

Analyse af vandindvindingsmuligheder fra TISSØ



Udgiver : Vestsjællands Amt, Teknisk forvaltning,
Alleen 15, 4180 Sorø.

Udgivelsesår : Oktober 1992.

Titel : Analyse af vandindvindingsmuligheder fra Tissø.

ISBN 87-85073-29-6

Tekst af : Niels Philip Jensen (afsnit 1, -5 og -6),
Claus Koch (afsnit 2),
Erich Wederkinch (afsnit 3),
Niels Andersen (afsnit 4).

Figurer af : Gitte Pedersen og tekstforfatterne.

Oplag : Hovedrapport: 250 stk, Bilagsdel: 150 stk.

Tryk : Vestsjællands Amts trykkeri.

Pris : Hovedrapport: 50 kr, Bilagsdel: 50 kr.

Udsnit af Kort- og Matrikelstyrelsens kort
er gengivet med Kort- og Matrikelstyrelsens
tilladelse,
Kort- og Matrikelstyrelsen 1992/KD.86.1043.

Analyse af vandindvindingsmuligheder fra TISSØ

Indholdsfortegnelse

0 Forord.....	s.5
A Konklusion og anbefalinger.....	s.7
1 Historisk udvikling i Åmose-Å-systemets vandføring og Tissø's vandstand.....	s.11
1.1 Oprindelige forhold	
1.2 Reguleringer	
1.3 Nuværende forhold	
1.4 Indvinding fra og udledning til Tissø	
1.5 Referencer	
2 Tissø's miljøtilstand og mulige påvirkninger af øget vandindvinding.....	s.29
2.1 Generelt om tilstanden i søer	
2.2 Den aktuelle tilstand i Tissø	
2.2.1 Vandkemi	
2.2.2 Næringsstofbalance	
2.2.3 Plankton	
2.2.4 Fisk	
2.2.5 Smådyrsfauna	
2.2.6 Bundvegetation	
2.3 Tissø's fremtidige tilstand	
2.4 Mulige påvirkninger af Tissø som følge af øget vandindvinding	
2.5 Anbefalinger	
2.6 Referencer	
3 Naturforvaltning.....	s.55
3.1 Sammenfatning	
3.2 Internationale forpligtelser	
3.3 Nationale interesser	
3.4 Regionale interesser	
3.5 Fredninger	

3.6 Naturbeskyttelsesloven

- 3.6.1 Omfattede områder
- 3.6.2 Konsekvenser af lovgivningen
- 3.6.3 Løsningsprincipper

3.7 Landskabelige interesser

3.8 Kulturhistoriske interesser

3.9 Biologiske interesser

- 3.9.1 Botanik
- 3.9.2 Zoologi
- 3.9.3 Biologiske interesser, samlet vurdering

3.10 Rekreative interesser

3.11 Referencer

4 Afvandings- og vandløbsforhold.....s.79

4.1 Øvre Halleby Å / Lille Åmose

4.2 Nedre Halleby Å / Bøstrup Å.

4.3 Betydning af ændring af afstrømningsforholdene

4.4 Erstatning - Økonomi

4.5 anbefaling

4.6 Referencer

5 Modellering med MIKE11.....s.85

5.1 Modellering af vandsystemet - valg af model.

5.2 Modellens inddata og - beregningsmetode.

5.3 Modellens følsomhed over for usikre inddata

5.4 Kalibrering af modellen

5.5 Referencer

6 Konsekvenser af øget indvinding og ændret

opstemning. Vurdering af indvindingsmulighed.....s.107

6.1 Indvindingsalternativer

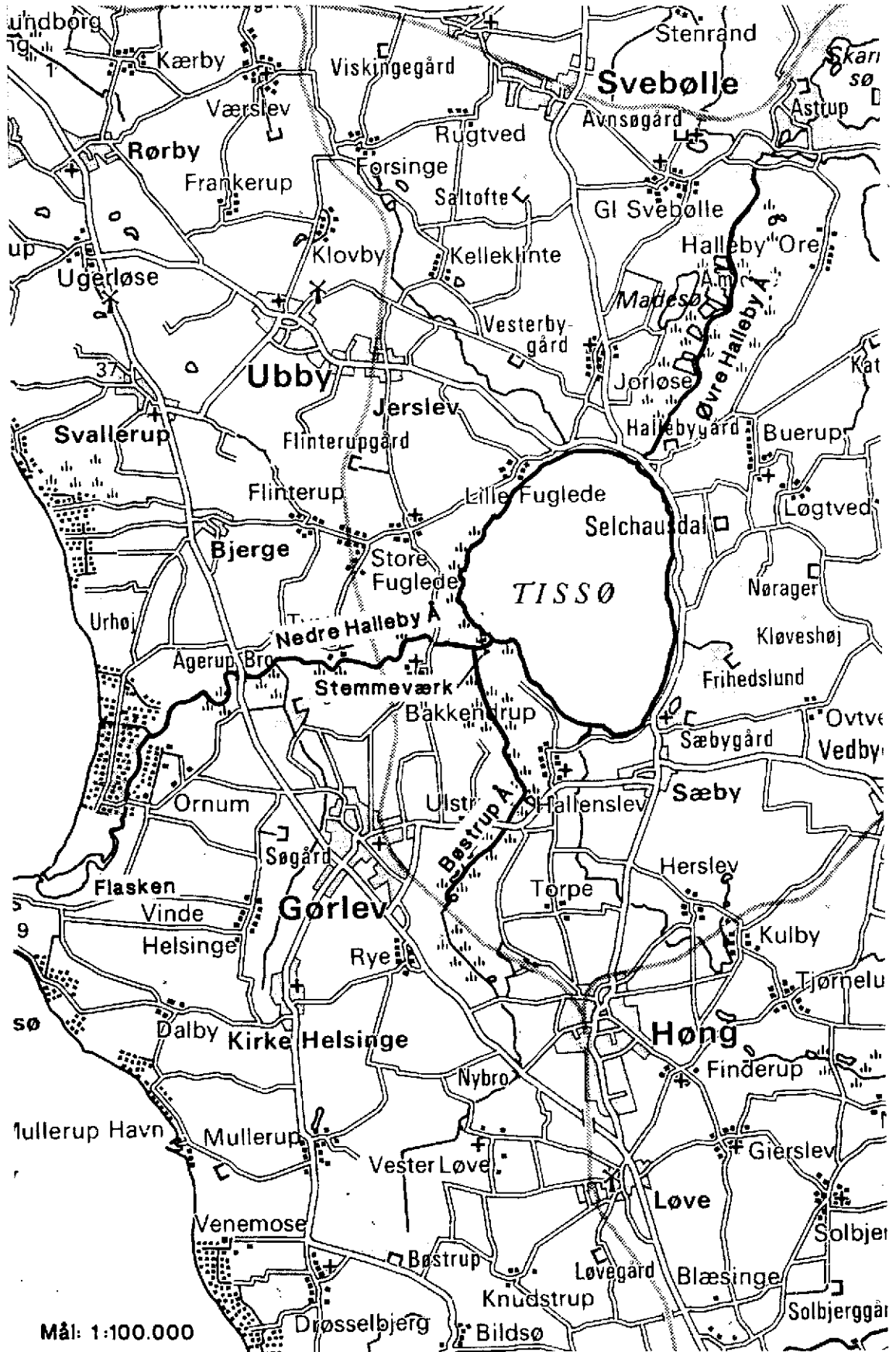
6.2 Analyse af udvalgte år

6.3 Ændringer af vandstanden i Bøstrup Å

6.4 Opstilling af vandspejlskoter for Tissø

6.5 Konsekvenser af regulering efter sigtepunkterne.

6.6 Vurdering af indvindingsmulighed.



0. Forord

Denne rapport belyser konsekvenserne af at øge vandindvindingen fra Tissø fra de nuværende ca. 3 mill. m³ årligt til 7 - eventuelt 10 mill. m³ årligt. En øget indvinding tænkes tilladt ved at udnytte magasinering mellem søens nuværende minimumsvandstand og - maksimumsvandstand. Magasineringen reguleres ved at styre afstrømningen fra søen, således at afstrømningsmønsteret i Øvre Halleby Å kommer lidt tættere på det oprindelige (1870). Afstrømningsmønsteret i Nedre Halleby Å vil fortsat være forstyrret i forhold til det oprindelige.

Rapporten præsenterer konsekvenser for naturen og landbruget af et sådant ændret afstrømningsmønster fra Tissø. Det er forfatterernes opfattelse, at man både kan øge indvindingen og opnå en samlet naturgevinst. Men denne løsning vil føre til, at forårsafstrømningen i Nedre Halleby Å reduceres nogle år.

Rapporten fortæller, hvad der sker, hvis man under rapportens forudsætninger vælger:

"at åerne ikke skulle løbe unyttigt ud i havet, uden først at have tjent almenvellet".

*Valdemar,
konge af Danmark 1340-1375,*

skrevet i forbindelse med "Kongens Møller" mellem Store og Lille Åmose i brev til bisp Henrik af Roskilde 1356.

A Konklusion og anbefalinger.

Analysen af at øge vandindvindingen fra 3 mill. m³ årlig (nuværende niveau) inddrager alternativerne 7 mill. m³ årlig (svarende til nuværende tilladelser) og 10 mill. m³ årlig (et skøn over størst tænkelig indvinding). Arbejdsgruppen har vurderet, at forøget indvinding ikke kan ske med de nuværende regler for opstemning uden uacceptable konsekvenser.

Arbejdsgruppen har derfor valgt, at se på muligheden for at ændre reguleringen af søens vandspejl. Gruppen har opstillet en række sigtepunkter for vandspejlet i Tissø. Et sigtepunkt angiver højden af Tissø's vandspejl på en given dato. Disse sigtepunkter er fastlagt ud fra minimums - og maksimumskrav til søvandsspejlet. Kravene er opstillet ud fra hensyn til natur, miljø og vandindvinding. Sigtepunkterne samt maksimumskrav hhv. minimumskrav er vist i tabel 6.4. Arbejdsgruppen har endvidere forudsat, at der normalt sikres vandføring i Nedre Halleby Å hele året (minimumskrav 300 l/sek), og at der fastholdes en variation over året. Det er tillige en forudsætning, at der sikres fiskepassage også ved minimumsvandføring ud af søen.

Arbejdsgruppen har eftervist, at ved regulering af søens vandspejl efter sigtepunkterne kan kravene til vandføring i Nedre Halleby Å opfyldes. Arbejdsgruppen har diskuteret, hvorvidt det ville være hensigtsmæssigt, at en ny opstemning flyttedes nedstrøms udløbet af Bøstrup Å. Nærmere undersøgelse må fastslå, hvorledes regulering kan ske i praksis, og hvor den mest hensigtsmæssige placering vil være.

Med den foreslåede regulering konstaterer arbejdsgruppen, at vandstanden i Bøstrup Å's nedre del sænkes i nogle forår. Det skyldes et ændret afstrømningsbillede i Nedre

Halleby Å. Der skal derfor træffes foranstaltninger, sådan at vandstanden i Hallenslev mose ikke sænkes. Også andre vådområder langs Nedre Halleby Å er sikret gennem naturbeskyttelsesloven. Disse vådområder forventes ikke at blive påvirket af den ændrede regulering. Det skyldes, at vådområderne ligger ved Nedre Halleby Å's nedre løb, hvor vandstanden i åen afhænger direkte af vandstanden i havet.

Under gældende stemmeregler er stemmeværket i perioder lukket helt for at holde sommerens søvandspejl i en mindste højde (0,75 m DNN). Herved hindres fiskepassage gennem stemmeværket. Stemmeværket genåbnes først, når søvandspejlet er kommet op på til en større højde (0,85 m DNN). Vandindvindingen har den konsekvens, at stemmeværket er lukket i længere tid, end det ellers ville være nødvendigt. Under det gældende regulativ har søens afløb været periodevis lukket 3 ud af 4 år.

Den foreslåede regulering af søens vandspejl kan uden vandindvinding sikre, at stemmeværket kun lukkes helt 2 år ud af 70. Det vil forekomme, når sommerens nedbørsunderskud strækker sig langt hen på efteråret. Vandindvinding vil medføre hyppigere lukning.

Arbejdsgruppen konstaterer, at konstant indvinding af 300 l/sek (10 mill. m³/år) fra Tissø giver konflikt med de opstillede natur- og miljøkrav. Arbejdsgruppen kan samtidig konstatere, at en indvinding af 300 l/sek kan gennemføres fra 1. januar til 1. juli uden konflikt med de opstillede krav. Kravene kan dog kun opfyldes, hvis Tissø's vandspejl reguleres som foreslået.

Konstant indvinding af 300 l/sek giver konflikt med kravet om en rimelig vandføring i Nedre Halleby Å. Vandføringen i Nedre Halleby Å vil i så fald komme under minimumskravet ca. hvert andet år. I særligt tørre år vil

en konstant indvinding af denne størrelse tillige give konflikt med kravet til minimumsvandstanden i Tissø.

Arbejdsgruppen anser derimod en indvinding op til 220 l/sek (7 mill. m³/år) for acceptabel. Med den foreslåede regulering vil der ca. hvert 4. år i sensommeren være mindre end 520 l/sek til rådighed for indvinding og afløb. Man må i den situation vælge mellem vand til indvinding og vand til åen.

Arbejdsgruppen anbefaler, at den foreslåede ændring af søvandspejlets regulering gennemføres, uanset om der skal indvindes mere vand eller ej. Arbejdsgruppen anbefaler endvidere, at effekten af ændringen følges gennem et naturovervågningsprogram. Arbejdsgruppen finder, at den ændrede regulering af søens vandspejl vil medføre en miljøgevinst omkring Tissø og i Lille Åmose, idet visse mose- og engarealer vil blive fugtigere i maj-juni til gavn for den naturlige vegetation. Desuden vil et mindre fald i vandstanden gennem foråret begunstige ynglende eng-fugle.

Den foreslåede ændring i søvandspejlets regulering sikrer både vandindvinding og vandføring i Nedre Halleby Å uden regulering over hidtidig gennemsnitsvandstand 1. april (1,55 m DNN). Derfor skal arealer ikke tages ud af omdrift, som konsekvens af de foreslåede ændringer.

Nedre Halleby Å er tidligere gravet bredere og dybere end regulativet foreskriver. De nuværende miljøforhold i Nedre Halleby Å er derfor ringe om sommeren. Denne erkendelse er blevet styrket under analysen af vandsystemet. Arbejdsgruppen anbefaler afslutningsvis, at Nedre Halleby Å føres tilbage til regulativmæssig skikkelse. Tilbageføringen har dog ingen direkte sammenhæng med mulighederne for vandindvinding fra Tissø.

1 Historisk udvikling i Åmose-Å-systemets vandføring og Tissøs vandstand

1.1 Oprindelige forhold

Variationen i vandføring og vandstand over året kaldes med et fagudtryk "afstrømningsregimet" - forkortet til regime. Klimaet har været bestemmende for regimet i historisk tid. Regimet har varieret (lidt) som følge af langvarige svingninger i nedbørsmængden og nedbørens fordeling over året ref. 1.1.

Klimaets indflydelse på regimet behandles dog ikke her, dels af tidsmæssige grunde - men primært fordi klimaændringerne ikke kan styres.

Regimet er også styret af afvandingsforhold, der i et naturligt system regulerer sig selv efter vandmængden. I et naturligt vandløb strømmer små vandmængder i en strømmende i bunden, mens store vandmængder typisk medfører oversvømmelser langs vandløbet.

Regimet har i Åmose Å-systemet været næsten selvregulerende frem til 1800-tallet. Anlæg af vandmøller er dog en væsentlig undtagelse. I løbet af middelalderen anlagdes vandmøller, som udnyttede det stærke fald på Åmose Å fra kote 25 m ved Bromølle til kote 5 m straks nedstrøms Øresø Mølle. Endvidere anlagdes en vandmølle på Nedre Halleby Å ved Ågerup. I møllernes drift søgte man at holde vand fra store afstrømninger tilbage, så man fik en stabil vandføring over møllehjulet.

Mølledammene var dog af begrænset størrelse og har ikke haft mærkbar indflydelse på afstrømningsregimet generelt. De store effekter har været lokale omkring møllerne.

Nedre Halleby Å må være reguleret en gang i første halvdel af 1800-tallet. Under en opmåling af vandløbet i 1874 omtales to "omløbsrender", en fra Tis Sø til Aaløbet" og en ved "Agerup Kro". (Udskrift af LVK-forretningen vedrørende regulering af: Øvre Halleby Å, Nedre Halleby Å og Helsing Å). Herved er vandføringsevnen i Nedre Halleby Å formentlig øget, og man har fået et hurtigere fald fra vintervandstand til sommervandstand i Tissø og omegn.

Denne antagelse støttes af topografisk kort fra 1771, 1809, 1823 og 1863. Se bilag 1.1-1.4.

På de ældste kort ses en markeret vig i søen ved udløbet, bilag 1.1 og 1.2. Denne vig forsvinder på de yngre kort, bilag 1.3 og 1.4. Det tyder på, at sommervandstanden i Tissø er sænket (lidt) mellem 1809 og 1823. Men det er næppe sandsynligt, at vandstand og vandføring er blevet påvirket i vinterens maksimums-situation.

Vi slutter heraf, at regimet i Åmose Å-systemet i hovedtræk har været selvregulerende frem til et stort afvandsingsprojekt i 1880'erne.

I efterfølgende diskussion af "oprindelige forhold" refereres til situationen i 1870'erne.

Sommervandstanden i Tissø har oprindeligt ligget lidt under kote 2 m. Tærskelkoten mellem Tissø og havet har i 1874 ligget omkring 1,65 m DNN.

Tærskelkoten er beregnet ud fra akter i landvæsenskommissionens arkiv. Det drejer sig om: 1) Nivellement fra 1874, samt 2) Noter fra åstedsforretning på Halleby Bro i 1887. Det antages, at fixpunktet fra nivellementet er genfundet som G.I.fixpunkt nr. 18-08-9001.

Tærsklen fandtes dengang ca. 1 km nedstrøms Tissø. Sommervandstanden i søen har altså været lidt højere end 1,65 m DNN.

Ved reguleringen af Nedre Halleby Å i 1883 rejste Tissøs bredejere krav om, at minimumsvandstanden ikke måtte falde under det normale. Den normale minimumsvandstand udpegedes til 1,80 m over DNN; det svarer udmærket til en 6-fods-kote angivet på 1863-kortet, 6 fod er lig 1,88 m.

Vintervandstanden i Tissø har oprindeligt ligget omkring kote 3 m. Tissø er omgivet af klinter mod nordvest og øst. Klinterne har basis omkring 3 m over DNN, de er sandsynligvis dannet ved erosion i søens kystzone under stormsituationer om vinteren.

Denne antagelse støttes af topografiske kort. Se bilag 1.1-1.6.

På bilag 1.6 ses området syd for Tissøs udløb navngivet "Lunden ved Tissø". Området hører til Sæby sogn, men adskilt herfra af Hallenslev sogn. Ved høje vandstande har Tissø forbindelse til en vandfyldt Bøstrup Mose både nord og syd om "Lunden ved Tissø", der således bliver en ø i søen. "Lunden ..." er åbenbart en gammel "vinterø" i søen. En sådan ø, der bærer navnet Quægsholm, ses på Videnskaberne Selskabs kort fra 1771, bilag 1.1. Kvægholm ligger i dag i Bøstrup Mose, bilag 1.2, 1.4, 1.5 og 1.6, navngivningen på kortet fra 1771 er nok forkert, men aftegningen af en "vinterø" mellem Tissø og Bøstrup Mose er tydelig. Niveauet for sognegrænsen mellem "Lunden ..." og Hallenslev sogn er knapt 3 m over DNN.

Et andet indicium for en maksimalvandstand omkring kote 3 m er opmålinger i forbindelse med en landvindingssag for Bøstrup Mose Å fra 1940. Tissø er umatrikuleret, og i kortmaterialet fra 1940 er angivet "Gl. søgrænse" fra ma-

trikelkortene. Denne grænse skærer et jordpunkt med koten 3.12 m. Kortet viser lavere koter både vest, nord og syd for "Lunden ...", som altså har været en ø.

Vandføringens variation er vanskeligere at bestemme, da vi ikke har fundet vandføringsmålinger fra Åmose Å-systemet før 1920. De første målinger er foretaget ved Bromølle ca. 10 km opstrøms Tissø. Da vandløbene i oplandet til målestationen til Bromølle først er reguleret i 1931-1932 kan målingerne fra 1921-1930 anvendes som indikation på det upåvirkede regime for tilstrømningen til Tissø. Fra 1921-1930 målt (årgennemsnit) ved Bromølle: Middelvandføring = 1690 l/sek., maksimumvandføring = 8400 l/sek. og minimumvandføring = 83 l/sek. Det absolutte minimum lå dengang under 15 l/sek., absolut maksimum var godt 14000 l/sek. ref. 1.2.

Omkring disse gennemsnit har vandføringen naturligvis svinget fra år til år. Afstrømningens konsekvenser for jordbrugerne omkring Øvre Halleby Å er beskrevet i Landvæsenkommissionsmødet i Høng den 9. august 1878 af Thøgersen, Hallebygården:

... "Som almindelig Regel sætter Vandet op over Engene sidst i Oktober Maaned. Disse ere da oversvømmede mere eller mindre indtil en Uge eller to ind i April, men det er kun Overfladevandet der gaar bort til den Tid. Selve Engbunden er til langt ind i Maj som en eneste Svamp, opsuget af Surt og koldt Vand, som forhindrer Græsvegetation, kun udviklende kolde Taager og Nattefrost for de omliggende Agre" ...

Thøgersen beskriver derefter, hvorledes man i 1850'erne flere gange havde vanskelighed med høbjergning, mens eftergræsning og tørveskæring var en umulighed. Lodsejerindlæg er aftrykt i bilag 1.7.

I sine erindringer fra barndommen i 1860'erne har Karoline Graves beskrevet Husmands- og Bondelivet i egnen ved Halleby Å. Om Lille Åmose fortæller hun blandt andet:

"Sæbygaards Mose grænsede ved den ene Side til Hejrebjærg Skov, og paa den anden Side i Baggrunden ligger Trustrup Skov, og midt hen ad Mosen snoede Hallebyaaen sig i en utrolig Masse Bugtninger, som længere hen i Tiden er rettet betydeligt. (...) Det er en herlig Plet; man indrettede det gerne, saa man kunde lejre sig ved Aabredde og spise den medbragte Mellemmad. De, der var langt borte fra, maatte have Mad med til hele Dagen. Hos os var det derimod en fast Regel, at den Dag maatte en Hane eller en Høne lade livet, saa vi kunde faa Hønsekødssuppe med ny Kartoffler og Gulerødder; (...). Slaeningen foregik omkring den 14.-15. Juli, saa det kunde som Regel nok naas at faa ny Kartoffler.

(...)

Til 1. September var Græsset i Mosen atter vokset noget op; saa modtoges der en Del Kreaturer til Eftergræsning; det var Ungkvæg og Goldkøer, som for en billig Penge kunde gaa der i nogle Uger og blive i god Foderstand."

(...)

Reference 1.3.

Ovenstående beskrivelser passer med afstrømningsbilledet fra 1920'erne, hvor middelvandføringen ved Bromølle er over 1700 l/sek. fra november til marts med højeste månedlige middelværdi 6700 l/sek. i februar 1922, middelvandføringen i maj og oktober er omkring 600 l/sek. og middelvandføringen fra juli til september er omkring 100 l/sek. Store områder er blevet oversvømmede om vinteren og har

Stemmeværk ved Tiss Sø.

