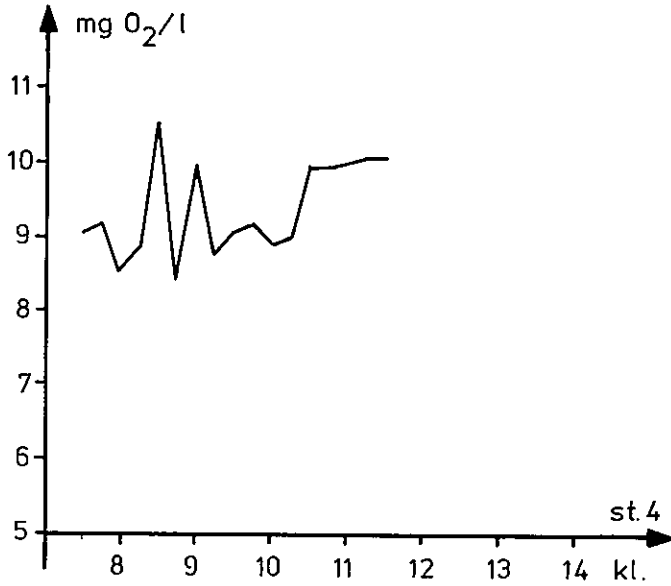
Organisk stof, BI₅

En markant koncentrationsstigning omend ikke så høj som ved suspenderet stof ses ved BI₅-målingerne, fra 2 mg/l til 23 mg/l. Denne koncentrationsforøgelse optræder kun i kort tid, hvorefter niveauet ikke er særligt højt.

Organisk stof, KIF

En væsentlig højere stigning ses på figur 6.3, hvor KIF-koncentrationen er vist. Højest er stigningen på station 7 fra 4 mg/l til 60 mg/l. På station 10 M ses i øvrigt KIF-koncentrationer på 100 - 153 mg/l kl. 9.00 - 10.00, d.v.s. væsentligt højere koncentrationer end de, der blev registreret ved stemmeværkets åbning kl. 8.00 - 8.30. Umiddelbart lader denne koncentrationsforøgelse sig ikke forklare, men der kan peges på følgende muligheder:

1. der er muligvis lukket føde- og bagkanalvand ud i forbindelse med "mandagsudskylningen",
2. på grund af vandføringens stødvise udledning kan der rives slam op fra bunden i åen nedstrøms station 7.



Figur 6.9 Resultater af iltmålinger på st. 4 og 6 den 11.11.1974.

Total-P og total-N

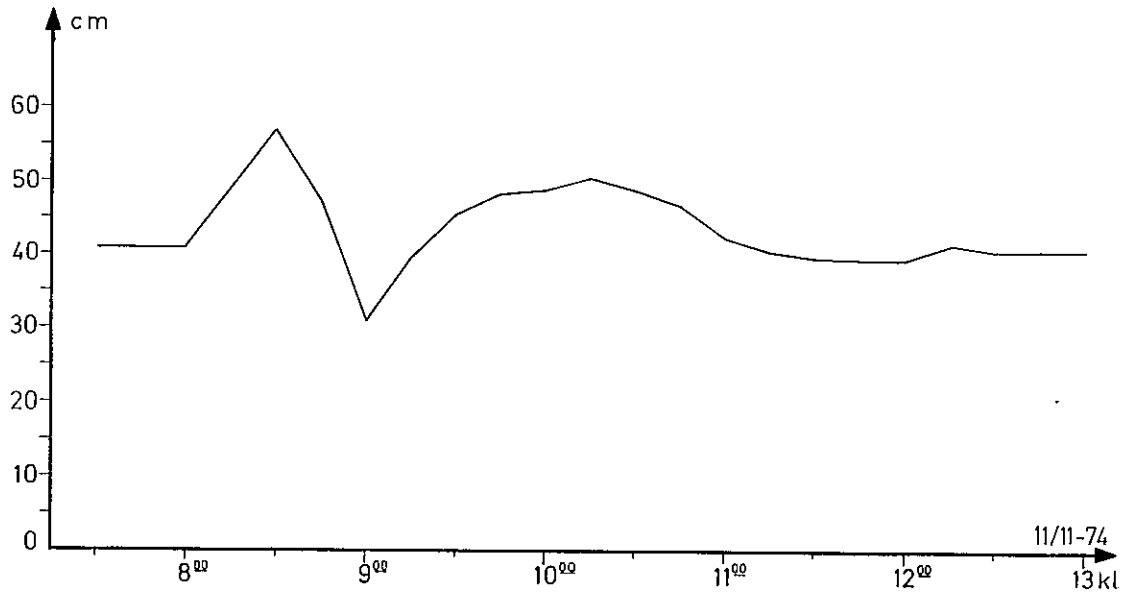
En effekt fra "mandagsudskylningen" ses tydeligt, omend niveauet ikke er bemærkelsesværdigt højt. (Fig. 6.4 - 6.8).