Stemmerør
Stemmeværk for den nedlybende Sla.

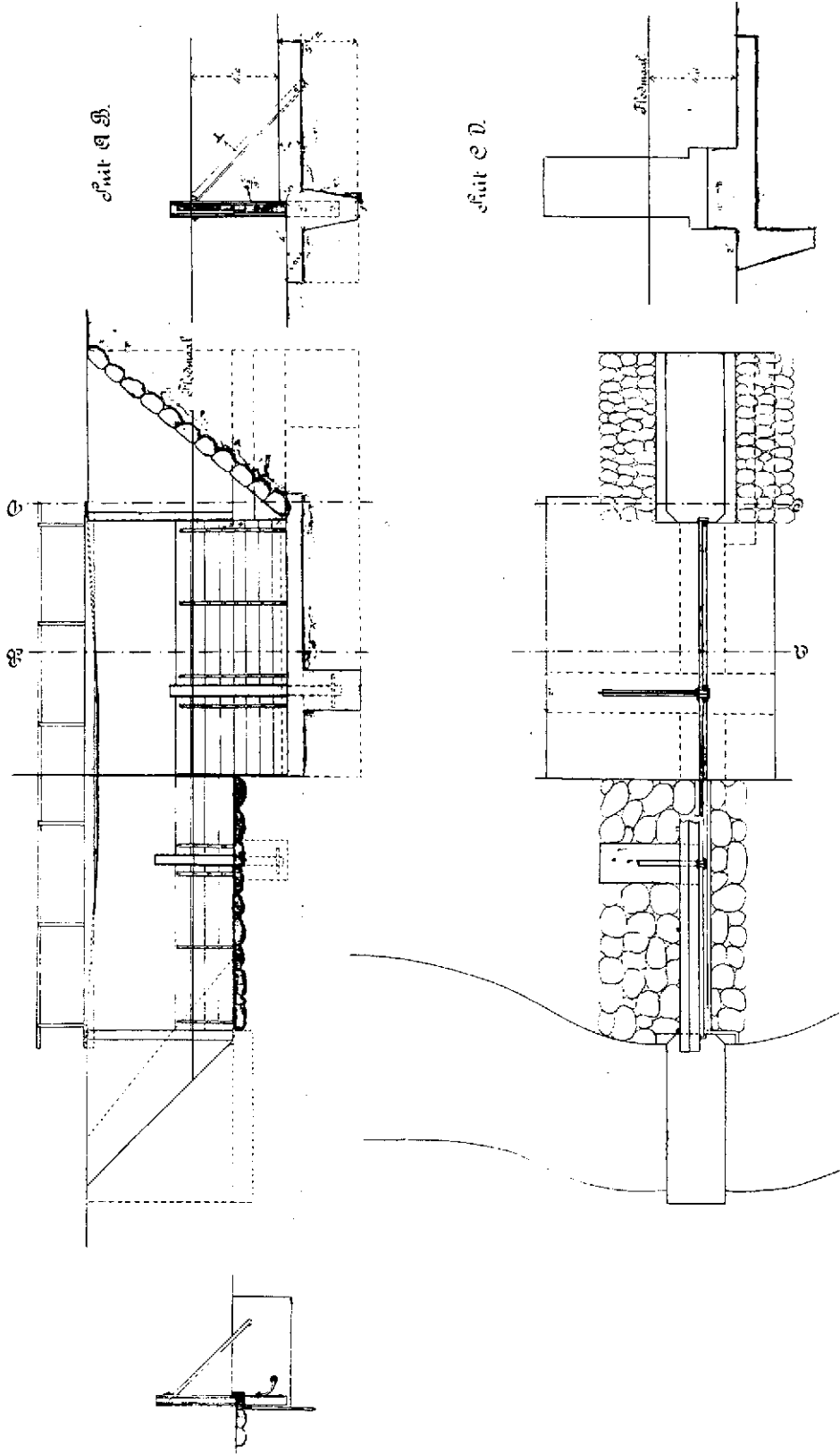


Fig. 1.1

Fig. 1.2

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 m.

Udlobet i September 1897.

Albrecht

Figur 1.1

Profil af stemmeværket ved udløbet fra Tissø. Kopi af original konstruktionstegning.

udjævnet afstrømningsmønstret nedstrøms Tissø. Nedre Halleby Å har altid haft mindre maksimumsvandføring og større minimumsvandføring end Øresø Mølle.

For det oprindelige regime kan skønnes hovedtallene i tabel 1.1:

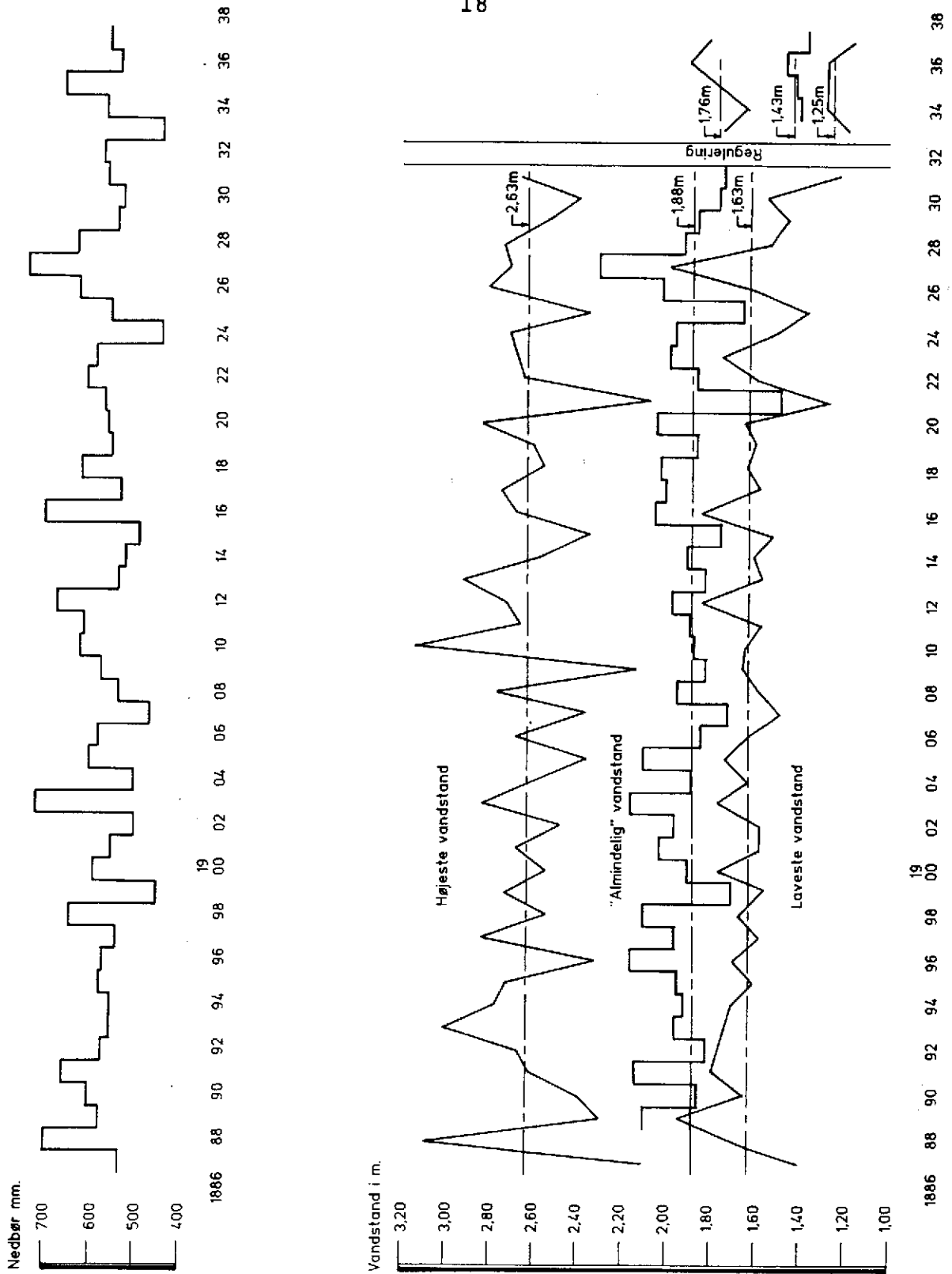
"Oprindeligt" (1921-1930)	Absolut minimum	Median- minimum	Median- maksimum	Absolut maksimum
Vandstand i Tissø	-	1,8 m	3 m	-
Vandføring				
- ved Bromølle	< 15 l/sek.	87 l/sek.	8600 l/sek.	14000 l/sek.
- ved Bakkendrup	<100 l/sek.	100 l/sek.	7000 l/sek.	>7000 l/sek.

1.2 Reguleringer

Åmose Å-systemet er reguleret af flere omgange.

Første dokumenterede indgreb sker i 1883 ved uddybning af Nedre Halleby Å. Denne regulering førte til en af søbred-ejerne uønsket sænkning af søens vandstand, idet man havde brug for de eksisterende enge til græsning og høslet. Søbredejerne fik derfor i 1889 tilladelse til at opstemme vandspejlet i Tissø på nærmere fastsatte vilkår, og i 1891 vedtog amtsrådet at opføre et stemmeværk i forening med søbredejerne. Stemmeværket ses på figur 1.1.

Stemmeværket blev drevet efter tilladelsens vilkår indtil 1931, hvor det blev ombygget i forbindelse med en samlet regulering af Øvre og Nedre Halleby Å. For dette stemmeværk er fastsat flodemålsbestemmelser for vandstanden i Tissø i årene 1931, 1940, 1961 og 1984.



Figur 1.2

Vandstandsvariationer i Tissø i årene 1886 til 1937. Figuren viser for hvert år højeste vandstand, laveste vandstand og "almindelig vandstand" samt gennemsnitsværdierne heraf for perioderne 1887 til 1931 samt 1933 til 1936.

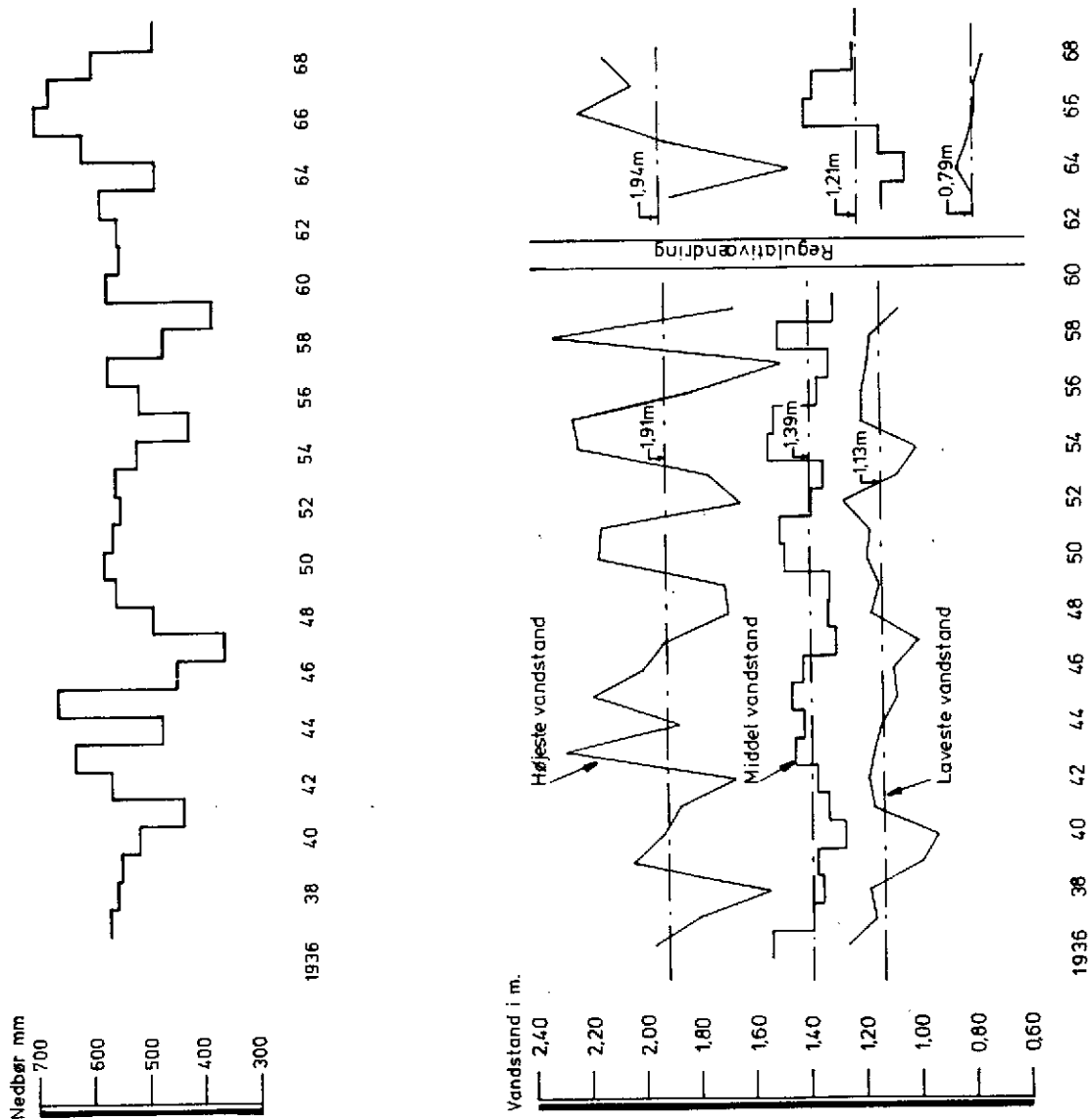
Gennemsnitsværdierne er	[1887-1931]	[1933-1936]
Højeste vandstand :	2,63 m over DNN,	1,76 m o. DNN
"Almindelig vandstand" :	1,88 m over DNN,	1,43 m o. DNN
Laveste vandstand :	1,63 m over DNN.	1,25 m o. DNN

Ved uddybningerne af Nedre Halleby Å sænkedes tærskelkoten, stemmeværket fra 1891 fik en tærskelkote på 1,07 m over DNN. Vandet måtte kun opstemmes i perioden fra 1. juni til 15. oktober, bredejerne fik tilladelse til at stemme vandet op til 2,10 m over DNN i denne periode.

Reguleringen i 1931 medførte ombygning af stemmeværket. Stemmeværket er fortsat indrettet med fire fag, der enkeltvis kan åbnes/lukkes. Tærskelkoten er i regulativ for Tissø (fra 1966) oplyst til 0,36 m over DNN, ved opmåling i 1988 bestemtes koten til 0,40 m.

I forbindelse med reguleringen af 1931 fastsattes bestemmelser for Tissø, så vandstanden: "ingensinde bliver lavere end 1,35 m over DNN og - saa vidt muligt - ikke højere end Flodemaalsmærket" (1,55 m over DNN). Disse bestemmelser ændredes i 1940 til følgende regler for stemmeværket: Mellem 1. april og 31. august holdes vandstanden mellem 1,35 m og 1,50 m over DNN; mens stemmeværket i resten af året holdes helt åbent, hvis vandstanden er højere end 1,35 m over DNN og helt lukket, hvis vandstanden synker under 1,10 m over DNN; dog holdes stemmeværket altid helt åbent i perioder, hvor der er is og/eller isflager på søen. Til brug for landvæsenskommissionen opgjordes variationerne i Tissøs vandstand mellem 1891 og 1936, se fig. 1.2.

Reguleringen af vandløbene og sænkningen af søens vandstand ønskedes af jordbrugserhvervet, der derved kunne inddrage lavtliggende områder i omdriften. For en bevaret vandstand i søen talte ifølge akterne fra landvæsenskommissionens kendelse af 1940 primært fiskeriinteresser, men også Gørlev Sukkerfabrik ønskede vandstanden bevaret af hensyn til deres vandindvinding.



Figur 1.3

Vandstandsvariationer i Tissø i årene 1936 til 1968. Figuren viser for hvert år højeste vandstand, laveste vandstand og middelvandstand samt gennemsnitsværdierne heraf for perioderne 1936 til 1959 samt 1963 til 1968.

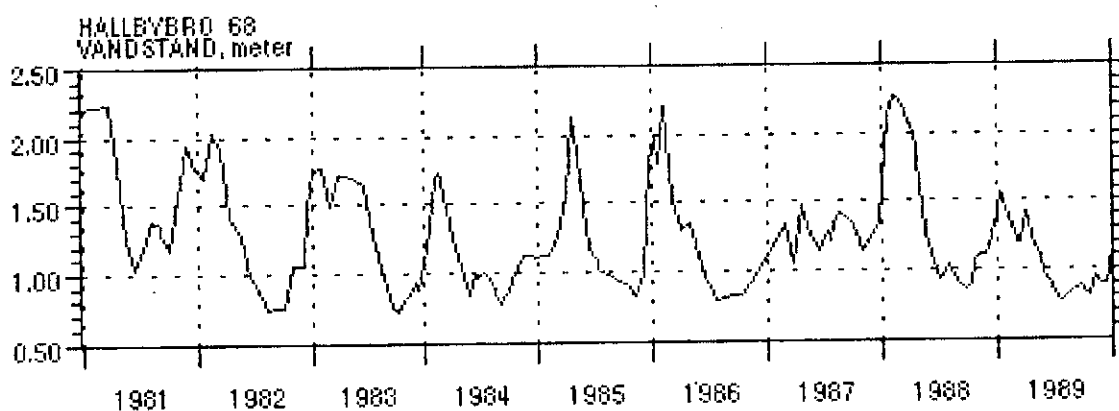
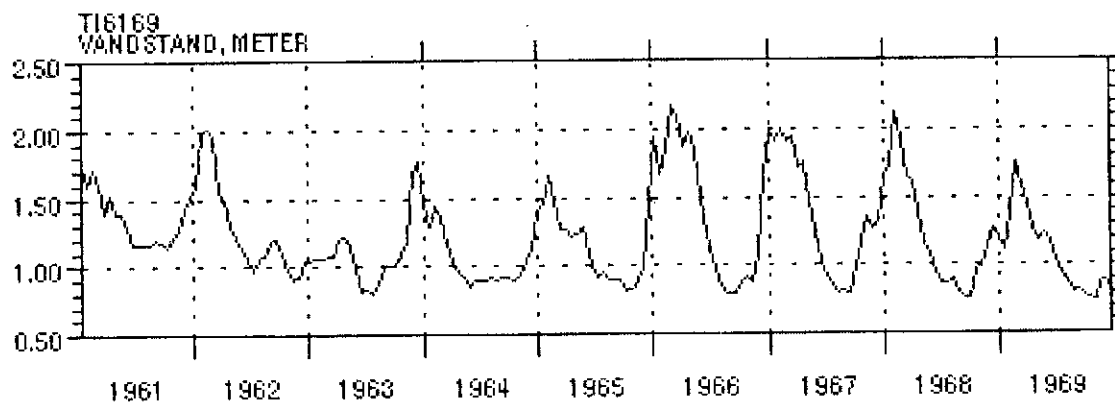
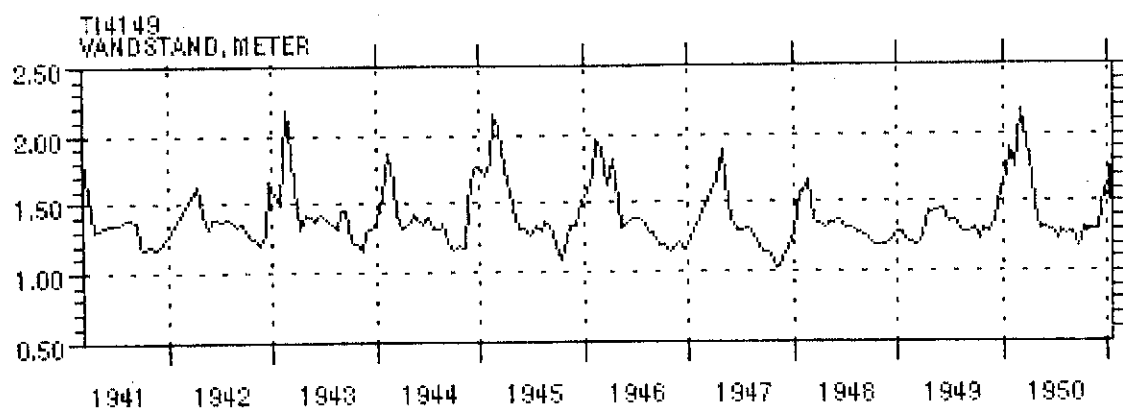
Gennemsnitsværdierne er	{1936-1959}	{1963-1968}
Højeste vandstand :	1,91 m over DNN,	1,94 m o. DNN
Middelvandstand :	1,39 m over DNN,	1,21 m o. DNN
Laveste vandstand :	1,13 m over DNN.	0,79 m o. DNN

Nedre Halleby Å's naturlige udløb til Jammerland Bugt sker gennem "Flasken", fra Tissø til udløbet i Storebælt er ca. 12 km. Udløbet er forlagt ca. 3 km mod syd på grund af dominerende materialevandring mod syd langs kysten af Jammerland Bugt. I eftersommeren 1940 blev gravet et nyt udløb i stranden. Dette udløb anlagdes, hvor Nedre Halleby Å drejede mod syd inden for havaflejringerne. Arbejdet udførtes på Gørlev Sukkerfabriks bekostning, fordi afløbsvandet derfra i roekampagnen dræbte fiskeyngelen i "Flasken". Åens gamle udløb afspærredes herefter i roekampagnen, således at spildevandet ikke kunne nå "Flasken".

Opstrøms Tissø blev Åmose Å reguleret i 1931-1932. Store Åmose blev afvandet ved at uddybe åen over ca. 30 km, gennemsnitligt 1 m. Under krigen blev afvandingens virkning på grundvandsspejldybden næsten neutraliseret ved tørvegravning. Afvandingen af Store Åmose førte til større gennemsnitlig minimumsvandføring ved Bromølle. Den gennemsnitlige maksimumsvandføring og middelvandføring var uændret. Gennemsnitlig minimumsvandføring ved Bromølle i perioden 1932-1957 var 160 l/sek., absolut minimumsvandføring 30 l/sek.

Tørvegravningen under og efter krigen berørte også Lille Åmose. Tørveproducenterne her havde interesser i en lav vandstand, og amtsvandinspektøren søgte at holde vandstanden i Tissø så nær de nedre flodemål som muligt. Vandstandsvariationerne i årene fra 1936 til 1959 samt fra 1963 til 1968 er vist på fig. 1.3.

I 1954 rejstes en ny sag for landvæsenskommissionen, idet 75 lodsejere ved Øvre Halleby Å ønskede stemmeværket fjernet for at opnå en yderligere sænkning af søens vandstand. Kommissionen bestemte i 1961, at stemmeværket ikke skulle fjernes, men bruges til at forhindre unødvendig stærk vandstandssænkning i den tørre sommertid. Det bestemtes,



Figur 1.4

Målte vandstande i Tissø 1941-1949, 1961-1969 og 1981-1989. Figurene er baseret på aflæsninger af vandstanden i Tissø (ca. 20 gange hvert år).

"at der, når vandstanden i søen når ned til kote 0,75 m på et ved Halleby bro anbragt vandstandsbræt, skal anbringes stemmeplanker i stemmeværket med overkant i denne højde, og at denne opstemning først fjernes igen, når vandstanden i søen er steget 10 cm til kote 0,85 m". Den målte vandstand i søen i 1940'erne, 1960'erne og 1980'erne er vist på fig. 1.4.

Store Åmose er for anden gang hovedafvandet efter krigen i årene 1958-1959. Den anden afvanding bestod i uddybning af 17 km af åen. Desuden blev en del tilløb uddybet og delvist forlagt, så vandstandssænkningen i området gennemsnitligt blev 2 m. Interesseområdet for begge afvandings-sager omfattede ca. 10% af målestationens opland.

Efter denne afvanding øges den gennemsnitlige vandføring ved Bromølle. Gennemsnitlige vandføringer i perioden 1965-1985 er bestemt til:

middel = 2120 l/sek.
maksimum = 10410 l/sek.
minimum = 290 l/sek.

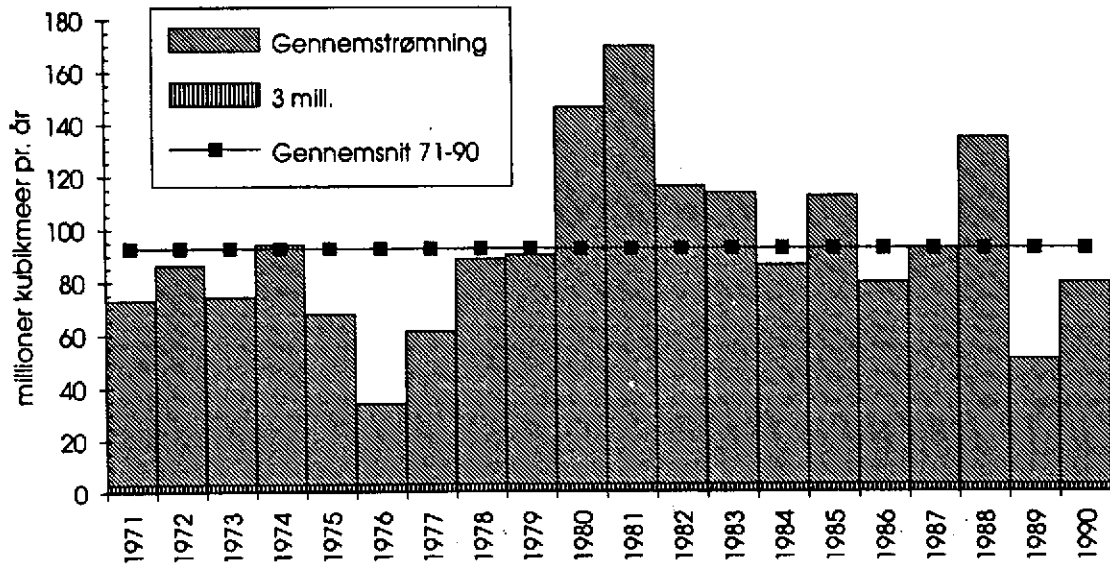
Generelt gælder for afvandingerne af Åmose Å:

"En analyse af månedmidler og månedminima viste, at ændringerne i Åmose Å kan henføres til ændringer i vandføringen april-oktober. Månederne november-marts udviste ingen påviselig forandring i undersøgelsesperioden."

Ref. 1.2.

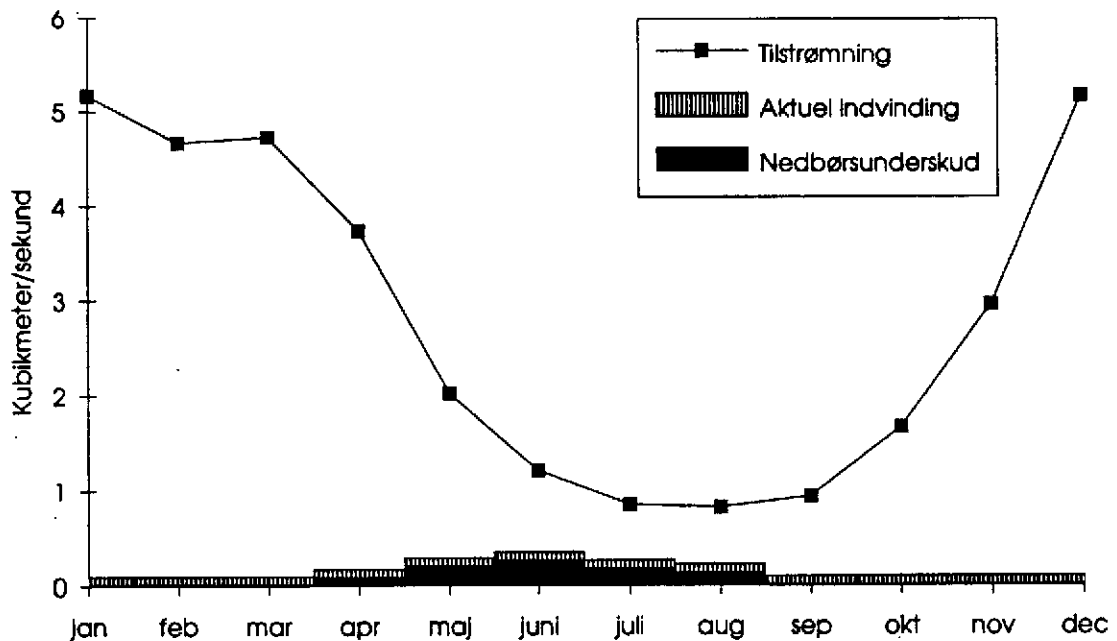
De gennemførte afvandinger er drevet af samfundets ønske om mere agerjord. Denne interesse er i de senere år blevet reduceret i betydning sammenholdt med f.eks. interessen i et varieret plante- og dyreliv i vandløb og søer.

Den ændrede vægtning ses i 1984, hvor Vestsjællands amtsråd vedtog et regelsæt, der bevirker en trinvis lukning af Tissø-stemmeværkets fag. De første to af stemmeværkets



Figur 1.5

Årlig gennemstrømning i Tissø 1971-1990, Figuren viser tillige periodens gennemsnitlige gennemstrømning, og den aktuelle indvindings størrelse siden midten af 1970'erne. Tallene er baseret på målinger af afstrømningen ved Bromølle, Oplandet til Tissø er 414 km².



Figur 1.6

Månedsgennemsnit af tilstrømningen til Tissø 1961-1990. Figuren viser tillige aktuel indvinding (3 mill. m³/år) og nedbørsunderskud i sommermånederne. Tallene for tilstrømning er baseret på målinger af afstrømning ved Bromølle, tallene for nedbørsunderskud er baseret på gennemsnitstal for den sjællandske øgruppe i normalperioden 1961-1990.

fire fag lukkes, når vandstanden falder til kote 1,05 m, næstsidste fag lukkes, når vandet når kote 0,95 m og sidste fag ved 0,75 m over DNN. Derved falder vandstanden i søen lidt langsommere, fordi afstrømningshastigheden i en del af perioden mindskes. Ønsket var at sikre afstrømning gennem Nedre Halleby Å i sommerperioden af hensyn til fiskenes frie vandring.

Ændringen af stemmereglene var forhandlet med jordbrugerne, som ikke havde interesse i lavere vandstand end kote 1 m i maj og juni måned.

Ændringen i stemmereglene fulgtes op i 1985, hvor amtsrådet vedtog en ændret brug af stigbordene omkring "Sukkerfabrikkens udløb". Stigbordet i hovedløbet blev nedlagt og stigbordet i Sukkerfabrikkens udløb sat i fast højde - nemlig i kote 0. Denne ændring var en følge af, at Gørlev Sukkerfabrik siden 1982 har udledt spildevand via havledning til Jammerland Bugt.

1.3 Nuværende forhold

Tissø er i dag 12,3 km² stor. Størrelsen gælder for et vandspejl på 1,0 m DNN.

Tissø indeholder således ca. 1,2 mill. m³ vand inden for 10 cm's højdeinterval.

Tilstrømningen til Tissø har på årsbasis varieret som vist på figur 1.5. I figuren er indtegnet den nuværende indvinding: 3 mill. m³/år. Tilstrømningen er dog meget skævt fordelt over året, idet langt størstedelen af afstrømningen sker i vinterhalvåret.

Figur 1.6 viser månedligt gennemsnit af søens vandbalance. Forskellen mellem kurven og søjlerne viser vandmængden, der løber ud af søen eller magasineres i søen. Det ses, at

nedbørsunderskud og indvinding i sommermånederne tager omkring halvdelen af tilstrømningen.

For at holde vandstanden i Tissø oppe, har man som ovenfor nævnt lukket afløbet helt hver sommer mellem 1896 og 1984. Havde man ikke lukket afløbet var vandstanden i søen faldet for meget, da vandføringsevnen i afløbet er langt større end tilstrømningen om sommeren. Ændringen af stemmereglerne i 1984 har betydet, at afløbet kun har været lukket helt tre år ud af fire.

For det nuværende regime kan skønnes hovedtallene i tabel 1.2:

1971-1990	Absolut minimum	Median-minimum	Median-maksimum	Absolut maksimum
Vandstand i Tissø	<0,75 m	0,8 m	2 m	2,5 m
Vandføring				
- ved Bromølle	115 l/sek.	306 l/sek.	11322 l/sek.	16000 l/sek.
- ved Bakkendrup	20 l/sek.*	50 l/sek.*	9000 l/sek.	12000 l/sek.

* De fleste år har afløbet fra Tissø været spærret i minimumssituationen. Vandføringen stammer derfor hovedsageligt fra Bøstrup Å.

Set i forhold til det oprindelige regime er vandstanden i Tissø faldet, minimumsvandføringen i Nedre Halleby Å er faldet, mens maksimumvandføringen er steget. Reguleringerne har ført til en hastigere ændring i vandføring og vandstand gennem hele Åmose Å-systemet.

1.4 Indvinding fra og udledning til Tissø

Der er formentlig altid taget vand fra Tissø til brug for mennesker og dyr fra de omliggende landbrug. Denne indvinding har været ubetydelig i forhold til den naturlige vandføring gennem søen. Tilstrømningen til søen er gennemsnitligt $83.000.000 \text{ m}^3/\text{år}$ (i perioden fra 1920 til 1990).

Ved etableringen af "Sukkerfabrikken Vestsjælland" i Gørlev i slutningen af forrige århundrede etableredes et indvindingsanlæg til fabrikken. Fabrikken er stadig i drift og har i 1980'erne indvundet ca. 400.000 m^3 årligt. Fabrikken har fra 1937 til 1976 indvundet ca. $3.000.000 \text{ m}^3$ pr. år, sukkerfabrikkens indvindingstilladelse er på $4.000.000 \text{ m}^3$ pr. år. Vanding i landbruget blev almindeligt efter krigen og begyndende i 1958 er givet en del mindre tilladelser til markvandning. Endelig har Kalundborg kommune tilladelse til at indvinde $3.000.000 \text{ m}^3$ årligt fra Tissø.

De samlede tilladelser er af størrelsen 230 l/sek. Det modsvarer nettotilstrømningen til Tissø i minimumssituationen, og fører til en lidt hurtigere afspærring af afløbet, end det ellers havde været nødvendigt. Efter afspærringen af afløbet bevirker indvindingen, at afløbet må holdes lukket i længere tid, end det ellers havde været nødvendigt. Søens vandspejl synker normalt ikke på grund af indvindingen, når afløbet er spærret. Men vandspejlet stiger langsommere, end det ellers havde været tilfældet. I forhold til den maksimale vandføring er indvindingen derimod ubetydelig, og vandspejlet i maksimumssituationen påvirkes ikke heraf.

Svarende til indvindingen er der formentlig altid tilledt spildevand til Tissø gennem de vandløb, som fører til søen. Spildevand i større mængde kommer dog først i takt med

en udbygget vandforsyning. Der findes ingen storbyer i Tissøs opland, så det oprindelige regime har været upåvirket af indvinding og udledning af spildevand.

I takt med udbygningen af vandforsyningen er spildevandsudledningen øget og efterhånden tilledt recipienten direkte (eventuelt efter rensning). Herved er minimumsvandføringen generelt steget nedstrøms spildevandsudledningerne. Spildevandsmængden udgjorde i 1982 ca. 12% af medianminimumsvandføringen i Øvre Halleby Å, ref. 1.4.

1.5 Referencer:

- 1.1 Thomsen, Richard (1987):
Vandressourcerne og klimasvingninger.

Miljøstyrelsen:
Miljøprojekt nr. 89.
- 1.2 Houmøller, O. og M. Lintrup (1987):
Afvandingsindflydelse på vandføringen i nogle danske åer.

Skov- og Naturstyrelsen:
Marginaljorder og miljøinteresser,
teknikerrapport nr. 22.
- 1.3 Graves, K. og H. Ussing (1942):
Ved Halleby AA.
Munksgaard.
- 1.4 Det Danske Hedeselskab (1983):
Synkronmålinger i Åmose Å 1982,
Vestsjællands Amtskommune.

2 TISSØ'S MILJØTILSTAND OG MULIGE PÅVIRKNING AF ØGET VANDINDVINDING

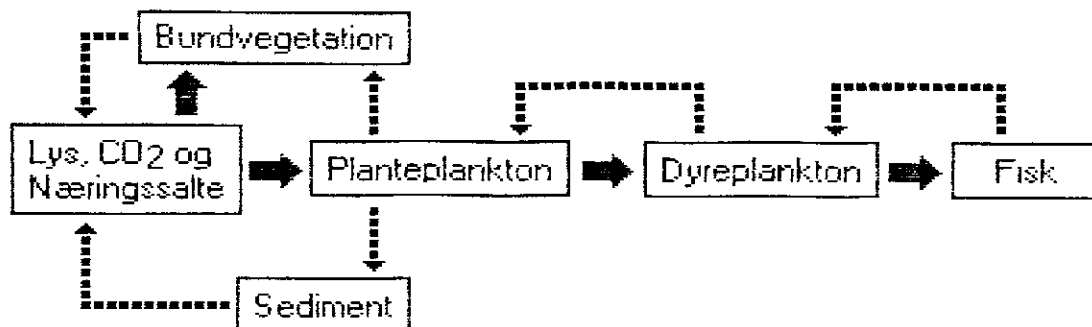
2.1 GENERELT OM TILSTANDEN I SØER

Miljøtilstanden i søer er først og fremmest karakteriseret ved forholdene i de frie vandmasser.

Det biologiske samfund i de frie vandmasser udgøres af planteplankton, dyreplankton og fisk. Mængden af næringssalte, specielt fosfor, er styrende for produktionen af planteplankton, der tjener som føde for dyreplankton, der igen er fødegrundlag for søens fiskebestand. Det er således tilførslen af næringssalte, der er den væsentligste styrende faktor for miljøtilstanden, ref. 2.1 og 2.2.

Ved stigende tilførsel af næringssalte øges produktionen af planteplankton. Ved en moderat stigning resulterer dette blot i en tilsvarende øget produktion i fødekædens overliggende led. Ved større tilførsel indtræder imidlertid en række strukturelle ændringer af systemet. Disse ændringer, som til dels har en selvforstærkende karakter, betegnes under et som eutrofiering. Er eutrofieringen vidt fremskreden, er det vanskeligt at føre tilstanden tilbage til det oprindelige. De tre væsentligste processer er illustreret i figur 2.1.

Planteplanktonproduktionen stiger med det umiddelbare resultat, at søvandet bliver grønt og uklart. Der når der ved mindre lys ned til søbunden og betingelserne for bundvegetationen forringes. Bundplanternes udbredelse begrænses herved til de mest lavvandede områder eller de forsvinder helt. De næringsstoffer, der før var bundet i vegetationen, er herefter tilgængelige for planteplanktonproduktionen, som stiger yderligere.



Figur 2.1 Fødekæden i de frie vandmasser (udfyldte pile) og de ændringer, der følger af stigende næringssalttilførsel (stiplede pile).

Vandets nedsatte sigtbarhed medfører desuden, at rovfiskene får sværere ved at fange deres bytte. Herved stiger antallet af småfisk - søn "gror til med skidtfisk". Småfiskene æder dyreplankton, som reduceres kraftigt. Da dyreplankton lever af planteplankton betyder dette, at tætheden af planteplankton bliver større og sigtbarheden følgelig nedsat yderligere.

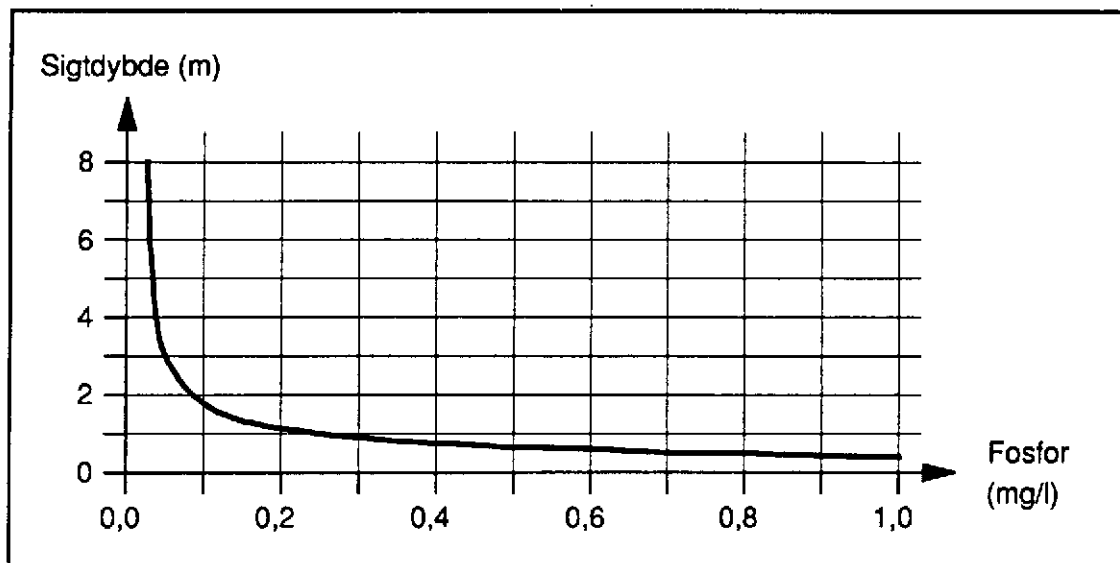
Endelig medfører den øgede produktion af planteplankton kombineret med det reducerede græsningstryk fra dyreplankton, at en stigende mængde planteplankton bundfælder og går i forrådnelse. De kemiske forhold ved bunden ændres herved, således at bundmaterialets evne til at binde plantenæringsstoffer mindskes. Bunden begynder derfor at afgive næringsstoffer, hvorved planteplanktonproduktionen stiger yderligere.

Ud over disse mængdemæssige forandringer i de nævnte kategorier af dyr og planter medfører eutrofieringen generelt en ændring af artssammensætningen i retning af, at et begrænset antal arter stiger i individantal på bekostning af de øvrige.

Da planteplanktonet, som det fremgår af ovenstående, indtager en helt central rolle i de processer, der er afgørende for forholdene i søer, er mængden af planteplankton en god målestok for søernes miljøtilstand. Enklest kan planteplanktonmængden angives ved sigtddybden, der er et mål for vandets gennemsigtighed.

Planteplanktonproduktionen er betinget af tilgængeligheden af en række næringsalte, vitaminer m.m.. Erfaringer fra et stort antal søundersøgelser viser imidlertid, at det primært er fosfortilførslen, der er bestemmende for produktionens størrelse, ref. 2.3.

Figur 2.2, der bygger på målinger fra et stort antal søer, illustrerer sammenhængen mellem søvandets fosforkoncentration og sigtddybden, ref. 2.2. Det fremgår, at det specielt er i intervallet fra 0.05 til 0.20 mg fosfor/l, en ændring af koncentrationen giver sig udslag i ændret sigtddybde.



Figur 2.2 Sammenhængen mellem gennemsnits totalfosforkoncentrationen om sommeren og sigtddybden i danske søer.

Den væsentligste andel af fosfortilførslen til søerne sker

med spildevand enten direkte gennem kloaker eller ved en mere diffus tilstrømning fra den spredte bebyggelse i det åbne land. Den resterende del skyldes hovedsageligt udvaskning fra dyrkede arealer.

På grund af kloakering, stigende forbrug af fosforholdige rengøringsmidler samt landbrugets voksende forbrug af kunstgødning er fosfortilførslen til søerne steget kraftigt især inden for de seneste 50 år. De fleste søer er derfor idag mere eller mindre eutrofierede med sigtddybder omkring en meter eller derunder.

2.2 DEN AKTUELLE TILSTAND I TISSØ

2.2.1 Vandkemi

Springlagsdannelse, hvorved vandmassen deles i et varmt overfladelag og et koldere bundlag, forekommer i Tissø normalt kun i kortere perioder i løbet af sommeren. Som regel er vandmassen i kraft af vindpåvirkningen godt opblandet. De iltforbrugene processer i bundvandet er derfor almindeligvis ikke i stand til at opbruge al ilten. Alvorlig iltmangel i bundvandet forekommer således kun undtagelsesvis i Tissø.

I selve bundlaget og vandet umiddelbart over dette vil der imidlertid oftest på grund af nedbrydningsprocesserne i sedimentet være reducerede iltforhold. Bundlagets fauna er derfor domineret af organismer, der er tilpasset et iltfattigt miljø (visse myggelarver og børsteorme).

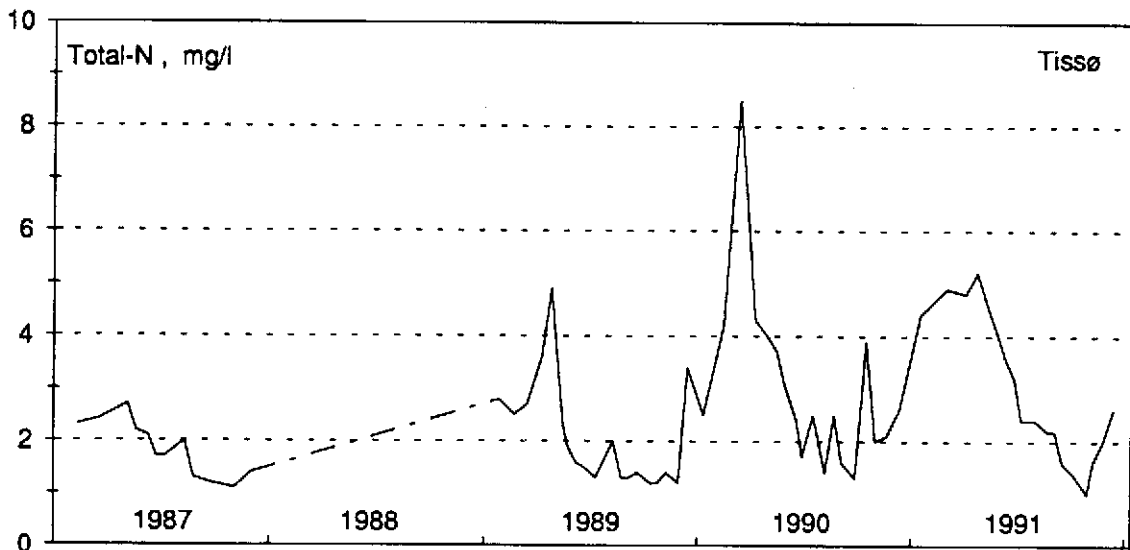
Søvandets indhold af de vigtigste næringstoffer, kvælstof og fosfor, er blevet målt årligt fra 1977 til 1989 i det tidlige forår, når vandmassen er totalt opblandet. I 1987

blev vandkemien undersøgt ved månedlige prøvetagninger. Siden 1989 er der taget prøver hver måned i vinterhalvåret og hver 14. dag i sommerhalvåret.