Ilt-koncentrationer

I figur 6.9 ses resultaterne af iltmålingerne på station 4 og 6. Stationerne er ikke beliggende umiddelbart efter et dambrug, idet det største iltforbrug ikke nødvendigvis kommer til udtryk før et stykke nedstrøms udledningsstedet. Målingerne viser en formindskelse i koncentrationerne på ca. 2,0 mg O₂/l (fra 10,4 mg O₂/l til 8,1 mg O₂/l). Et fald i iltniveauet af denne størrelse, som kun varer få timer, er uden betydning for recipientens dyreliv ved de iltforhold, der i forvejen findes i november. Men da den største belastning kommer fra Katrinedal dambrug, må det forventes, at iltreduktionen kan blive endnu større end 2,0 mg/l på strækningen station 7 - 9.

Vandstandsmåling

I forbindelse med "mandagsudskylningen" blev vandstanden registreret på station 7 neden for Katrinedal dambrug. På figur 6.10 ses tydeligt konsekvenserne heraf. Ca. Kl. 8.00 trækkes skodderne til stemmeværket, hvorfor vandstanden stiger hastigt nedstrøms. Ca. 1/2 - 3/4 time senere isættes skodderne igen, hvorfor vandstanden nedstrøms falder, indtil opstemningen fyldes, og der på ny indstilles ligevægt.



Figur 6.10 Vandstanden målt ved st. 7 i forbindelse med mandagsudskylning d. 11.11.74

6.4 VURDERING

Undersøgelsen har vist, at "mandagsudskylning" bevirker en stigning i koncentrationen af følgende tilstandsvariabler:

suspenderet stof
BI₅
KIF
samt total-P og -N.

Ved station 7 efter Katrinedal er effekten fra "mandagsudskylningen" størst. Dette forhold skyldes, at der her, udover hvad der skyldes "naturlig" transport, også sedimenterer store mængder organisk stof stammende fra de ovenfor liggende dambrugs normale drift.

De transporterede mængder, som registreres i ca. 3 timer under udskylningen, er i tabel 6.1. Der sammenlignes med basistransporten for suspenderet stof, BI₅ og KIF i den samme måleperiode.

	Susp. stof	BI ₅	KIF
Basisniveau			
kg (3 timer transport)	166	30	60
"Mandagsudskylning"			
kg (3 timer)	2175	113	196

Tabel 6.1 Transporterede mængder ved basisniveau samt under "mandagsudskylning" ved station 7.

For suspenderet stofs vedkommende ses, at transporten bliver ca. 13 gange større på grund af "mandagsudskylningen", for BI_5 og KIF kun 3 - 4 gange større. At forholdet suspenderet stof: BI_5 er så højt, ca. 19:1, skyldes, at store dele af det suspenderede stof består af sand og andet ikke biogent stof. Til sammenligning kan det angives, at for slam fra mekanisk rensset spildevand, er det tilsvarende forhold ca. 1,7:1.

Den konstaterede iltkoncentrationsformindskelse medfører ingen væsentlig forringelse af vandkvaliteten på de målte steder og den aktuelle årstid. Imidlertid kan det tænkes, at iltkoncentrationsformindskelserne vil få en uheldig effekt på nedstrøms dele af åen, station 7 - 9, hvor strømhastigheden er mindre og sedimentationen større. Endelig kan det tænkes, at effekten bliver større på tidspunkter, hvor der i forvejen optræder lavere iltkoncentrationsniveauer, f.eks. visse sommerperioder. Det anbefales, at der gennemføres et sommermåleprogram i 1976 til belysning heraf.

Da Salten å's fysiske natur fortsat vil resultere i en høj egentransport af fast stof, vil dambrugerne have sedimentationsproblemer ved stemmeværkerne fremover. For at undgå fiskedød i Salten å i forbindelse med "mandagsudskylningen" må dambrugerne opfordres til at fjerne sedimenteret sand og organisk stof fra stemmeværkerne f.eks. ved opgravning, slamsugning eller pumpning (mammutpumpe).