De årlige målinger siden 1977 viser en gennemsnitlig søvandskoncentration af totalfosfor på 0.11 mg/l med variation mellem 0.07 og 0.16 mg/l. Totalkvælstofkoncentrationen varierede mellem 1.3 og 7.1 mg/l med et gennemsnit på 4.3 mg/l. Den store variation i kvælstofkoncentrationen hænger sammen med, at kvælstoftilførslen, der hovedsageligt hidrører fra udvaskning fra landbrugsjord, er stærkt afhængig af de aktuelle meteorologiske forhold.

Resultaterne giver ikke grund til at antage, at nærings-saltforholdene er ændret siden 1977.

Resultaterne af de månedlige og halv-månedlige målinger fra 1987 og 1989-91 fremgår af figur 2.3 - 2.4.

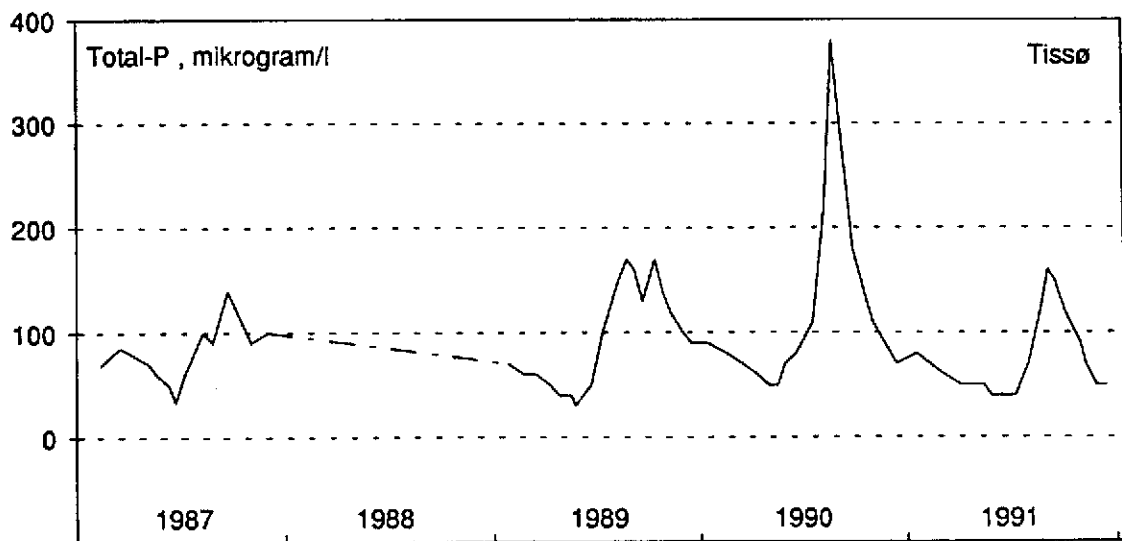


Figur 2.3 Variationen i søvandets indhold af kvælstof (total-N) i 1987 og i perioden 1989 til 1991.

Kvælstofkoncentrationen ligger gennemsnitligt på 2.5 mg/l.

Tallet kan ikke direkte sammenlignes med gennemsnittet af de før omtalte årlige målinger, der er udtaget på et tidspunkt, hvor koncentrationen er i maksimum. De højeste værdier måles normalt i foråret (marts-april) hvorefter koncentrationen falder til et minimum omkring oktober. Dette stemmer overens med, at kvælstoftilførslen først og fremmest sker med vinter- og forårsafstrømningen.

Den gennemsnitlige totalfosforkoncentration ligger på ca. 0.09 mg/l. I sommerperioderne fra maj til september, der er mest afgørende for søens tilstand, da det er her den væsentligste del af planteplanktonproduktionen finder sted, ligger gennemsnittet noget højere, omkring 0.1 mg/l. De laveste fosforkoncentrationer måles i maj-juni. I løbet af sommeren stiger koncentrationen til et maksimum i september.



Figur 2.4 Variationen i søvandets indhold af fosfor (total-P) i 1987 og i perioden 1989-1991.

Opbygningen af en høj fosforkoncentration sker i en periode hvor den eksterne fosfortilførsel er relativt lille og skyldes dels, at vandudskiftningen i sommermånederne er

ringe og der derfor kun fraføres små fosformængder gennem søens afløb, dels at bundsedimentet sidst på sommeren, hvor iltforholdene ved bunden er dårligst, antageligt frigiver betydelige fosformængder.

Ved sammenligning med figur 2.2 fremgår at Tissø med hensyn til fosforkoncentration ligger i det område, hvor en ændring har den maksimale effekt på sigtddybden og dermed søens generelle tilstand.

For danske søer ligger medianerne for kvælstof- og fosforindhold på henholdsvis 2.1 og 0.15 mg/l, ref. 2.3. Tissø placerer sig således med hensyn til kvælstofniveau i den mest forurenede halvdel, mens den med hensyn til fosfor ligger i den mindre forurenede del. Fosforkoncentrationen er dog stadig langt over niveauet for svagt påvirkede søer i naturområder, der ligger mellem 0.02 og 0.04 mg/l.

2.2.2 Næringssaltbalance

Næringssalte tilføres søer dels med spildevand dels ved udvaskning fra landbrugsjord og andre arealer i oplandet. Desuden tilføres en beskedne mængde med nedbøren direkte fra atmosfæren. Mængderne af til- og fraført kvælstof og fosfor er opgjort for Tissø i 1989 og 90.

Kvælstofudvaskningen afhænger af de klimatiske forhold, idet stor nedbør og relativ høj vintertemperatur giver stor udvaskning. Kvælstoftilførslen til søen varierer derfor, som forventet, meget. I 1989 udgjorde den ca 400 t, mens den i 1990 steg til ca 1100 t. Omkring 90 % af tilførslen sker i vinterhalvåret fra november til april.

30 % af de tilførte mængder forlader søen gennem afløbet. De resterende 70 % enten bindes i bundsedimentet eller omsættes til luftformigt kvælstof.

Fosforbelastningen varierer mindre en kvælstofbelastningen. I 1989 udgjorde den ca. 14 t. i 1990 ca 17 t. Også over året er variationen noget mindre, idet spildevandsmængden, som er den betydeligste fosforkilde, er nogenlunde konstant. Den forskel, der registreres i den samlede belastning, skyldes bl.a., at udvaskningsbidraget fra landbrugsjord er klimaafhængigt på tilsvarende måde som kvælstof; men også, at en del fosfor tilbageholdes i kloaker og vandløb i tørre perioder for senere at blive vasket ud i situationer med kraftig afstrømning. Tilførslen i vinterhalvåret udgør således lidt under 80 % af den samlede belastning.

I nedenstående tabel ses belastningens fordeling på kilder.

Tabel 2.1 BELASTNINGEN MED N OG P TIL TISSØ FORDELT PÅ KILDER, 1990. T/år

	Kvælstof	Fosfor
Spildevand fra anlæg	32	9.3
Spildevand fra spredt bebyggelse	8	2.7
Spildevand ialt	40	12.0
Udvaskningsbidrag	1010	4.9
Bidrag fra luften	21	0.3
Ialt	1072	17.1

Det fremgår, at udvaskningsbidraget for kvælstofs vedkommende udgør den helt overvejende del. Fosfor derimod tilføres hovedsageligt med spildevand. Spildevand fra rensningsanlæg bidrager med over 50 % af den samlede fosforbelastning.

2.2.3 Plankton

Tissø har en planteplanktonsammensætning, der er karakteristisk for dybere, alkaliske, næringsrige søer, ref. 2.4-2.6. Artsantallet er forholdsvis højt med kvantitativ dominans af næringskrævende arter som kiselalger og blågrønalger. Den artsrigeste gruppe er grønalgerne, hovedsageligt næringskrævende former, som imidlertid kvantitativt spiller en underordnet rolle. Planktonet indeholder en del repræsentanter for rentvandsgrupperne furealger, gulalger samt visse grønalger (desmidiacéer), dog kun med små individantal. Planteplanktonbiomassen er stor og sammenlignelig med hvad der findes i andre større, forurenede søer. Over året varierer mængden i et totopet forløb med et forårsmaksimum omkring maj og et i reglen betydeligt større sensommermaksimum i juli-august.

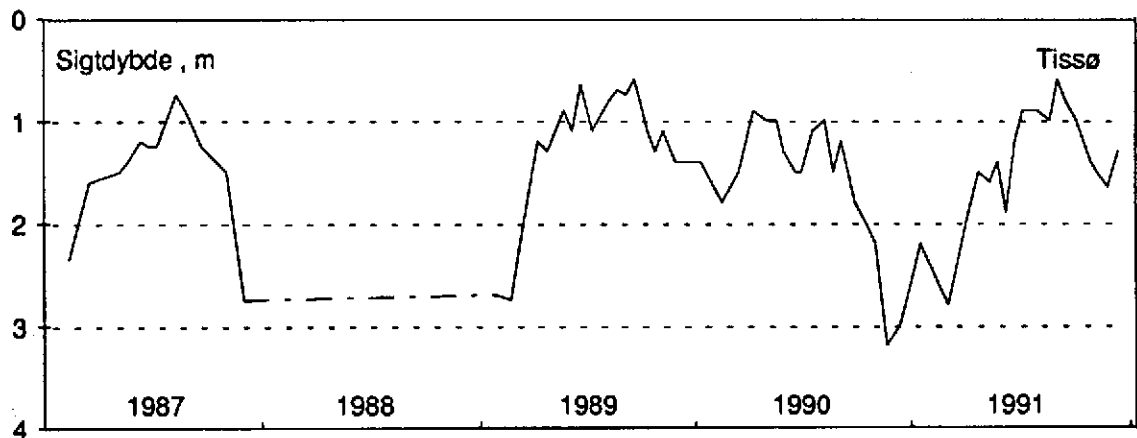
Tabel 2.2 PLANTEPLANKTON I TISSØ 1987, 1989 OG 1990
Gennemsnitlig biomasse og procentvise sammensætning (marts-oktober)

	1987		1989		1990	
	mm ³ /l	%	mm ³ /l	%	mm ³ /l	%
Blågrønalger	2.6	33	7.4	86	2.5	31
Rekylalger	0.2	3	0.1	1	1.3	16
Furealger	0.2	3	0.4	4	0.2	2
Kiselalger	4.0	52	0.2	3	3.3	42
Grønalger	0.4	5	0.2	2	0.5	6
Ubestemte arter	0.3	4	0.3	4	0.2	2
Total biomasse	7.8		8.6		7.9	
Maks. biomasse	21.3		19.1		24.0	
Måned	august		august		juli	

I de tre undersøgelsesår, som er sammenfattet i tabel 2.2, registreredes et ret ensartet mønsteret med hensyn til biomassens størrelse og årstidsvariation. De enkelte algegrupper andel af biomassen var imidlertid meget forskellig. I 1987 og 1990 var der dominans af kiselalger med subdominans af blågrønalger, mens der i 1989 var total dominans af blågrønalger. Begge grupper udgøres af næringskrævende former, der således konkurrerer om næringssaltene. Nøjagtigt hvilke faktorer der afgør, hvilken af de to grupper der dominerer, er uklart; men generelt fremmes blågrønalgerne af høj vandtemperatur og lav kvælstofkoncentration, kiselalgerne af dårlige lysforhold og høj kiselsyrekoncentration.

I år hvor sensommermaksimet udgøres af blågrønalger, vil store mængder af alger i rolige perioder stige til overfladen og drive sammen ved bredderne, hvor de kan dække vandoverfladen med et blågrønt, malinglignende lag. Fænomenet kaldes vandblomst. De vandblomstdannende arter udskiller i visse tilfælde stærke giftstoffer.

Sigtdybden, som er et indirekte mål for planteplanktonbiomassen, idet en lav sigtdybde afspejler en stor biomasse, varierer fra op imod 3 m om vinteren ned til godt 0.5 m i juli-august. Gennemsnitligt ligger den i sommerperioden fra maj til september på lidt over 1 m, figur 2.5.



Figur 2.5 Sigtdybden i Tissø i 1987 og 1989-1991.

Dyreplanktonet i Tissø er artsfattigt og relativt individfattigt, ref. 2.4-2.6. Biomassen domineres af copepoder (vandlopper), der altid udgør over halvdelen og til tider over 90 %. Næstvigtigste gruppe er cladocererne (dafnier), der udgør 10-40 % af biomassen, men som i kraft af deres størrelse tegner sig for en relativt større andel af græsningstrykket på planteplankton. De individ- og artsrigeste grupper er ciliater og rotatorier (hjuldyr). De er imidlertid alle så små, at de tilsammen kun udgør 2-8 % af dyreplanktonet, se tabel 2.3.

Tabel 2.3. DYREPLANKTON I TISSØ 1987, 1989 OG 1990
Gennemsnitlig biomasse og procentvise sammensætning

	1987		1989		1990	
	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%
Ciliater	<0.1	<1	0.1	5	0.1	3
Hjuldyr	<0.1	1	0.1	4	0.2	5
Cladocerer	0.4	14	0.4	23	2.1	37
Copepoder	2.2	85	1.2	68	1.8	54
Total biomasse	2.6		1.7		3.3	
Maks. biomasse	4.3		4.5		6.6	
Måned	maj		maj		juni	

Biomassen er lav vinteren igennem og stiger til et maksimum i maj-juni. Midt på sommeren er den atter lav men stiger i reglen til et sensommermaksimum, der er noget mindre end forårsmaksimet. I 1989 udeblev dette sensommermaksimum, formentlig på grund af dominansen af blågrønalger, som er et uegnet fødeemne for det dyriske plankton; gennemsnitsbiomassen blev af den grund betydeligt lavere dette år end i 1987 og 1990.

Det relativt talrige dyreplankton i maj udøver et bety-

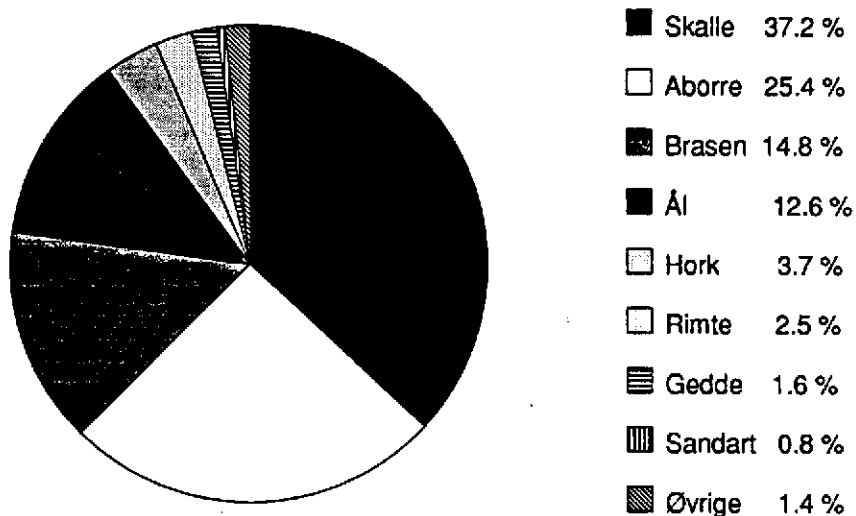
deligt græsningstryk på planteplanktonet, som resulterer i at mængden reduceres, men som desuden afstedkommer et skift i planteplanktonets sammensætning fra små, græsningsfølsomme arter til store, græsningsresistente former. Resten af sommerperioden er dyreplanktonmængden for lille til at regulere planteplanktonbiomassen.

Sammemfattende må planktonet både med hensyn til sammensætning og mængde betegnes som typisk for stærkt eutrofe søer. Der er dog stadig et islæt af søens oprindelige plankton, som må antages at have været mere individfattigt men artsrigt. Planteplankton har været domineret af rentvandsformer, gulalger, furealger samt visse grupper af kiselalger og grønalger. Der har antageligt været et væsentligt lavere forhold mellem planteplankton- og dyreplanktonmængden, således at dyreplanktonet har været i stand til at regulere biomassen af planteplankton hele året.

2.2.4 Fisk

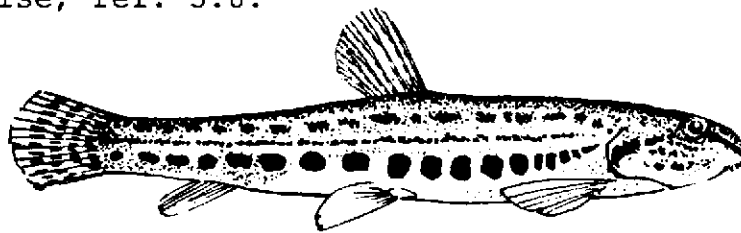
Fiskebestanden i Tissø blev ved undersøgelser i 1990, ref. 2.7, vurderet som værende lidt mindre end i andre næringsrige søer. Til gengæld er den usædvanligt artsrig med 16 registrerede arter, mod 7-9 arter som det almindeligste. Artsdiversiteten er forholdsvis god, idet bestanden vægtmæssigt domineres af mere end én art. De dominerende arter er skalle, brasen, aborre og ål. Derudover forekommer en række forholdsvis almindelige arter som hork, rimte, gedde, sandart, rudskalle og løje, der tilsammen udgør næsten 10 %. Endelig forekommer fåtalligt suder, karpe, karuds, trepigget hundestejle og pignomerling. Desuden må det formodes, at søen passeres af laksefisk, som vandrer imellem havet og vandløbene opstrøms Tissø.

Fordelingen af de vigtigste arter fremgår af figur 2.6.



Figur 2.6 Den vægtmæssige fordeling af de vigtigste arter af fisk i Tissø, 1990.

Som særlige faunaelementer kan rimte og pignmerling fremhæves. Søformen af rimte findes kun enkelte steder i Danmark. Pignmerling er omfattet af den danske rødliste over sjældne og truede planter og dyr, der kræver særlig beskyttelse, ref. 3.8.



Figur 2.7 Pignmerling (Tegnet af Carsten Groth-Pedersen).

Bortset fra, at aborre udgør en væsentlig del af bestanden, er arts- og størrelsesstrukturen typisk for næringsrige søer og kendetegnet ved at bestå af mange små planktonædere (små skaller, aborrer og brasen) samt former der overvejende lever af bunddyr (hork, store skaller og brasen samt spidssnudet ål).

Som yngel ernærer rovfisk sig af dyreplankton. Senere lever de hovedsageligt af "smådyr" på bunden og i vegetationen. Først når de har nået en relativt stor størrelse (for aborre > 20 cm og 4-5 år) kan de ernære sig som rovfisk.

I Tissø er der mangel på føde til rovfiskenes ungdomsstadier, bl.a. på grund af dårlige iltforhold ved bunden og den begrænsede udbredelse af bundvegetationen, så kun forholdsvis få rovfisk når at blive store. Rovfiskene er derfor ikke istand til at regulere bestanden af planktonædende "småfisk", som derfor holder dyreplanktonbiomassen nede på et lavt niveau. Dette er en medvirkende årsag til den store planteplanktonbiomasse og dermed den dårlige miljøtilstand i det hele taget.

Af rovfiskene er det specielt aborrebestanden, der er afgørende for tilstanden, ref. 2.8. Udgøres bestanden, som det er tilfældet i Tissø, næsten kun af små individer, trækker den i samme retning som de øvrige "småfisk"; hvis derimod en væsentlig del opnår rovfisk-størrelse, får den afgørende regulerende indflydelse på "småfisk"-bestanden. Den store betydning skyldes dels, at bestanden af aborrer normalt er langt større end bestandene af de øvrige rovfisk, gedde, sandart m.fl., dels at den i kraft af sin mindre størrelse ernærer sig af de relativt små byttedyr, som især er årsag til den dårlige tilstand.

En forbedring af tilstanden i Tissø hænger derfor nøje sammen med forbedrede levevilkår for de smådyr, aborren ernærer sig af i ungdomsstadiet; hvilket er ensbetydende med bedre iltforhold ved bunden og en mere udbredt bundvegetation.

Passageforholdene i vandløbene til og fra Tissø er af stor betydning for fiskebestanden, især naturligvis for de arter som vandrer, ål, laksefisk, rimte og skrubbe. Men også for

standfiskene spiller passageforholdene en hvis rolle, idet de er afgørende for muligheden for genetisk udveksling mellem bestandene i Tissø og bestandene i den øvrige del af vandsystemet. Betydningen heraf er antageligt størst for de mindre bestande som findes længere oppe i Åmoseå-systemet.

Strækningen mellem Tissø og Skarresø er spærret for opadgående fisk af 3-4 stemmeværker og stryg. Til havet er forbindelsen spærret når stemmeværket i Tissø's afløb er helt lukket.

2.2.5 Smådyrsfauna.

Der er ikke foretaget undersøgelse af smådyrsfaunaen i bredzonen. Dyrene her, som dels er knyttet til bundens overflade dels til vegetationen, er vigtige fødeemner for bl.a. ungdomstadierne af rovfisk.

Den egentlige bundfauna, d.v.s. smådyr der lever nedgravet i bunden uden for bredzonen, udgøres næsten udelukkende af røde børsteorme og myggelarver. Disse former er meget tolerante overfor dårlige iltforhold og forekommer i ret stort antal (16-22.000 individer pr m²). De udgør en vigtig næringskilde for de bundlevende fisk, som søger føde ved at rode i sedimentet d.v.s. især ål, hork, brasen og skalle. Derimod er rovfiskenes ungdomsstadier ikke istand til at udnytte denne fødekilde.

2.2.6 Bundvegetation

Rørskoven omkring Tissø er ret svagt udviklet. De dominerende plantearter er tagrør, smalbladet dunhammer og blågrøn kogleaks. Ved laveste vandstand i søen er størstedelen af rørskoven tørlagt og kan således ikke tjene som skjul for fiskeyngel.

En zone af rodfæstede flydebladsplanter mangler. Der er en beskedent forekomst af liden andemad.

Den egentlige undervandsvegetation er undersøgt langs 22 transekter vinkelret på kysten. Der er registreret 8 arter af vandplanter, med almindelig vandkrans, børsteblandet vandaks og hjerteblandet vandaks som de hyppigst forekommende, desuden er kransnålalgen *Chara globularis* og trådalgen *Cladophora sp.* almindeligt forekommende.

Vegetationen forekommer fra ca. 10 cm's dybde ud til omkring 1.5 m. Den største dybde hvor der blev fundet planter var 1.60 m. Dybdegrænser og forekomst af de 8 registrerede arter fremgår af tabel 2.4.

Tabel 2.4 UNDERVANDSVEGETATION I TISSØ
August-september 1989 ved vandspejl i kote 0.85 m

Art	Forekomst ud af 22 transekter	Forekomst	Dybdegrænse m
Almindelig vandkrans	15	hyppig	1.0
Aks tusindblad	1	fåtallig	0.7
Børsteblandet vandaks	20	hyppig	1.6
Hjerteblandet vandaks	8	hyppig	1.4
Kruset vandaks	2	fåtallig	1.6
Vandpest	1	enkelt forekomst	1.0
<i>Chara globularis</i>	10	almindelig	0.8
<i>Cladophora sp.</i>	6	almindelig	0.8

Bundvegetationens øvre grænse bestemmes af laveste vandstand, idet vandplanter generelt ikke tåler tørlægning. Den nedre grænse afhænger af vandets gennemskinnelighed,

normalt ligger dybdegrænsen ved 2 gange sigtdybden i vegetationsperioden. I Tissø falder sigtdybden fra omkring 1.5 m i juni til ca. 0.75 m i august. I samme periode falder vandstanden, hvilket så at sige modvirker effekten af den aftagende sigtdybde. Med den nuværende vandkvalitet vil en mindsket vandstandsamplitude, således at vandspejlet sænkes mindre i løbet af sommeren, medføre at såvel øvre- som nedre grænse for vegetationen rykker opad, men at arealet stort set forbliver uændret.

Vegetationens dækningsgrad er gennemgående ret ringe, dog danner især børstebladet vandaks og almindelig vandkrans stedvis ret tætte bevoksninger. Ialt udgør det bevoksede areal (fra kote 0.70 til kote -0.80) ca. 17 % af søens samlede areal svarende til godt 200 ha.

Bortset fra mangelen på flydebladsvegetation (åkander m.fl.) må vegetationen betegnes som typisk for en næringsrig sø, med dominans af vandaks-arter og andre næringskrævende former. Især hjertebladet vandaks, kruset vandaks og vandpest er tolerante overfor forurening.

Trådalgen *Cladophora* sp., der nærmest må betegnes som "ukrudt", optræder ofte i betydelig mængde i vand med stor næringsrigdom. Sidst på sommeren kan den danne udbredte, tætte "måtter" af sammenfiltrede tråde langs søbredden. Kransnålalger optræder hyppigst i rene søer, men forekommer dog i næsten alle søtyper. I rene søer findes de såvel på større dybder end den øvrige vegetation som på ganske lavt vand i rørsumpen eller på åben bund. I Tissø forekommer de på grund af de dårlige lysforhold kun på lavt vand. Kransnålalgerne er nok den gruppe af vandplanter, der er gået kraftigst tilbage på grund af forurening både i salt- og ferskvand, hvorfor der er særlig grund til at beskytte de bestande, der stadig findes.

Den statistiske behandling af data fra et stort antal

søundersøgelser, som ligger til grund for figuren i afsnit 2.1, der viser sammenhængen mellem miljøtilstand (målt ved sigtddybde) og fosforkoncentrationen, har desuden vist, at der i søer med samme fosforkoncentration er en bedre tilstand i de søer, der har en udbredt bundvegetation, end i søer, hvor bundvegetation mangler, ref. 2.9. Den gunstige indvirkning af bundvegetation på tilstanden skyldes altså ikke blot det, at vegetationen i kraft af næringsstofoptagelsen sænker søvandets fosforkoncentration og derved mindsker planteplanktonproduktionen.

Forklaringen på den yderligere gunstige effekt, der ses, kendes ikke i detaljer, men hænger givet sammen med den rolle bundplanterne spiller i de komplekse biologiske processer, der bestemmer søens tilstand, ref. 2.10. Vigtigst er måske planternes betydning for fiskebestanden. Aborren er bedre til at søge føde mellem planterne end "skidtfisken", skalle og brasen, og vegetationen er levested for mange af de smådyr rovfiskene ernærer sig af i ungdomsstadiet. Desuden stabiliserer planterne bundsubstratet, som derved ikke så let ophvirvles med en fosforfrigivelse til følge og desuden bliver bedre egnet som levested for smådyrsfaunaen. Endelig har vegetationen betydning som gydesubstrat for flere fiskearter.

2.3 TISSØ'S FREMTIDIGE TILSTAND

I amtskommunens forslag til recipientplan for søer er Tissø på grund af den store landskabelige og naturhistoriske værdi målsat med skærpet målsætning. Den er desuden udlagt til, og tillades som sådan påvirket af, vandindvinding. Med hensyn til vandkvalitet bør denne mindst svare til en basismålsætning, hvilket vil sige, at der skal findes et naturligt og alsidigt dyre- og planteliv og at tilstanden

kun må være svagt påvirket af spildevandstilførsel eller anden kulturbetinget påvirkning.

For at søen kan leve op til målsætningen skal sigtdybden øges fra det nuværende niveau på ca. 1 m til 2-3 m. Bundvegetationen skal være tættere og udbredt til ca 4 m's dybde, således at hele søens relativt lavvandede randzone er vegetationsdækket. Herved ændres forholdene for fiskebestanden til fordel for rovfiskene og der opnås bedre balance mellem planteplankton, dyreplankton og fisk.

For at opnå dette er en kraftig reduktion i fosfortilførslen nødvendig. Der stilles derfor krav om yderliggående fosforfjernelse på rensningsanlæggene i søens opland. Desuden må der sættes ind overfor spildevandsbelastningen fra den spredte bebyggelse. Endelig skal udvaskningsbidraget fra landbrugsarealerne i henhold til vandmiljøplanen formindskes væsentligt. Det bør tilstræbes at belastningen nedsættes så meget at søvandskoncentrationen af fosfor falder til halvdelen af det nuværende niveau.

Efter nedbringelse af den eksterne belastning vil søen i en periode være påvirket af det fosfor, der er bundet i sedimentet og som gradvis afgives til søvandet. Der er desuden en vis træghed i de biologiske systemer, hvilket medvirker til at fastholde en dårlig tilstand. Det må derfor påregnes, at der går en årrække inden belastningsreduktionen giver synligt udslag i miljøtilstanden.

Det er i den forbindelse af overordentlig stor betydning, at elementer af den oprindelige flora og fauna stadig findes, idet dette gør søen i stand til hurtigere at tilpasse sig et lavere næringssaltindhold. Eksempelvis vil bundvegetationen relativt hurtigt kunne brede sig, hvis den allerede er tilstede i rimeligt omfang. Er bundvegetationen helt elimineret, som det er tilfældet i mange søer, viser

erfaringen, at den har meget vanskeligt ved at blive gen-etableret.

Det er således af stor vigtighed at tilstanden i Tissø ikke forringes yderligere, med det resultat at søens evne til at reagere positivt på den planlagte belastningsreduktion bliver dårligere.

2.4 MULIGE PÅVIRKNINGER AF TISSØ SOM FØLGE AF ØGET VANDINDVINDING.

Vandindvinding i sig selv kan næppe have nogen særlig indflydelse på tilstanden i Tissø, idet det principielt er ligegyldigt om vandet, der forlader søen, løber ud gennem afløbet eller indvindes.

I visse søer kan det være en fordel at oppumpe bundvand frem for at et tilsvarende volumen overfladevand løber ud af afløbet. Dette er tilfældet i søer med stabil lagdeling, hvor næringssaltkoncentrationerne i bundvandet er meget højere end i overfladen. Fjernes bundvand fra sådanne søer i stedet for overfladevand, får man følgelig reduceret næringssaltindholdet. I Tissø optræder lagdeling imidlertid kun periodevis og kortvarigt, således at der normalt kun er en ubetydelig forskel i næringssaltindhold mellem overflade og bund.

Reguleringen af søens vandstand med henblik på at magasinere vand til vandindvinding kan derimod få stor indflydelse på miljøtilstanden.

På forholdene i de frie vandmasser betyder vandstanden kun lidt. Den biologiske aktivitet foregår helt overvejende i den "fotiske zone", d.v.s. det overfladelag, hvor der er lys nok til planktonalgeproduktion. I Tissø drejer det sig

om de øverste 2-3 m. Den passive vandmængde, som ligger uden for den fotiske zone og som er med til at give systemet en vis stabilitet, vil uanset vandstanden - medmindre der foretages voldsomme ændringer - være meget stor i forhold til overfladelaget.

Dyre- og plantelivet i bredzonen, området med bundvegetation, er derimod stærkt afhængigt af gunstige vandstandsforhold.

Ved en eventuel generel sænkning eller hævnning af vandspejlet må man formode at bredzonens dyre- og planteliv "rykker med" ned eller op, når blot ændringen sker gradvis i et tilpas langsomt tempo. Den arealmæssige udbredelse af det dybdeinterval, hvor der er mulighed for undervandsvegetation, afhænger imidlertid af terrænets hældning. I den aktuelle situation ligger denne zone i det relativt lavvandede randparti, som omgiver søens dybere område. Ved en vandspejlssænkning rykker zonen ud mod "skrænten" ned til dette dybere område og får derved en mindre arealudbredelse og dermed også en mindre gunstig effekt på miljøtilstanden. Lignende forhold gør sig gældende hvis vandstanden hæves.

Vandstandsvariationen er det forhold der mest direkte påvirker bredzonens dyre- og planteliv.

Ved en øget amplitude indsnævres zonen. Med en amplitude på 2 meter i vegetationsperioden elimineres bundvegetationen helt, med alvorlige konsekvenser for søens tilstand og muligheder for at tilpasse sig reducerede belastningsforhold.

En mindsket variation, som medførte en større vanddækning af rørskoven, ville muligvis være en fordel for fiskebestanden. Det forholder sig imidlertid, med den nuværende vandkvalitet i Tissø, således at laveste vandstand falder

sammen med den ringeste sigtddybde. En højere vandstand på dette tidspunkt kunne derfor tænkes at medføre, at bundvegetationens dybdegrænse rykkede opad, således at det samlede resultat blev en forringelse.

Vandstanden i Tissø reguleres ved et stemmeværk i afløbet. Når stemmeværket er helt lukket kan fisk ikke passere. Den væsentligste fiskevandring finder sted på tidspunkter (vinterhalvåret), hvor det ikke er aktuelt at holde stemmeværket lukket. Den mere tilfældige spredning af fisk og andre vandlevende organismer gør det imidlertid ønskeligt, at passageforholdene året rundt er så gunstige som muligt.

Opstemning af vand i forårsperioden kan medføre, at oversvømmelser i Åmosen får en større udbredelse og en længere varighed end hidtil.

Oversvømmelse langs vandløb antages generelt at medføre en reduktion af stoftransporten, og dermed belastningen af nedstrøms liggende søer og havet, ref. 2.11-2.14.

En del af det af vandløb transporterede materiale findes på partikulær form. I perioder med ringe vandføring aflejres dette på vandløbsbunden som slam. Ved efterfølgende kraftig vandføring resuspenderes slammet. Går vandløbet i sådanne situationer over sine bredder, vil en del af slammet, på grund af den lave vandhastighed på de oversvømmede arealer, atter sedimentere. Næringsstofferne i det aflejrede slam vil i sommerhalvåret dels blive optaget i vegetationen dels bundet i sedimentet. En del af kvælstoffet vil forsvinde igen, idet det overgår til luftform. Dette skyldes at den energi, der er i iltede kvælstofforbindelse under iltfri forhold, som det forekommer i vandmættet sediment, udnyttes af visse bakterier under fraspaltning af frit kvælstof (denitrifikation).

Fjernes vegetationen i løbet af sommeren ved græsning eller

især høslet fra sådanne forårsoversvømmede arealer, sker der en betydelig reduktion af næringssaltbelastningen på nedstrøms beliggende søer og havet.

Fjernes vegetationen ikke, frigøres næringsstoffer igen ved planternes henfald om efteråret. Næringsstofreduktionen vil i så fald for kvælstofs vedkommende være begrænset til det, der forsvinder ved denitrifikation, og for fosfor til hvad, der evt. kan bindes permanent i sedimentet. Dette sidste afhænger af de kemiske forhold på stedet, især indholdet af jern, aluminium og calcium samt pH og iltforhold. Da pH og iltforhold varierer med skiftende temperatur og vandmætning betyder dette, at sedimentets evne til at binde fosfor varierer, således at der på visse tidspunkter af året bindes fosfor, mens der på andre tidspunkter sker en frigivelse.

Om der i det aktuelle tilfælde på årsbasis vil ske en netto binding eller frigivelse af fosfor, kan ikke vurderes uden en nærmere undersøgelse. Det må imidlertid under alle omstændigheder antages, at den mulige ændring set i relation til den samlede fosfortilførsel til Tissø vil være beskeden.

2.5 ANBEFALINGER

På baggrund af ovenstående må det anbefales, at det ved den fremtidige regulering af Tissø's vandstand af hensyn til bredzonens dyre- og planteliv og dermed søens generelle miljøtilstand tilstræbes at opretholde en gennemsnitsvandstand omkring det nuværende niveau og at vandstandsvariationen ikke øges, men måske mindskes noget.

Ved vækstsæsonens begyndelse må vandstanden målt fra vegetationens dybdegrænse ikke væsentligt overstige den

dobbelte sigtddybde, hvilket er ensbetydende med at vandstanden omkring 20. juni ikke må være over kote 1.40. Vandstanden må på intet tidspunkt være lavere end vegetationens øvre grænse, der ligger ved kote 0.75.

Af hensyn til fiskevandring og spredningsmuligheder for dyre- og plantelivet bør der sigtes mod en reguleringspraksis hvor stemmeværket i søens afløb aldrig er helt lukket.

Hvis opstemningen af vand i Tissø medfører en øget udbredelse og varighed af forårsoversvømmede arealer, må det anbefales, at disse arealer anvendes til græsning eller høslæt, da dette vil medføre en reduktion af fosfortilførslen til søen.

2.6 REFERENCER

2.1 Vandmiljø-90. Samlet status over vandmiljøet i Danmark. Redegørelse fra Miljøstyrelsen Nr.1, 1990.

2.2 Kristensen, P. m.fl.: Eutrofieringsmodeller for søer. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen Nr. C9, 1990.

2.3 Kristensen, P. m.fl.: Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1989, Ferske vandområder - vandløb, kilder og søer. Danmarks Miljø- undersøgelser, Faglig rapport 5, 1990.

2.4 Phyto- og zooplankton i Tissø 1987. Rapport udført for Vestsjællands Amtskommune. Miljøbiologisk Laboratorium. 1988. Upubliceret

2.5 Tissø 1989. Fyto- og zooplankton. Notat udført for Vestsjællands Amt. Miljøbiologisk Laboratorium APS. 1990. Upubliceret.

2.6 Tissø 1990. Plante- og dyreplankton. Notat udført for Vestsjællands Amt. Miljøbiologisk Laboratorium APS. 1991. Upubliceret

2.7 Wegner, N. m.fl.: Tissø. Fiskeundersøgelse 1990. Vestsjællands Amtskommune, Teknisk Forvaltning. 1991.

2.8 Wegner, N.: Aborrer og søers tilstand. Vand og Miljø 2, 1992.

2.9 Jeppesen, E. m.fl.: Fish manipulation as a lake restoration tool in shallow, eutrophic, temperate lakes 2: Thresholds levels, long-term stability and conclusions. Hydrobiologia, 1990.

2.10 Jeppesen, E. m.fl.: Bundplanters betydning for miljøkvaliteten i søer. Vand og Miljø 8, 1989.

2.11 Bruschi, W og Nilsson, B.,: Nitratomsætning og vandbevægelse i et vådområde. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen nr. C15, 1990.

2.12 COWI consult A/S, Hedeselskabet og Danmarks Miljøundersøgelser: Oplandsanalyse - Reduktion af Arresøens belastning. Skov- og Naturstyrelsen og Frederiksborg amt, 1991.

2.13 Nichols, D.S.: Capacity of natural wetlands to remove nutrients from wastewater. Journal of WPCF, vol. 55, 5, 1983.

2.14 Richardson, C.T.: Mechanisms Controlling Phosphorus Retention Capacity in Freshwater Wetlands. Science, vol. 228, 1985.

3 Naturforvaltning

3.1 Sammenfatning.

Tissø og vådområderne i tilstødende ådale rummer et rigt plante- og dyreliv og navnlig et rigt fugleliv, samt betydelige landskabelige, kulturhistoriske og rekreative værdier knyttet til vandet.

Områderne omfattes af de stærkest mulige bindinger i form af internationale, nationale og regionale bestemmelser for bevaring eller forbedring af forholdene for plante- og dyrelivet. Bredder og skrænter langs øst- og nordsiden er fredet, men arealerne uden for omdrift langs den øvrige del af søen rummer også betydelige botaniske og zoologiske værdier.

Negativ påvirkning gennem vandindvinding medfører således betydelige konflikter på regionalt, nationalt og internationalt plan. Negativ påvirkning vil næppe blive tilladt, med mindre den er begrundet med væsentlige samfundsmæssige interesser, samt at der kompenseres for de negative virkninger.

Muligheden er at retablere tidligere tiders mere jævne årlige fordeling af afstrømningen til en vis grad og foretage indvindingen, så den kun vil udgøre en mindre del af afstrømningen (f.eks. 10%), og ikke vil påvirke vandstanden i Tissø i negativ retning. De negative virkninger i form af mindsket afstrømning i nedre Halleby å vil ikke påvirke dyre- og planteliv væsentligt, så længe vandstand og vandstandssvingninger i omgivende moser og enge fastholdes.

Der er derfor forudsat:

- at absolut maksimums- og minimumsvandstand fastholdes i Lille Åmose, Tissø og langs nedre Halleby å og Bøstrup å,
- at der fastholdes en årlig variation i vanddække,
- at der fastholdes en årlig variation og en minimumsvandføring i nedre Halleby å,
- at perioderne med vanddække af moser og lave, fugtige enge ikke formindskes,
- at de høje enge fortsat kun vanddækkes uden for vækstsæsonen,
- at vandstands-faldet i moser og enge minimeres til 20-40 cm omkring Tissø i første del af vækstsæsonen (1/4 til 15/6),
- at vanddækket over de lave engarealer er helt borte medio juli, undtagen som nu i særligt våde år,
- at en del af Tissøs nøgne bredder, sand- og mudderflader tørlægges i sensommeren.
- at en eventuel hævnning af vandstands-niveauet i første del af vækstsæsonen sker gradvist over en længere årrække, således at plantevæksten kan følge med.

Effekten af regulativændring bør overvåges.

3.2 Internationale forpligtigelser

Tissø, Lille Åmose og Hallenslev mose er udpeget som EF-fuglebeskyttelsesområde ref. 3.4-3.5 bilag 3.1-3.2. Ud-

pegningen er primært sket pga. områdets store bestande af ande- og sumpfugle samt områdets betydning som rasteplass for andefugle, herunder navnlig Pibesvane og Sangsvane. Desuden er der registreret en række sjældne og særligt beskyttelseskrævende arter i mindre antal.

Som internationalt vigtig fuglelokalitet falder Tissø området formodentlig desuden ind under "Bonn-konventionen", idet området er vigtigt for trækfugle, og under "Bern-konventionen" fordi det er vigtigt for visse planter og dyr. Tissø-området vil givetvis også blive omfattet af EF's habitatdirektiv ref. 3.9.

Disse direktiver og konventioner samt EF rådets direktiv af 27. juni 1985 medfører en forpligtigelse overfor en række andre nationer til at vurdere påtænkte indgreb og bevare og beskytte dyr og planter og deres levesteder i Tissø området ref. 3.7.

"Bonn-konventionen": Konventionen af 23. juni 1979 om beskyttelse af migrerende arter af vilde dyr. Konventionens liste II omfatter andefugle, fiskeørn m.fl. Tissø og tilknyttede ådale er væsentlige opholdssteder for arter af trækkende (migrerende) fugle opført på listen.

"Bern-konventionen/Den europæiske Naturbeskyttelseskonvention": Konventionen af 19. september 1979 om beskyttelse af Europas vilde dyr og planter samt naturlige levesteder. Konventionen blev ratificeret af Danmark 8. september 1982. Efter konventionen skal der træffes passende og nødvendige lovgivningsmæssige og administrative foranstaltninger for at sikre beskyttelsen af levesteder for vilde dyre- og plantear-

ter, navnlig de truede arter samt at tage særligt hensyn til beskyttelsen af områder, som er af betydning for de migrerende arter".

EF's fuglebeskyttelsesdirektiv: Ikrafttrædelse 2. april 1981. I medfør af direktivet er udpeget 111 områder i Danmark, heriblandt Tissø, Ll. Åmose og Hallenslev moserne. Kriterierne for udpegningen er forekomst af en eller flere arter fra direktivets bilag 1. Desuden bedømmes lokaliteters internationale betydning som rastepåds for 45 arter ande- og vade-fugle ud fra antallet ref. 3.4.

Fuglebeskyttelsesområderne administreres restriktivt m.h.t til indgreb, som kan påvirke dyre- og planteliv væsentligt i negativ retning: "I en EF-dom fra begyndelsen af 1991 (Leybuchtdommen) er det fastslået, at disse forpligtigelser indebærer, at der kun kan ske væsentlige indgreb i EF-fuglebeskyttelsesområder, såfremt der foreligger almene interesser, der overskygger hensynene bag fuglebeskyttelsesdirektivet. Efter dommen anses f.eks. økonomiske interesser ikke som almene" ref. 3.9.

EF Rådets direktiv af 27. juni 1985: Ikrafttrædelse 3. juli 1988. Direktivet omhandler vurdering af visse offentlige og private projekters indvirkning på miljøet.

EF's habitatdirektiv af 21. maj 1992: Det omhandler forpligtelse til bevarelse, overvågning og pleje af arter og levesteder (habitater) opregnet på tilhørende lister. Tissøområdet vil antagelig blive udpeget som lokalitet af betydning for EF.

Der er et vist sammenfald mellem forpligtigelserne efter Bern-konventionen, EF's fuglebeskyttelsesdirektiv og EF's habitatdirektiv. I hovedsagen er forpligtigelsen at tage hensyn til vigtige levesteder (herunder rasteplasser for trækfugle) for de arter, som er opført på tilhørende lister. Kun fuglebeskyttelses-direktivet har indtil nu medført en udpegning og afgrænsning på kort. Afgrænsningen er i øjeblikket under revision i Skov- og Naturstyrelsen, idet EF-fuglebeskyttelsesområderne nu skal inddrages i regionplanerne ved Landsplandirektiv i medfør af planloven. Der vil antagelig kun blive tale om mindre ændringer.

3.3 Nationale interesser

Fredningsstyrelsen har i 1983 udarbejdet et kort over nationale biologiske interesseområder, dvs større områder af særlig økologisk betydning i national sammenhæng. Tissø og omgivende moser indgår i område nr. 67. I medfølgende tekst hedder det bl.a.: "Udpegningen af nationale biologiske interesseområder har betydning i forbindelse med fredningsplanlægningen og anden planlægning, hvor hensynet til naturtyper og biologiske værdier bør prioriteres særligt højt i relation til f.eks. landbrug, skovbrug og friluftsliv."

Forekomsten af en række "rødliste-arter" ref. 3.8, dvs. særligt beskyttelseskrævende planter og dyr i Danmark, medvirker til områdernes stærkt beskyttede status.

3.4 Regionale interesser

Tissøområdet er medtaget i fredningsplanen som særligt beskyttelsesområde, især pga. af de ferskvandsbiologiske og

ornitologiske interessers bonitering som enestående. Kategorien følger ligeledes naturligt af udpegningen som nationalt biologisk interesseområde.

Det fremgår bl.a. at det er et mål, "at der ikke placeres større tekniske anlæg eller foretages vand- og råstofindvinding i områder med væsentlige fredningsinteresser."

I regionplanen 1989-2000 indgår samme område som beskyttelsesområde. Udover biologien indgår her også de meget betydelige arkæologiske interesser i Tissø og dens omgivelser samt i Ll. Åmose. Desuden indgår også betydelige landskabelige interesser omkring Tissø.

Området øst for Tissø er i fredningsplanen udlagt som særligt besøgsområde for ekstensivt friluftsliv, dvs friluftsliv som ikke forudsætter særlige anlæg. De gode muligheder for at opleve landskab og fugleliv fra vejene uden at forstyrre fuglelivet afspejles ligeledes i fredningernes bestemmelser om sikring af udsynet.

Det amtsrådets målsætning, "at områdets særlige natur- og kulturhistoriske eller landskabelige betydning beskyttes og plejes, om fornødent ved særlige foranstaltninger", i beskyttelsesområder.

Nedre Halleby å's afstrømningsområde, og herunder Hallenslev moserne, som vil blive påvirket af en mindsket afstrømning fra Tissø, indgår i en økologisk forbindelse. Af regionplanen fremgår at "Forholdene for det vilde dyre- og planteliv skal med særlig vægt fastholdes og eventuelt forbedres i disse områder".