7. KONKLUSION

De gennemførte undersøgelser af Salten å giver følgende konklusioner:

1. Salten å's dambrug belaster Salten å under stort set normale driftsforhold med kvælstof, fosfor og organisk stof i en størrelsesorden, der svarer til

kvælstof ~ 35 PE pr. dam, vådfodring
fosfor ~ 28 PE pr. dam, vådfodring
organisk stof ~ 25 PE pr. dam, vådfodring

idet der regnes med følgende person-ækvivalenter (PE):

kvælstof	12	g/døgn/pers.
fosfor	1,6	g/døgn/pers.
organisk stof	60	g BI ₅ /døgn/pers.

For fosfor og kvælstof er angivet PE-værdierne svarende til den fysiologisk udskilte døgnmængde.

2. På årsbasis skønnes dambrugene ved Salten å at bidrage med en kvælstof- og fosforudledning på ca. 30 ton kvælstof og 3,2 ton fosfor.

Af totaltransporten målt ved Salten bro 1974 udgør dambrugenes kvælstofbelastning ca. 60 % og fosforbelastningen ca. 40 %.

3. Ved "mandagsudskylningen" belastes Salten å momentant med suspenderet og organisk stof. Sidstnævnte bevirker, at iltforholdene falder (med indtil 2 mg O₂/l) efter de enkelte stemmewærker i et par timer. Ved den pågældende undersøgelse i november 1974 har denne formindskelse af iltkoncentrationen ingen betydning. Det kan imidlertid tænkes at have uheldige følger, evt. fiskedød, når iltindholdet i forvejen er lavt, f.eks. i visse sommerperioder når totalrespirationen er stor.

4. Salten å's hydrauliske egenskaber, specielt den store strømhastighed, bevirker, at udledningen af organisk stof i de aktuelle koncentrationer ikke under normale omstændigheder giver anledning til store iltsvind. Dette skyldes, at opholdstiden i åen er lille, og genluftningen er stor.

5. Åens hydrauliske egenskaber ændres væsentligt på den nedre del, hvor vandhastigheden bliver mindre. Dette giver anledning til en større sedimentation af transporteret materiale og derfor større bundrespiration. På den nedre del af Salten å er bundrespirationen ca. 3 gange så stor som gennemsnittet af målingerne på den resterende del af åen.

8. LITTERATURLISTE

- /1/ Andersen, J.M.
"Nitrogen and phosphorus budgets and the role of sediments in six shallow Danish lakes". Archiv für Hydrobiol., 74, 4, 528 - 530, (1974).
- /2/ Dahl-Madsen, K.I. og Simonsen, J.
"Vandløbssimulering". Forskningsrapport fra Vandkvalitetsinstituttet og Laboratoriet for teknisk Hygiejne, DtH, (1974).
- /3/ Larsen, V.
"Landbrugets potentielle bidrag til vandløbs næringssaltsbelastning. En undersøgelse i to oplande til Gudenåen". Det danske Hedeselskab, Forsøgsvirksomheden. Rapport til Gudenåudvalget, (januar 1976).
- /4/ Levenspiel, O.
"Chemical reaction engineering". Wiley International Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York, (1962).
- /5/ Lønholdt, J.
"Næringssaltkilder". Tionde Nordiska Symposiet om Vattenforskning, Værløse 20. - 22. maj 1974.
- /6/ Nielsen, K.S. and Nyholm, N.
"The contribution of nutrients from diffuse sources". IAWPR-Conference on nitrogen as a water pollutant, Copenhagen, August 1975.

- /7/ Phinney, H.K. and McIntire, C.D.
"Effect of temperature on metabolism
of periphyton communities developed
in laboratory streams". Limnology and
Oceanography, 10, 341 - 344, (1965).
- /8/ Vandkvalitetsinstituttet
Gudenåundersøgelsen: Intensive vand-
løbsundersøgelser, Nørre å. (1974).
- /9/ Vandkvalitetsinstituttet
Gudenåundersøgelsen: Stoftransporter.
(1976).
- /10/ Vejle å, recipientundersøgelse 1974.
Vejle amtskommune. (1974).

BILAG

FIGURERNE B 1 TIL B 30.

De 30 figurer viser døgnvariationer af transport langs Salten å af total-P, BI_5^- og kvælstoffraktioner i det intensive måledøgn 27. - 28. august 1975. Klokken 30.00 på figurerne betyder klokken 6.00 den 28. august.

Kvælstoftransporterne som vist på figurerne B 21 til B 30 omfatter total-N, organisk-N, $\text{NH}_3\text{-N}$ og $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^- - \text{N}$, som på figurerne er symboliseret med henholdsvis A, B, C og D.