3.5 Fredninger

Arealer langs nord, øst og sydsiden af Tissø er omfattet af fredninger gennemført i 1950'erne ref. 3.3-3.8. Fredningerne skal i hovedsagen sikre friholdelse af udsigten. Desuden indebærer en af fredningerne beskyttelse af tørbundsvegetation på et stykke af skrænten, bl.a. Vellugtende Skabiøse, Vår-Ærenpris og Liden Sneglebælg, som alle nu er rød-listede arter ref. 3.8.

Projektering af forskydning af vandstandvariationen, bør måske forelægges fredningsnævnet. Den mulige regulering af vandstandssvingningerne forudsættes dog at ske inden for de eksisterende max. og min. rammer, hvorfor der dog ikke skønnes at ske større fysiske ændringer i de fredede områders afgrænsning mod søen.

3.6 Naturbeskyttelsesloven

Den 1. juli 1992 afløste naturbeskyttelsesloven naturfredningsloven.

3.6.1 Omfattede områder.

Beskyttelseslinierne omkring Tissø og åerne forventes ikke at blive berørt af vandindvinding. Disse administreres efter 1. juli 1992 af amtskommunen.

Tissø og tilstødende moser og vandløb samt omgivende enge og overdrev er omfattede naturbeskyttelseslovens § 3.

Endelige definitioner af lovens ny begreber og afgrænsningen af dem, forventes først at fremkomme omkring årsskiftet. Afgrænsningen af omfattede områder ref. 3.9 er derfor foretaget med udgangspunkt i det udsendte udkast til "Vejledning om Naturbeskyttelsesloven", Miljøministeriet,

Skov- og Naturstyrelsen, 1992. Afgrænsningen er foretaget på baggrund af flyfotos, og en nøjere afgrænsning i felten er ikke foretaget.

3.6.2 Konsekvenser af lovgivningen.

Ændringer af tilstanden, dvs indgreb som kan ændre det fysiske miljø eller naturindholdet væsentligt, kræver behandling efter loven. Ændring af vandstand m.v. vil derfor kræve behandling.

Administrativ praksis gennem naturfredningsloven, miljøloven og planloven i udpegede fuglebeskyttelsesområder er særlig restriktiv, dvs at kun vitale samfundsmæssige interesser, og ikke f.eks. økonomisk betingede interesser, har valør som argument for at tillade indgreb, som kan have en negativ effekt på dyre- og planteliv. Dette fremgår af udfaldet af de ankesager, som er indbragt for Skov- og Naturstyrelsen og Overfredningsnævnet.

Indgreb i Tissø og tilgrænsende moseområder forudsætter i særlig grad, som følge af de nævnte direktiver og konventioner, en nøje vurdering af konsekvenserne for dyre- og planteliv og en afvejning heraf i forhold til samfundsmæssige interesser. Det følger endvidere, at det skal tilstræbes at finde løsninger på samfundsmæssige problemer, som i videst muligt omfang tager hensyn til naturverdierne, om nødvendigt gennem etablering af erstatningsområder.

3.6.3 Løsningsprincipper.

Amtskommunens arbejdsgruppe tilstræber, som konsekvens heraf, at fremlægge løsninger, hvor negative konsekvenser af vandindvinding i det mindste kan opvejes gennem positive effekter af ændret vandstandsregulering og evt. give en samlet "naturgevinst".

Det er dog ikke muligt at frembringe løsninger, som kun har positive naturkonsekvenser, idet ændringer uundgåeligt vil medføre tilbagegang for nogle arter af planter og dyr og fremgang for andre. Både positive og negative virkninger af ændret vandstandsregulering vil muligvis omfatte særligt beskyttelseskrævende arter.

Ved indvinding af overfladevand fjernes substrat for dyre- og planteliv. Et hovedprincip vil derfor være at søge vandmængden bevaret i den størst mulige del af forløbet mod havet, således at vandet i videst muligt omfang kan være til rådighed for dyr og planter, inden det fjernes. Dvs at indvindingen principielt bør foretages så nær havet som muligt.

Et andet hovedprincip er at søge at bevare størrelsen af de nedbørsbetingede årstidsvariationer i vandstanden, som betinger eksistensen af en stor del af plante- og dyrelivet, især i engene, moserne og i søens strandzone.

Det vil naturligvis ikke være muligt at undgå en mindsket vandføring i nedre Halleby å. Den mindskede vandføring søges primært henlagt til vinter- og forårs månederne, hvor omtrent 90% af afstrømningen sker på et "normalt" år, og den relative virkning af en mindsket afstrømning derfor er mindst. Planter og vekselvarme dyr er desuden mindre sårbare om vinteren p.g.a. nedsat stofskifte og vandets større iltindhold.

Videre er sikring af en minimumsvandstand og minimumsvandføring i sommerhalvåret nødvendig for at sikre, at nedbørsmæssigt "normale" år ikke kommer til at svare til tørre år under den nuværende vandindvinding, og sikre, at tørre år ikke fremover vil blive katastrofale for såvel dyre- og planteliv som vandkvalitet.

Effekten af ændret regulativ på plante- og dyreliv kan kun i grove træk forudsiges ud fra de givne forudsætninger. For at sikre en bevaring af naturværdierne må derfor forudsættes, at der iværksættes en overvågning af ændringerne og deres effekt på udvalgte lokaliteter, samt at justering af regulativet foretages inden for fastlagte max. og min. rammer, såfremt reguleringen har betydende negativ effekt.

3.7 Landskabelige interesser

Tissø er med godt 13 kvadratkilometer Danmarks fjerdestørste sø. Da de sydøstfra kommende bræer ved afslutningen af sidste istid smeltede, efterlod de en stor klump "dødis", som opfyldte det hul, hvor Tissø nu ligger ref. 3.1-3.2.

Tissøs næsten cirkulære form og det højereliggende morænelandskab mod nordvest, nord og øst giver mulighed for et godt udsyn over landskabet, og indtryk af dets dannelse. Lille Åmose fra nordøstenden af Tissø og til Øresø var ved isens afsmeltning en del af afløbet mod Saltbæk Vig. Senere, da isbarrieren også smeltede syd for Tissø, skiftede afløbet retning mod Storebælt.

I nutiden bevirker Tissøs åbne vandflade og bundprofil af form som en dyb tallerken, at bølgenes påvirkning af bredderne er stærk. Flydebladsvegetationen er så godt som manglende, og i den nederste del af bredzonen findes i stedet et bælte med sandbund og spredte sten.

Ved lav sommervandstand tørlægges en del af den fladvandede bredzone, og opleves som udstrakte, lyse sand og mudderflader, hvor vadefuglene fouragerer på orme, snegle og muslinger. De hvide belægninger på sten og bund er kildekalk, som udfældes ved fastsiddende algers stofskifte. De

nøgne flader står i kontrast til Tissøs omgivelser, Lille Åmose og Hallenslev moserne, hvor frodige, grønne rørskove afbrydes af kreaturgræssede engarealer med græssede gæs.

I sensommeren præges Tissø af de store flokke af gæs, ænder og andre fugle, som trækker til og fra moser og enge langs Halleby å, Bøstrup å og andre steder, hvor de kan finde føde.

Efteråret og vinterens storme, regn, dis og bølger giver et ganske andet indtryk af landskabet. Vandet vælter ned gennem Halleby åen og efterlader Tissøs omgivelser og moserne vanddækkede med de brune rør og tilgroede aflejringer som øer.

Om foråret opleves et hektisk liv af vandfugle i de vanddækkede bredarealer og moser, hvor fuglene har rige muligheder for at finde ynglepladser og føde.

Fra vejene omkring Tissø og langs Lille Åmose er der rige muligheder for at opleve landskabet og årstidernes skiften.

Tissø har således en central placering i et område med usædvanlige landskabelige kvaliteter ref. 3.1.

Ved forsinkelse af forårsafstrømningen fra Tissø fastholdes billedet af vanddækkede arealer gennem en længere periode. Denne periode kan forlænges fra primo april med 2 måneder, frem til udgangen af maj.

3.8 Kulturhistoriske interesser

Fra yngre stenalder er gjort betydelige fund i Ll. Åmose, fra ældre og yngre stenalder i Tissø omkring udløbet og langs øvre del af nedre Halleby å. I Tissø er desuden

gjort fund fra vikingetiden. Fra Hallenslev moserne kendes fund fra ældre og yngre bronzealder. Desuden kendes våbenfundfund ved Nedre Halleby å fra middelalderen ref. 3.10.

Samlet rummer Tissø og tilstødende moseområder betydelige muligheder for fund af arkæologisk interesse.

Bevaringen af genstande af arkæologisk og palæontologisk interesse i moseområderne afhænger i høj grad af, at jordbunden holdes våd.

Øget vanddække vil derfor virke bevarende, hvorimod mindsket vanddække vil bevirke nedbrydning af genstande af arkæologisk, palæontologisk og kulturhistorisk interesse.

3.9 Biologiske interesser

Effekten af vandindvinding på dyrelivet vil i høj grad afhænge af effekten på plantelivet. Herunder er en eventuel effekt på vandkvaliteten, undervandsplanterne og fiskefaunaen af betydning for en stor del af dyrelivet omkring søen, bl.a. en eventuel forekomst af den rødlistede Odder ref. 13.8.

3.9.1 Botanik.

Botanikeren Peter Wind, Biomedica har i perioden 15. juni til 31. august 1992 på amtskommunens foranledning foretaget en kortlægning af vegetationen i - og omkring Tissø og konkluderer følgende:

Tissø og især dens bredder og omgivende enge er botanisk meget værdifulde. Følgende forhold gør lokaliteten til botanisk enestående:

1. Bredderne er stort set træfrie.
2. Vegetationen udviser en tydelig zonerings.
3. Ved foden af skrænten optræder væld med artsrig vegetation.
4. I et væld forekommer veludviklet ekstremrigkær, der er en sjælden kærtype på landsplan.
5. Tissø med omgivende enge er udpeget som en af Danmarks mest værdifulde botaniske lokaliteter.

Dele af engområderne ved Tissø er fredet. Den botaniske undersøgelse 1992 viser, at der uden for den fredede del ligger værdifulde engområder. I den forbindelse kan peges på ekstremrigkæret ved Vråbjerg, søbredden og vældområdet ved Tissø Vandværk, søbredden og rørskoven nord for pumpestationen og engområdet på næsset ved Lunden ved Tissø. En udvidelse af fredningen til at omfatte søbredden, rørskoven, engområderne og skrænten i fuld udstrækning rundt om hele Tissø bør overvejes.

En udvidelse og revision af fredningen bør ligeledes indeholde bestemmelser, der sikrer de botaniske værdier for eftertiden. Dette gøres ved at beskytte de økologiske faktorer, der betinger de nuværende vegetationstypers beståen, samt at bevare den hidtidige anvendelse af de enkelte delområder.

For selve søens vedkommende bør en mindstekote for sommervandstanden bibeholdes, der sikrer rankegrødens (red.: vandplanters) forekomst i bredzonen.

Vegetationen på strandbredden bør fortsat tørlægges årligt, således at de enårige arter har de bedste muligheder for spiring, blomstring og frugtsætning, ligesom de

specielt tilpassede flerårige urter skal kunne gennemføre deres livscyclus her uden vanddække.

Vintervandstanden i søen bør være så høj, at bunden i rørskoven og den fugtige eng oversvømmes, mens den høje eng undgår vanddække i vintermånederne.

Grundvandstanden ved søen og i dens opland bør holdes på nuværende niveau for at sikre fortsat rigelig grundvands-tilførsel til vældområderne.

På områder med lavtvoksende urtedække bør græsning bibeholdes. Det være sig strandbredden, den lave eng, den høje eng og vældområderne. Nuværende områder med rørskov og pilekrat bør fortsat være uden drift.

En samlet plejeplan bør udfærdiges for de enkelte delområder ved Tissø. Denne skal omfatte såvel strand, rørskov og pilekrat som eng, væld og skrænt.

Der er derfor ønskeligt, at de hidtidige vandstandssvingninger fortsat finder sted inden for de rammer, der er fastsat af landvæsenskommissionen 1954 og Vestsjællands amtsråd 1984.

Undersøgelsen 1992 viser, at den nuværende vegetationssammensætning og -zonerings vil kunne opretholdes ved en øget vandstand i søen i sommermånederne. En forsinkelse af forårsafstrømningen frem til 15. juli kan praktiseres så længe den maksimale vandstand ikke overskrider 120 cm DNN.

Transekter (undersøgelses-linier vinkelret på bredden) er placeret i felten, så de let kan genfindes. En gentagelse af de botaniske undersøgelser 1992 er derfor mulig.

3.9.2 Zoologi

Hvirvelløse dyr.

Bredzonen omkring Tissø rummer levesteder for en række sjældne insektarter ref. 3.9. Forekomsterne er for en stor del knyttet til sumpplanter i søens bredzone. Nyere, samlede undersøgelser af invertebratfaunaen omkring Tissø foreligger ikke, men de spredte oplysninger tyder på forekomst af en rig og speciel insektfauna. Ændringer i plantevæksten vil afspejles i ændring af insektfaunaen.

Padder og krybdyr.

I moserne omkring Tissø findes store bestande af Spidssnudet Frø, Butsnudet Frø og Skrubtudse, men forekomsten af krybdyr og padder er iøvrigt ikke nærmere undersøgt i de senere år. En forsinkelse af forårsafstrømningen vil virke positivt på paddernes ynglemuligheder. En generelt hurtigere vandstandssenkning eller lavere vandstand vil nedsætte ynglesuccessen betydeligt, og sandsynligvis bevirke bestandsnedgange på længere sigt.

Fugle.

Tissø har fået følgende karakteristik ref. 3.3, bilag 3.10: Interessant indslag af flere ynglende kystfuglearter. En af Sjællands vigtigste rastepladser for lappedykkere og andefugle, god lokalitet for rastende vadefugle. Af international betydning for Krikand, Grågås, Sangsvane og Pibesvane.

Lille Åmose og Madesø karakteriseres som ref. 3.3, bilag 3.10: Et af Sjællands vigtigste yngleområder for ande- og vadefugle, meget stor hættemågekoloni, ynglende Rørhøg, ynglende Dværgterne (meget sjælden i indlandet) og Spidsand (Rød-liste art), meget vigtig gåse- og svanerastepads.

Ulstrup-Hallenslev-Rye Mose (= Gørlev Mose) karakteriseres som ref. 3.3, bilag 3.10: En af Vestsjællands bedste sumpfuglelokaliteter, mange ynglende andefugle og lappedykkere (bl.a. Knarand, Rød-liste art), ynglende Rørhøg.

Ågerup ved Halleby å karakteriseres ved ref. 3.3, bilag 3.10: Rastende Sædgæs og Kanadagæs. Udveksling af fugle med lokaliteterne 50 (Gørlev mose) og 57 (Tissø).

Artsindhold m.v. er iøvrigt beskrevet i: "Danske rastepladser for vadefugle. Melfoote, H., Fredningsstyrelsen, 1981" ref. 3.11 samt "Danske rastepladser for gæs. Madsen, J., Fredningsstyrelsen 1986" ref. 3.12.

Forsinkelse af afstrømningen vil muligvis bevirke en kvantitativ ændring af fuglelivet. Arter som yngler og/eller fouragerer på våde, vegetationsdækkede arealer vil antagelig få forbedrede muligheder.

Vanddrukken jord i engfuglenes etableringsfase i marts efterfulgt af en høj grundvandsstand (20-30 cm under terræn) i æglægnings- og rugetiden anses for positivt ref. 3.6. Afsænkningen bør således, af hensyn til engfuglene, være begrænset i april og maj frem til medio juni. Græsning bør først iværksættes fra medio juni.

I forhold til nuværende praksis vil engfuglenes yngleflader omkring Tissø muligvis blive arealmæssigt indskrænkede, fordi en del af de "våde enge" bliver for våde, hvorimod et formindsket vandstands-fald gennem april og maj vil virke positivt for ynglemulighederne. I Lille Åmose bevirker topografien, at forholdene for såvel ynglende som rastende fugle forbedres, navnlig hvis arealer overgår fra omdrift til græsning.

Arter som yngler og/eller fouragerer på sparsomt bevoksede flader (Dværgterne, Klyde, Alm. Ryle, præstekraver m.v) kan derimod få forringede muligheder.

De øvrige ynglefugle vil, så vidt det kan bedømmes, få neutrale eller forbedrede forhold ved en forsinkelse af forårsafstrømningen.

Mulighederne for rastende fugle vil antagelig ikke ændres i negativ retning omkring Tissø, og antagelig forbedres i Lille Åmose.

Pattedyr.

Forekomsten af pattedyr er generelt dårligere kendt end de øvrige organismer, hvilket bl.a. skyldes at de fleste arter er menneskesky og nat- eller skumringsaktive. Tidligere er Odderen (rød-listet) forekommet i vandsystemet, og der går rygter, om at den stadig forekommer.

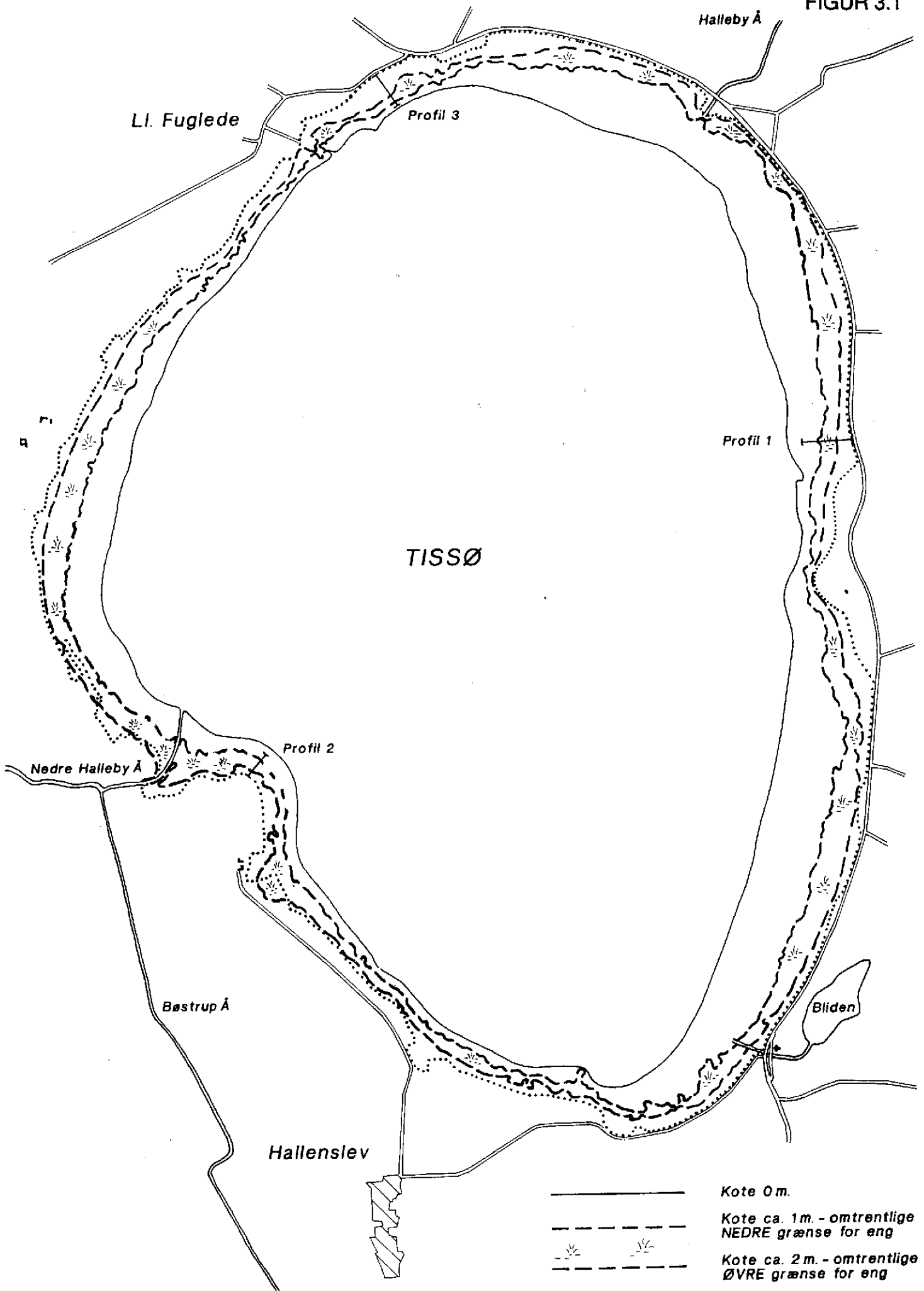
En længerevarende høj forårsvandstand vil muligvis indskrænke levestederne for de arter, som primært lever på tør bund, og som har haft fordel af afvandingen. Det vil gælde de fleste musearter, Hare, Rådyr, Brud, Hermelin, Ræv og Grævling. Arter som Vandspidsmus (hvis den findes), Mosegris, Ilder og Odder vil formodentlig gavnnes.

3.9.3 Biologiske interesser, samlet vurdering.

Det nuværende regulativ indebærer, at der tilstræbes en maksimal vandstand i Tissø på 1,5 meter DNN pr. 1. april. Afstrømningen i forårsmånederne frem til 1. april er relativt større, end den oprindeligt har været.

Forsinkelse af afstrømningen indebærer en tilbagevenden til en mere oprindelig tilstand. Udnyttelse af den større magasinerede vandmængde til indvinding vil medføre en mindre afstrømning i Nedre Halleby å.

FIGUR 3.1



Effekten af vandindvinding på naturtilstanden er meget afhængig af årstiden. For bredzonens planter og ynglefugle er en moderat afsenkning (20-40 cm) primo april til medio juni væsentlig. I perioden medio juni til medio juli er et hurtigere vandstandsfall påkrævet for at nå til en maksimal vandstand på 1,2 DNN, som svarer til den øvre del af den nøgne strandbred. En yderligere afsenkning ned til ca. 0,85 m DNN har betydning for rastende fugles fourageringsmuligheder. Se fig. 3.1.

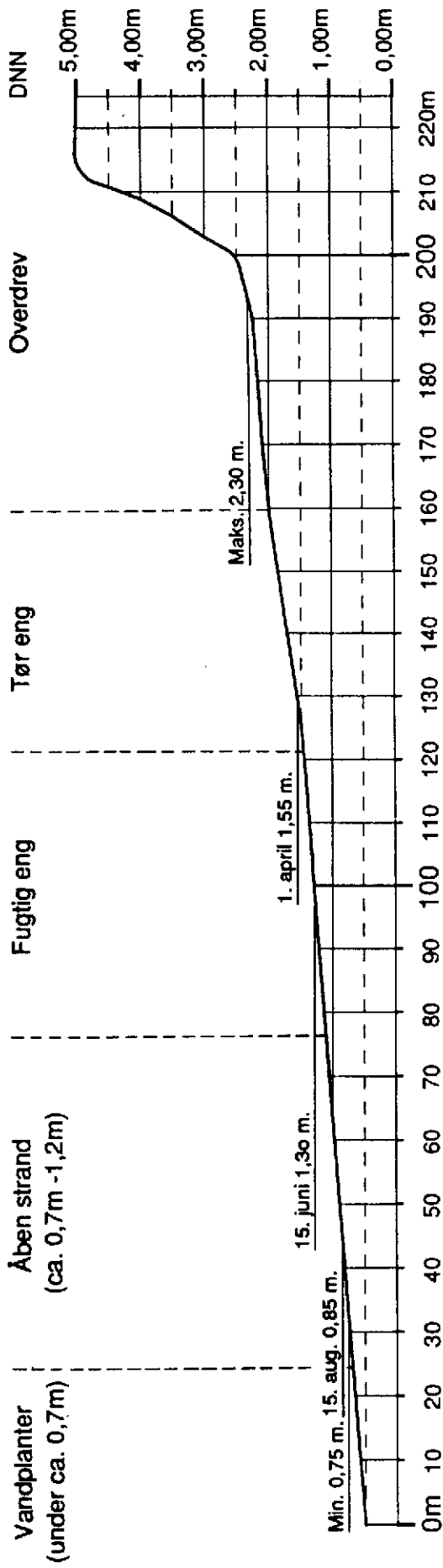
Navnlig langs nord og østsiden af Tissø er overgangen fra søens flade bredområder til de omgivende skrænter markant fig 3.2. Neden for skrænterne findes "høj eng", som sjældent oversvømmes helt ved vinterhøjvande, og i langt de fleste år ikke har fri vandflader primo april. Neden for findes et bredere område med "våd eng", som oversvømmes næsten hver vinter, og som tørlægges i løbet af foråret og sommeren.

Den "våde eng" vil med højere vandstand fra april til juli forskydes opetter i terrænet og den "tørre eng" derfor blive smallere. Dette vil måske betyde senere vækst og ophør af græsning visse steder. Hvis græsningen ophører, vil det få en stor, primært negativ, virkning på plante og dyreliv.

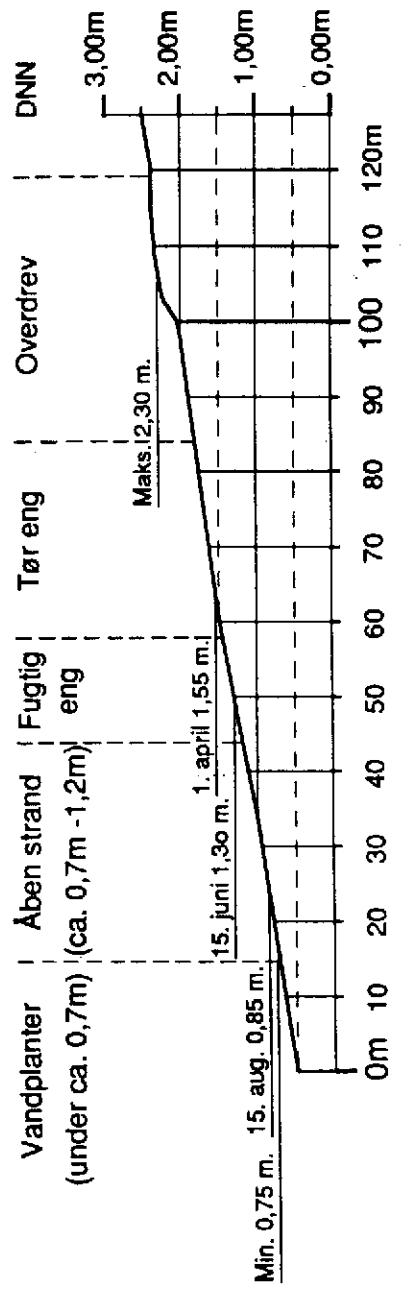
Langs vestsiden af Tissø vil denne effekt blive knap så udtalt.

Vådbundsarealerne vil med højere forsommervandstand blive vådere i Lille Åmose, hvorimod tilbageholdelse af vand i Tissø vil kunne bevirke en tidligere udtørring i Nedre Halleby å's opland.

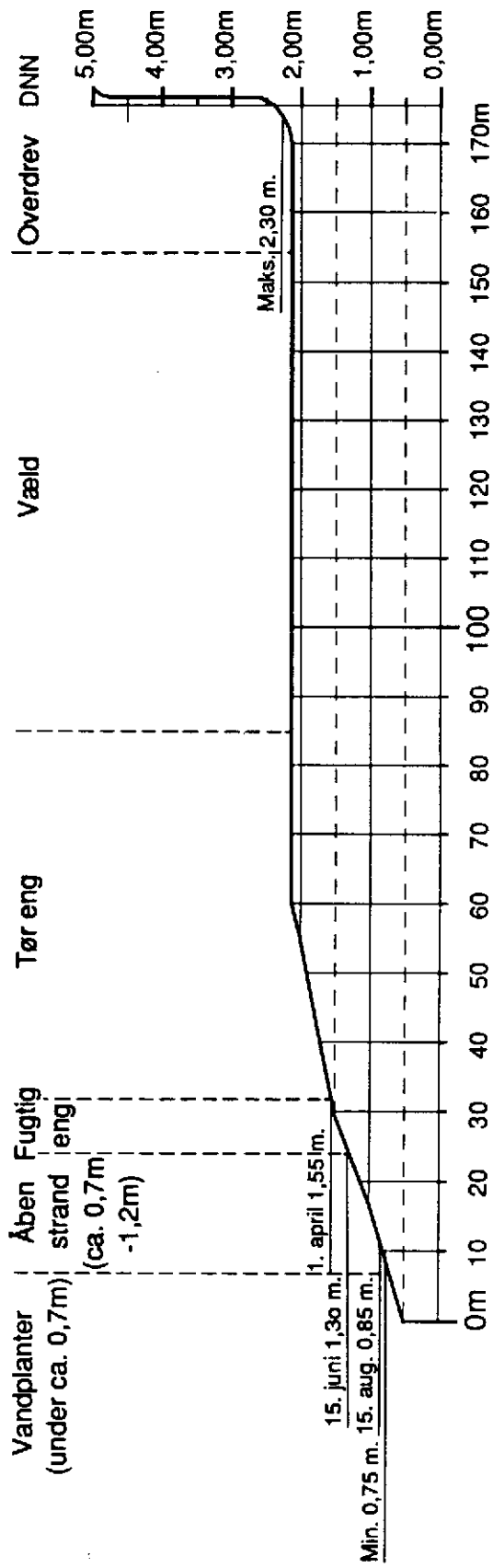
Terrænprofil fra Tissø's nordøst bred (nr.1)



Terrænprofil fra Tissø's sydvest bred (nr.2)



Terrænprofil fra Tissø's nordvest bred (nr.3)



Vandstanden foreslås reguleret således, at angivne højder nås til angivne datoer (sigtepunkter).

Vegetationszoner er angivet på grundlag af opmåling på stedet af: P. Wind, Biomedica, 1992.

Kortlægning af vegetationen omkring Tissø: Vestsjællands amtskommune.

Højdeangivelserne er omtrentlige.

I overensstemmelse med naturbeskyttelseslovens § 3 forudsættes, at der sker en regulering af afstrømningen i Nedre Halleby å's opland således at vandstanden i området holdes på nuværende niveau eller hæves. Effekten af mindsket vandføring på vandstanden bør supplerende imødegås gennem indsnævring af strømrønden ved grødeskæring.

3.10 Rekreative interesser

De rekreative interesser i Tissøområder er af ekstensiv karakter, og knyttet landskabelige, kulturhistoriske og naturmæssige oplevelser.

Den landskabelige oplevelse vil blive positivt påvirket af en længerevarende høj forårsvandstand, hvorimod en stærk sænkning af vandstanden i sensommeren antagelig vil opleves som et indgreb. De hvide tørlagte flader med fouragerende vadefugle har dog i mange år været en karakteristisk sensommer- og efterårsoplevelse af Tissø.

De betydelige jagtinteresser omkring Tissø vil antagelig blive påvirket positivt hvad angår vandfuglejagten, hvorimod bestandene af Agerhøne, Fasan, Hare, Rådyr og Ræv muligvis vil påvirkes negativt.

Såfremt højere forårsvandstand giver sig udslag i bedre vandkvalitet, kan en forbedring af lystfiskeriet i Tissø forventes. Lystfiskere har oplyst (pers.komm.), at der fanges havørred i Øvre - og Nedre Halleby å op til en størrelse på 7 kg. En formindskelse af afstrømningen i tørre år kan virke negativt gennem en mindsket opgang af havørred i vandsystemet og dårlige fiskemuligheder i Nedre Halleby å.

3.11 Referencer

- 3.1 Clausen, M.J. m.fl., 1970: Vestsjællands Naturpark. - Fredningsplanudvalget, Holbæk amt.
- 3.2 Danmarks Natur. - Politikens Forlag A/S, 1967, bind 1, s. 331.
- 3.3 Dybbro, T. og Jensen, S.E., 1982: Fuglelokaliteter i Vestsjællands amt. - DOF.
- 3.4 EF-fuglebeskyttelsesområder, kortlægning og foreløbig udpegning i henhold til EF-fuglebeskyttelsesdirektivet. - Fredningsstyrelsen 1983.
- 3.5 Falk, K. og Brøgger-Jensen, S., 1990: Fuglene i Internationale Beskyttelsesområder i Danmark. - SNS.
- 3.6 Gram, I, Meltofte, H. og Rasmussen, L.M., 1990: Fuglene i Tøndermarsken 1978-1988. - Miljøministeriet, Skov- og Naturstyrelsen.
- 3.7 Koester, V., 1988: Ramsar-konventionen om beskyttelse af vådområder, - en retlig analyse af konventionens indgåelse og opfyldelse. - Skov- og Naturstyrelsen, Miljøministeriet.
- 3.8 "Rødliste 90", særligt beskyttelseskrævende planter og dyr i Danmark. - Miljøministeriet, Skov- og Naturstyrelsen, 1991.
- 3.9 Skov- og Naturstyrelsen, 1992: Habitatdirektivet. Rådets Direktiv 92/43/EØF af 21 maj 1992 om bevaring af naturtyper samt af vilde dyr og planter.
- 3.10 Trap, J.P.: Danmark. - G.E.C. Gads Forlag, 5 udg. 1954, Holbæk Amt, bd. III, 2.

4 Afvandings- og vandløbsforhold

Den valgte simuleringssituation 1984 (med 1976 som ekstrem) var som helhed tæt på et middellår - baseret på en måleperiode fra 1921 - 1991.

I 1984 var afstrømningen 1913 l/s målt som middelværdi for hele året, mod normalen på 2120 l/s. Tilsvarende var minimum i 1984 252 l/s mod normalt 290 l/s og maximum 9886 l/s mod normalt 10410 l/s.

I januar, juni og oktober var tilstrømningen større end afstrømningen til søen. I september var til- og afstrømning praktisk taget ens. Alle øvrige måneder var afstrømningen større end tilstrømningen.

Vandstandsforholdene i 1984 ville ikke være ideelle, hvis ikke der var blevet foretaget en regulering af afstrømningen fra søen.

Vandstanden i sommertiden ville i så fald være lavere end den fastsatte minimumsvandstand på 75 cm o. DNN.

Vandføringen i Nedre Halleby Å ville derimod hele året være af betydelig størrelse og ikke på noget tidspunkt så lav som 300 l/s, som må anses for den laveste acceptable vandføring i åen.

4.1 Øvre Halleby Å/Lille Åmose

De nuværende (1992) afvandingsforhold i oplandet til Tissø giver mulighed for en landbrugsdrift med omdrift med korn- dyrkning på størstedelen af arealerne langs Øvre Halleby Å.

Arealerne rundt om Tissø udnyttes ikke til omdrift. Dele af arealerne udnyttes til græsningsarealer for kreaturer.

Store dele er dog udtaget af landbrugsdrift, fordi behovet for græsning er faldet de seneste 10-15 år.

Afvandingsforholdene reguleres væsentligst gennem driften af et stemmeværk i afløbet fra Tissø. Ref. 4.1.

Indtil 1985 har stemmeværket været drevet sådan, at vandstanden i forårstiden sænkes hurtigst muligt for at give mulighed for en udnyttelse af arealerne langs Øvre Halleby Å (Lille Åmose). Normalt er sigtet mod at have en vandstand på højst 1,5 m i Tissø omkring 1. april. Stemmeværket er samtidig drevet sådan, at vandstanden ikke sænkes under kote 0,75.

Siden 1984 er reglerne ændret sådan, at man i perioden april - september har sænket vandstanden langsommere end hidtil, bl.a. for at sikre en vis vandføring i Nedre Halleby Å hele sommeren og for at sikre en fri fiskepassage ind i søen.

4.2 Nedre Halleby Å/Bøstrup Å

Nedre Halleby Å har sin bund i kote +0,39 m i afløbet fra Tissø og kote -1,00 m ved udløbet i Jammerland Bugt, med et stort fald nedstrøms kanalen - Sukkerfabrikkens udløb. Ref. 4.2.

Saltindholdet i Jammerlands Bugt er i sommertiden i de øverste vandmasser ca. 14 o/oo.

Tidevandsforskellen (mellem flod og ebbe) er ca. 25 cm., astronomisk betinget.

Meteorologiske forhold kan desuden øge tidevandsforskellen. Således er 10 års ekstremværdien 240 cm.

Heraf vurderes at årlig max. flod er ca. +1,00 m og at årlig min. er ca. -0,40 m.

Med et fag åbent i stemmeværket ved Tissø, vil saltvandet fra Jammerlands Bugt (~ 14 o/oo salt) nå næsten op til Ågerup bro når vandstanden er i kote 0,00 DNN i havet. Saltvandskilden bevæger sig ca. 3 km frem og tilbage i åen mellem astronomisk flod og ebbe. Varigheden af denne udgangssituation vil være ca. 3 mdr. om sommeren i et normalt år

Ved årlig max. flod (+1,00) vil havvandet nå helt op til Tissø.

Når søens stemmeværk er lukket, vil havvandet nå ca. 1 km længere oppe i åen end når et fag åbent.

Resultatet heraf er at saltvandet normal mindst en gang årligt vil påvirke åen helt op til Tissø, således at fastboende ferskvandsorganismer ikke kan trives her. Derimod kan trives mere mobile ferskvands og brakvands organismer. Bilag 4.1.

Afvandingsforholdene nedenfor Tissø langs Nedre Halleby Å og Bøstrup Å (Hallenslev mose) hænger sammen med afstrømningen fra Tissø i de perioder, hvor der ikke foretages regulering i stemmeværket i Tissø.

I sommertiden (maj - oktober), hvor der normalt foretages regulering af stemmeværket, har afstrømningsforholdene i Nedre Halleby Å normalt ingen indflydelse på afvandingsforholdene langs Bøstrup Å.

På de nederste ca. 170 m af Bøstrup Å er faldet på bunden ca. 50 cm. Der er derfor kun påvirkning af vandstandsforholdene i Bøstrup å, når der er høj vandstand i Nedre Halleby Å.

Regulativmæssig bund i Nedre Halleby Å er ved tilløbet af Bøstrup å i kote +0,34 DNN. I station 13.000 - ca. 170 m før udløbet i Nedre Halleby Å er den regulativmæssige bund i Bøstrup Å i kote +0,83 DNN.

Ved de sædvanlige vandføringer i Nedre Halleby Å er vanddybden normalt 40-50 cm. D.v.s. at vandspejlet ligger mellem kote 0,75 og 0,85. I Bøstrup Å ved station 13.000 vil vandspejlet typisk ligge i kote mellem kote +1,00 og +1,05. Ref. 4.3.

4.3 Betydning af ændring af afstrømningsforholdene

En ændring af driften af stemmeværket i Tissø til gunst for yderligere indvinding af vand fra søen til vandforsyning kan få konsekvenser for miljøforholdene i Nedre Halleby Å, som følge af reduceret vandføring i den kritiske del af året, og for landbrugsdriften på arealerne langs Øvre Halleby Å (Lille Åmose), fordi arealer ikke længere kan tilsås så tidligt som nu. En reduceret vandføring i Nedre Halleby Å i foråret kan også påvirke afvandingsforholdene langs Bøstrup Å. En lavere vandstand omkring 1. maj kan betyde en yderligere afvanding af moserne langs Bøstrup Å.

En ændret afstrømning vil praktisk taget ikke have betydning for saltvandspåvirkningen af åen, da denne er domineret af flod og ebbe. Derimod er det afgørende, at der normalt altid holdes mindst et fag åbent i stemmeværket, af hensyn til vandring af fisk.

Den vandmængde, der ønskes indvundet, skal tilvejebringes ved et ændret afstrømningsmønster.

En metode er yderligere at mindske afstrømningen fra Tissø i perioden april - juli. Resultatet vil være, at ønsket om en højeste vandstand på 1,5 m omkring 1. april ikke kan opfyldes.

Hvis man vil undgå en yderligere udtørring af moserne langs Bøstrup Å, må sikres et sådan afstrømningsmønster, at vandstanden i nederste del af Bøstrup Å ikke sænkes i forhold til det nuværende niveau omkring 1. maj. Ellers risikerer man, at arealerne forsøges udnyttet til omdrift.

Yderligere afvanding vil ødelægge det værdifulde moseområde langs Bøstrup Å.

4.4 Erstatning - Økonomi

Hvis et ændret afstrømningsmønster vil give en langsommere sænkning af vandstanden i Tissø i sommertiden kan det måske betyde, at ca. 40-50 ha landbrugsjord i Lille Åmose vil skulle tages ud af omdrift.

Med en arealpris på ca. 40.000 kr. pr. ha vil erstatningsudgiften være 1,6 - 2,0 mio. kr.

Arealerne rundt om Tissø vil i det væsentligste fortsat kunne benyttes til afgræsning om end de laveste arealer først på et senere tidspunkt på året end nu (1992) kan afgræsses på grund af den langsommere sænkning af vandstanden i Tissø.

4.5 Anbefaling

Det må anbefales, at der træffes foranstaltninger til, at sikre en mindste vandføring i Nedre Halleby Å på ca. 300

1/s, at afstrømningen i Nedre Halleby Å fortsat får en rimelig variation over året og at de nuværende vandstandsforhold i Nedre Halleby Å og Bøstrup Å omkring 1. maj fastholdes.

4.6 REFERENCER

- 4.1 Regulativ Tissø
- 4.2 Regulativ Nedre Halleby Å
- 4.3 Regulativ Bøstrup Å

5 Modellering med MIKE11.

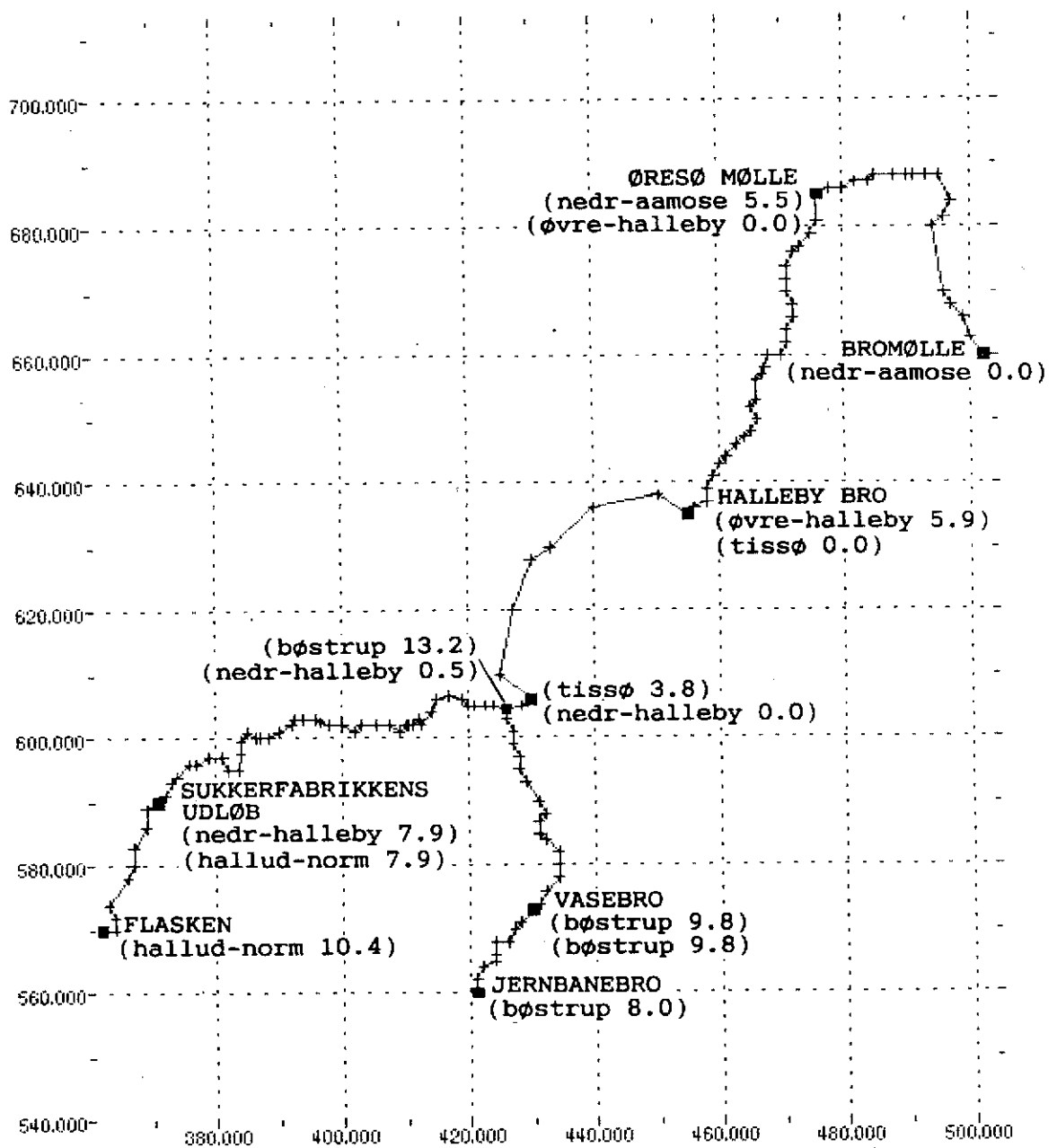
5.1 Modellering af vandsystemet - valg af model.

I arbejdet med at vurdere konsekvenserne af ændret indvinding og opstemning er det nødvendigt at kende størrelsen af ændringerne. Ændringerne kan beregnes, som det er sket ved alle større reguleringsarbejder i de sidste 100 år. Nu om stunder foretages beregningerne på datamaskiner, hvortil der er udviklet flere flod-modeller. Vi har valgt at bruge en dansk model. Modellen kaldes MIKE11, den er udviklet af Dansk Hydraulisk Institut (DHI) i Hørsholm, ref. 5.1.

Vandstandsvariationerne i Tissø er tidligere analyseret med en simpel edb-model, ref. 5.2. Denne model er først opstillet af Vestsjællands amt og siden videreudviklet af I. Krüger A/S. Modellen regner på magasineringen i Tissø som funktion af tilstrømning til -, indvinding fra - og afstrømning fra søen. Der er tale om en kar-model, der ikke beskriver variationer i vandføring - og vandstand i vandløbene omkring søen.

Den simple model er utilstrækkelig af to grunde. Dels mangler der information om ændringerne i vandløbenes vandføring og - vandstand, og uden disse oplysninger kan man ikke vurdere påvirkningerne af vandløbene. Dels er Nedre Halleby Å påvirket af vandstanden i havet i hele sit løb. Det er derfor ikke muligt at beregne vandføringsevnen i Tissø's afløb uden at tage hele vandløbsstrækningen i regning. Vi har derfor måttet vælge en egentlig flod-model.

Valget faldt på MIKE11, fordi amtet allerede havde anskaffet modellen til andet formål på det tidspunkt, hvor undersøgelsen af Tissø startede. MIKE11 er en anerkendt



Figur 5.1

Plantegning af modellens vandsystem. Stednavne er angivet, primært ved sammenløb af to vandløbsstrækninger. Firkant markerer sådanne sammenløb. Her er tillige anført stationeringen af de to vandløb, vandløbsnavnene er forkortet, se tabel 5.1. Kryds markerer et vandløbstværsnit i modellen.

model, der er anvendt til analyse af vandløb flere steder i verden, ref. 5.1. Vi kontaktede DHI og spurgte, om MIKE11 kunne klare opgaven. Det bekræftede DHI, og vi valgte derfor MIKE11. Analysen gennemførtes i amtets regie, med støtte fra DHI ved opstilling og kalibrering af modellen.

5.2 Modellens inddata og - beregningsmetode.

MIKE11 beregner strømmingen gennem et vandløb mellem to vandløbsstationer, en station opstrøms - og en station nedstrøms vandløbsstrækningen. Hertil bruges (mindst) fire oplysninger:

- 1) vandløbets længde (stationering),
- 2) vandløbets skikkelse i form af tværsnit (stationerede),
- 3) tidsserie af vandføring (eller vandstand) i indløbet,
- 4) tidsserie af vandstand (eller vandføring) i udløbet.

Flodmodellen kan medregne flere delstrækninger af samme vandløb. Disse delstrækninger kan kobles sammen i modellen ved at angive en sammenkoblingsstation. (Stationerne hvor delstrækningerne kobles sammen kaldes knuder.) Når to delstrækninger er koblet sammen regner modellen vandløbet som eet løb fra øvre delstræknings begyndelse til nedre delstræknings udløb.

Modellen af vandsystemet omkring Tissø indeholder otte delstrækninger. En plantegning af modellens vandsystem er vist på figur 5.1. Som udgangspunkt er anvendt den eksisterende vandløbsopdeling. Delstrækningerne er : Nedre Åmose Å, Øvre Halleby Å, Tissø, Nedre Halleby Å I & II (to delstrækninger), Bøstrup Å I & II (to delstrækninger) og Sukkerfabrikkens udløb. Disse navne er forkortet til modelnavne, som præsenteres i tabel 5.1. Længdeprofil af Øvre Halleby Å er vist på figur 5.2, de øvrige delstrækninger vises i bilag 5.1.

Tabel 5.1

Vandløb	Opmålt år	km opstrøms	km nedstrøms	antal tværsnit	vandløbs model-navne	vandløbs topo-id
Nedre Åmose Å	1988	0.000	5.533	19	nedr-aamose	opmaaling88
Øvre Halleby Å	1987	0.000	5.979	30	øvre-halleby	tissø
Tissø	1987	0.000	3.800	8	tissø	tissø
Nedre Halleby Å I	1988	0.000	7.858	45	nedr-halleby	opmaaling88
Nedre Halleby Å II	1983	7.858	10.385	11	hallud-norm	opmaaling83
Bøstrup Å I	1981	8.000	9.800	10	bøstrup	opmaaling81
Bøstrup Å II	1983	9.800	13.200	18	bøstrup	opmaaling87

Tabel 5.2

ØVRE-HALLEBY 3.000 km

Topo-id : Tissø

UTM-KOORDINATER : 467.500

658.000

PROCESSED DATA

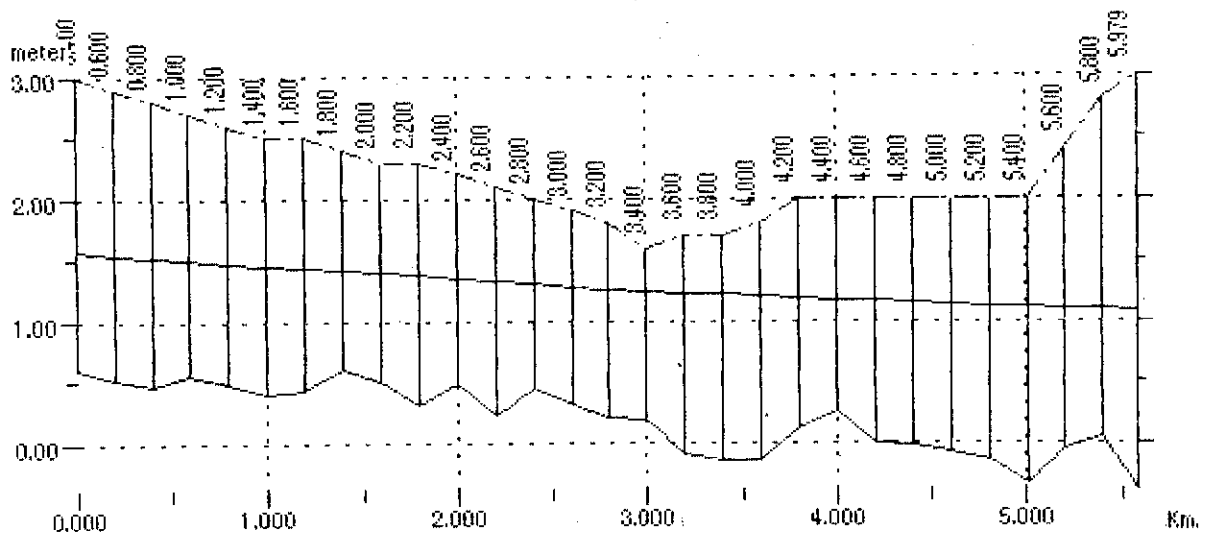
Højde (m)	Tværsnits areal (m ²)	Hydraulisk radius (m)	Bredde (m)	Oversvømmelses arealer (m ²)	Modstands faktor
0.30	0.00	0.00	0.00	0.0	1.00
0.40	0.14	0.06	2.82	0.0	1.00
0.66	1.24	0.26	5.70	0.0	1.00
0.76	1.87	0.33	6.90	0.0	1.00
0.85	2.50	0.40	7.28	0.0	1.00
1.25	5.65	0.74	8.46	0.0	1.00
1.35	6.54	0.82	9.25	0.0	1.00
2.00	12.55	1.41	9.26	129250.0	1.00
2.50	17.18	1.90	9.26	224750.0	1.00
3.00	21.82	2.39	9.27	242500.0	1.00

Hver delstrækning skal indeholde mindst to vandløbstværsnit, et ved begyndelsen og et ved udløbet. I modelberegningerne interpoleres vandløbets volumen mellem tværsnittene. Hvert tværsnit tillægges halvdelen af vandløbets volumen mellem det aktuelle tværsnit og tværsnittet opstrøms, og tilsvarende nedstrøms. Herved repræsenterer hvert tværsnit et vandvolumen. Summen af alle tværsnits vandvolumen udgør vandløbets samlede vandvolumen.

Tværsnittene i åerne er indlagt med ca. 200 meters mellemrum, Tissø er beskrevet med seks tværsnit (ca 1 km's mellemrum). Tværsnittene er taget fra de nyeste tilgængelige opmålinger af vandløbene. Opmålingstidspunktet for - samt antal tværsnit i hver delstrækning fremgår af tabel 5.1.

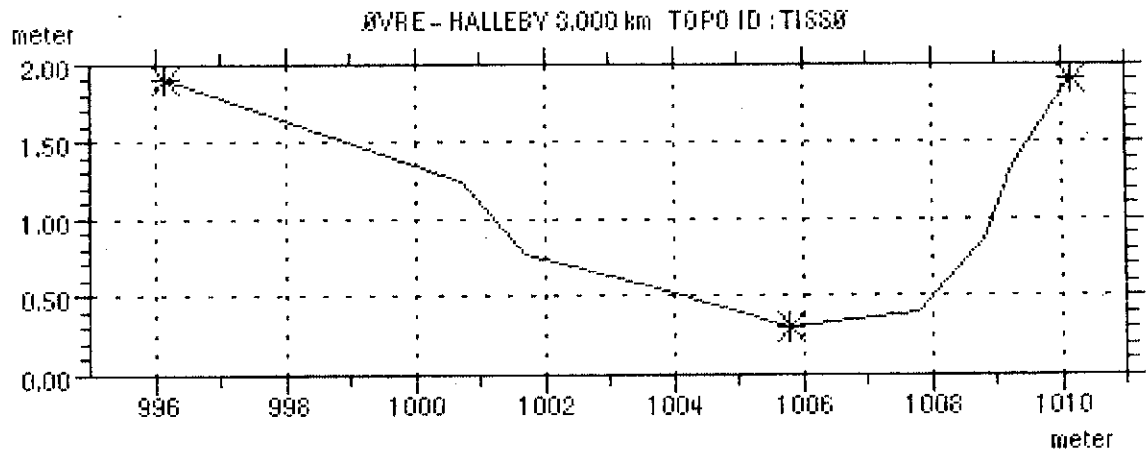
Tværsnittene i vandløbene indlægges som opmåling fra bred til bred. Herudfra beregnes de hydrauliske parametre, som MIKE11 benytter i selve modelleringen. De hydrauliske parametre beregnes i indtil 10 niveauer (koter) mellem vandløbsbund og -top. Topkoten for de beregnede parametre kan godt ligge over vandløbets kant, i så tilfælde ekstrapoleres op over vandløbets kant med vandløbets kantbredde som kanalbredde.

Vi har brugt denne mulighed i Øvre Halleby Å og i Bøstrup Å, der begge løber gennem lave eng/mose-områder. Under høje vandstande oversvømmes store arealer omkring vandløbene, men hovedvandføringen sker stadig i selve vandløbet. MIKE11 giver mulighed for at medregne vandvoluminet i oversvømmelserne som et ekstra areal mellem to niveauer i de beregnede hydrauliske parametre. De beregnede hydrauliske parametre for et tværsnit fra Øvre Halleby Å vises i tabel 5.2, samme tværsnit vises på figur 5.3. De oversvømmede arealer omkring Bøstrup Å er beregnet i en digital terrænmodel, omkring Øvre Halleby Å er de tilsvarende arealer fundet ved opmåling på et kort.



Figur 5.2

Længdeprofil af Øvre Halleby Å fra station 0,4 til station 5,979.
Målforhold 1:50.000. I profilen er vist beregnet vandspejl fra den 4.
november 1987.



Figur 5.3

Tværprofil af Øvre Halleby Å station 3,0.

Punkterne hvor vand løber ind i - eller ud af modellen kaldes rande. Modellen betragtes som en forsøgsopstilling, hvor der hældes vand ind over den ene rand og flyder vand ud over den anden rand. Modellen kan regne på forgrenede vandløb, hvor der både kan optræde flere rande opstrøms (to vandløb løber sammen) og nedstrøms (delta). Alle rande skal have tilknyttet en tidsserie af enten vandføring eller vandsstand. Inde i modellen beregnes vandstanden, hvor to vandløb løber sammen, automatisk.

Modellen af vandsystemet omkring Tissø indeholder to opstrøms rande og to nedstrøms rande. Inddata til den ene opstrøms rand er daglige vandføringsmålinger fra station 55.01 Bromølle. Inddata til den anden opstrøms rand er daglig vandføring i Bøstrup Å beregnet med edb-modellen NAM, som indgår i MIKE11. (For en beskrivelse af NAM, se bilag 5.2 og/eller ref. 5.3). De to nedstrøms rande ligger begge ved Nedre Halleby Å's udløb i havet. Åen har to udløb, dels det naturlige gennem "Flasken", og dels "Sukkerfabrikkens Udløb". I beregninger er Sukkerfabrikkens udløb dog ikke medtaget, da det i fremtiden vil blive holdt lukket (se kapitel 1). Udløbet i Storebælt sker i modellen mod et vandspejl i kote 0 m DNN.

Ud fra disse randdata beregner MIKE11 vandstande i hvert af modellens vandløbstværsnit. Vandføringer beregnes i alle midtpunkter mellem to tværsnit. I beregningerne tilføres vand til et vandløbstværsnit med den opstrøms vandføring, mens der samtidig fjernes vand fra vandløbstværsnittet med den nedstrøms vandføring. Det løber en vis tid (et tidsskridt), så stopper kørslen og den resulterende vandstand i tværsnittet beregnes. Dernæst beregnes vandføringen opstrøms tværsnittet ved hjælp af tværsnitsarealet, - vandløbets ruhed og - hældningen af vandspejlet mellem det aktuelle tværsnit og det opstrøms

tværsnit. Tilsvarende beregnes vandføringen mellem det aktuelle tværsnit og det nedstrøms tværsnit. Ud fra de nye vandstande og vandføringer køres en ny runde. (For en matematisk korrekt forklaring henvises til ref. 5.1.) Tidsskridtene varierer mellem 2 minutter og 2 timer i vor modelopstilling. Det er en fordel at bruge størst muligt tidsskridt, da beregningen i så fald gennemføres hurtigst muligt.

I et vandløb kan indlægges "strukturer" såsom broer, styrt og stemværker. Sådanne strukturer fører normalt til højere vandstand opstrøms strukturen, end det ellers ville være tilfældet. Strukturernes fungerer i MIKE11 som tvangspunkter for bestemmelse af vandføringen. Vandføringen gennem strukturen bestemmes af strukturens geometri og vandstanden i opstrøms - samt nedstrøms tværsnit. I modsætning til den almindelige beregning indgår vandløbets ruhed ikke. Ruheden angives ved Manningtal.

Modellen af vandsystemet omkring Tissø indeholder fem strukturer. Der er indlagt tre strukturer ved de gamle møller på Nedre Åmose Å, en struktur ved Øresø Mølle på overgangen fra Nedre Åmose Å til Øvre Halleby Å og en struktur i stemværket straks nedstrøms Tissø. Stemmeværket står i station 0,344 i Nedre Halleby Å. Denne stations beregnede vandføring er et centralt punkt i vurderingerne.

5.3 Modellens følsomhed over for usikre inddata.

Den aktuelle opsætning indeholder ni typer inddata :
vandløbslængde, vandløbstværsnit, oversvømmelsesarealer, strukturer, vandløbets ruhed, vandføring ved Bromølle og - ved Jernbanebroen over Bøstrup Å, indvinding fra Tissø, nedbør, fordampning samt vandstand i Storebælt.

Vandløbets længde er bestemt fra regulativerne og seneste opmåling. Længden er bestemt med god præcision, det passer inden for 100 meter. Da naturlige vandløb ændrer deres løb gennem tiden er den regulativmæssige længde som regel korrekt, men til tider for lang eller for kort. Det er nærmest utænkeligt, at alle regulativmæssige delstrækninger bliver for korte (eller lange) samtidig. Fejlene kan således ikke summeres. Hverken på den totale modellerede strækning (25 km) fra Bromølle til Storebælt eller på modelstrækningen (20 km) fra Øresø Mølle til Storebælt betyder 100 meter noget for beregningernes præcision.

Vandløbenes tværsnit er lagt ind fra seneste tilgængelige opmåling. Tværsnit genmåles i vandløbene med mellemrum, da erosion og aflejring ændrer vandløbets skikkelse over tiden. Vandløbene søges vedligeholdt, så de er tættest muligt på regulativets krav. For alle vandløb undtagen Nedre Åmose Å er fastsat et geometrisk profil. Aktuell praksis er, at vandføringsevnen sikres ved at opretholde et tværsnitsareal, der svarer til det geometriske profil. Tidligere vedligeholdt man vandløbene hårdere end i dag, og flere steder er tværsnitsarealet større end fastsat i regulativet. Den seneste opmåling er derfor en bedre tilnærmelse til virkeligheden end regulativet. Et alternativ kunne være en total nyopmåling af vandløbene, men en total nyopmåling er kun en forbedring i den seneste lille del af perioden. Det sammensatte billede af de nyeste opmålinger giver et godt billede af vandsystemets vandføringsevne gennem 70'erne og 80'erne.

Et *oversvømmelsesareal* er her bestemt som arealet i ådalen under en given kote. Arealerne er opmålt under 2-m-kurven, 2,5-m-kurven og 3-m-kurven. Eksempler på opmålinger er medtaget i bilag 5.3. MIKE11 interpolerer mellem de målte arealer ved vandstande mellem de valgte koter. Det er mere rigtigt at bruge oversvømmelsesarealer i stedet for et

meget stort tværsnit, der skulle gå fra den ene bred af ådalen til den anden. Strømningen foregår i virkeligheden helt overvejende i en strømrende, som følger vandløbet; strømningen over engene er ubetydelig i forhold til hovedstrømningen. Det er derfor bedst at udføre strømningsberegningen på hovedstrømningen, og tage vandet på engene med i regning som udjævnende magasin. Hertil kommer, at det ved et snoet vandløb er vanskeligt at lægge tværsnittene, så de reelt afspejler fladen. Lægges tværsnittene vinkelret på vandløbet, vil nogle tværsnit komme til at skære hinanden (på den ene bred), mens de ligger meget langt fra hinanden (på den anden bred). Lægges tværsnittene i stedet vinkelret på ådalen, bliver oversvømmelsesarealerne for store, fordi vandløbet normalt er længere end ådalen. Oversvømmelsesarealerne er bestemt bedst muligt ud fra det tilgængelige kortmateriale.

Strukturerne er fastsat ud fra opmålinger af bygværkerne ved Rangle Mølle og Strids Mølle, - broen ved Øresø Mølle og - Stemværket nedstrøms Tissø. I Nedre Åmose Å er strukturen "Øresø Mølle" lagt over stryget nedstrøms vejbroen. Denne strækning med meget stort fald kræver ved lav vandføring mindre tidsskridt i beregningen, end modellen giver mulighed for. Strukturen betyder her, at vandet kommer korrekt igennem, men at vandstanden omkring den beregnes forkert. Denne fejl har ingen betydning for vurderingerne af forholdene omkring Tissø, da strukturen ligger højt opstrøms, og kun skal hjælpe til at føre vandet frem til interesseområdet.

Udviklerne af MIKE11 (DHI) anbefaler generelt, at man lægger vejbroer og lignende ind som strukturer i modellen. Vi har valgt at lægge broer m.v. ind som tværsnit undtagen, hvor beregningerne kræver umuligt små tidsskridt for at føre vandet igennem. Udeladelsen skyldes, at vi ikke har data til at fastsætte energitab ved indløb i - og udløb fra strukturerne. Men det vurderes generelt, at tabene er små,

idet broerne er store. Dertil kommer, at vi har beskrevet åerne med mange tætliggende tværsnit. Herved arbejder vi med en høj opløsning af strømningen gennem modellen, og broerne kan indgå på linie med øvrige tværsnit. Endelig ligger de udeladte broer alle på vandløbsstrækninger, hvor der er stuvet vandspejl, og i den situation vil strukturen oftest virke som et almindeligt tværsnit.

Vandløbets ruhed fastsættes her ved manningtallet. Vi har valgt at beregne ud fra et fast vinter-manningtal, der går over i et fast sommer-manningtal og tilbage hvert år. Vi har valgt denne faste svingning, da vi ikke har målinger, som kan danne grundlag for en præcis fastsættelse af manningtallets variation i tiden. Variationen mellem sommer og vinter med størst ruhed om sommeren er dog velbeskrevet for danske vandløb. Manningtallet varierer inden for et interval på 5-60 i åbne vandløb, i en undersøgelse af Suså-systemet har man fundet vinter-manningtal mellem 15 og 55, mens sommermanningtallet varierer mellem 4 og 31, ref. 5.4. Manningtallets størrelse i Tissø-undersøgelsen er fastsat ved kalibrering mod målte vandstande i Tissø i årene 1983 og 1984. Der er gennemført testkørsler med manningtallene 15, 20, 25 og 30. Manningtallet 25 for vintersituationen hhv. 20 for sommersituationen i Nedre Halleby Å gav rimelige resultater over for målte vandstande i Tissø. En mere præcis tilpasning af manningtallene er ikke rimelig i lyset af det spinkle datagrundlag. To beregninger af vintermanningtal i Nedre Halleby Å giver et niveau svarende til det valgte. Samme variation valgtes i Tissø og i Øvre Halleby Å. I Nedre Åmose Å er manningtallet mindre, det er generelt sat til at variere mellem 12,5 om vinteren og 10 om sommeren. Tilsvarende er manningtallet i Bøstrup sat til at variere mellem 20 om vinteren og 16 om sommeren.

Daglig *Vandføring* ved Bromølle fra 1921 til 1987 er hentet fra Hydrometriske Undersøgelsers målestation 55.01. Her måles daglig vandføring, det er de bedste inddata, som fås. Vandføring ved Jernbanebroen over Bøstrup Å er derimod ikke målt direkte. Daglig vandføring er derfor beregnet fra 1973 til 1988 i en anden model udfra tidsserier af daglig nedbør og månedlig fordampling (NAM, bilag 5.2). NAM er kalibreret mod sporadiske målinger af vandføringen i Bøstrup Å, resultaterne er ikke fuldstændigt korrekte, men størrelsesordenene er gode nok. Da vi ikke har regelmæssige målinger af vandføring i Bøstrup Å, er NAM-beregningen et rimeligt alternativ.

Indvinding fra Tissø angives i modellen som en rand i Tissø med negativ vandføring. Indvindingen domineres af Kalundborg kommune og sukkerfabrikken i Gørlev, de indvundne vandmængder hertil er summeret og indlagt i modellen. Oplysning om indvundne vandmængder fra 1984 og tidligere er indhentet fra de to store indvindere. Der foreligger i amtet årlige indberetninger af indvundne vandmængder fra 1984 og frem. Gørlev Sukkerfabrik har oplyst, at længden af kampagnerne har været fra ca. 65 døgn til ca. 110 døgn med et gennemsnit på 90 døgn. I modellen er regnet med, at sukkerfabrikkens indvinding har løbet fra 25. september til juleaftensdag hvert år. Til brug i kalibreringen er indvinding i 1984 fastlagt på månedsbasis.

Daglig *Nedbør* fra 1971 til 1988 er hentet fra Meteorologisk Institut. Daglig nedbør er input til NAM, der er stillet op på hele oplandet mellem Bromølle og havet. Den beregnede tilstrømning fra NAM fordeles på vandløbsstrækningerne efter deloplandenes størrelse. Nedbør, der falder direkte på vandløbsarealet, indgår direkte i vandvoluminet i vandløbet uden forsinkelse.

Månedlig *fordampning* fra 1964 til 1988 er hentet fra forsøgsstationerne i amtet. Daglig *fordampning* (interpoleret i måneden) er input til NAM. Tilsvarende som for nedbør påvirker *fordampning* vandvoluminet i vandløbene og søen direkte.

Vandstanden i Storebælt er i beregningerne fastsat til konstant 0 m DNN. Der forekommer regelmæssigt lavvande og højvande på 0,5 m under - hhv. over normalvandstanden. Under storm-højvande stuves vandet op i Nedre Halleby Å og afstrømningen forsinkes, tilsvarende suges vandet ud af åen under lavvande. Effekten på vandstanden i Nedre Halleby Å mindskes dog hurtigt med afstanden til havet, især da varigheden af store vandstandsændringer i havet er lille. Da der ydermere ikke findes nærliggende målesteder af vandstandssvingningerne i havet, er denne parameter ikke medtaget i beregningerne.

5.4 Kalibrering af modellen

Modellen dækker hele systemet fra Bromølle til havet, den er færdigkalibreret på strækningen fra Øresø Mølle til havet. Datagrundlaget er gjort mest detaljeret for året 1984, der er et gennemsnitsår for afstrømningsbilledet fra 1965 til 1985. Reduktionen af den modellerede strækning er sket på baggrund af resultaterne fra dette år.

Der foreligger meget begrænsede data at kalibrere modellen mod. Primær kilde er vandstandsdata fra Tissø og fra Bakkendrup Bro. I nyere tid, hvor der foreligger værdier for daglig nedbør, findes ca. 20 årlige målinger af vandstanden i Tissø fra 1981 og frem. Tidligere er vandstanden i Tissø målt dagligt fra 1933 til 1969 og ved Bakkendrup Bro fra 1933 til 1965. Hertil kommer en kurve over vandføringen i udløbet fra Tissø som funktion af

Tabel 5.3

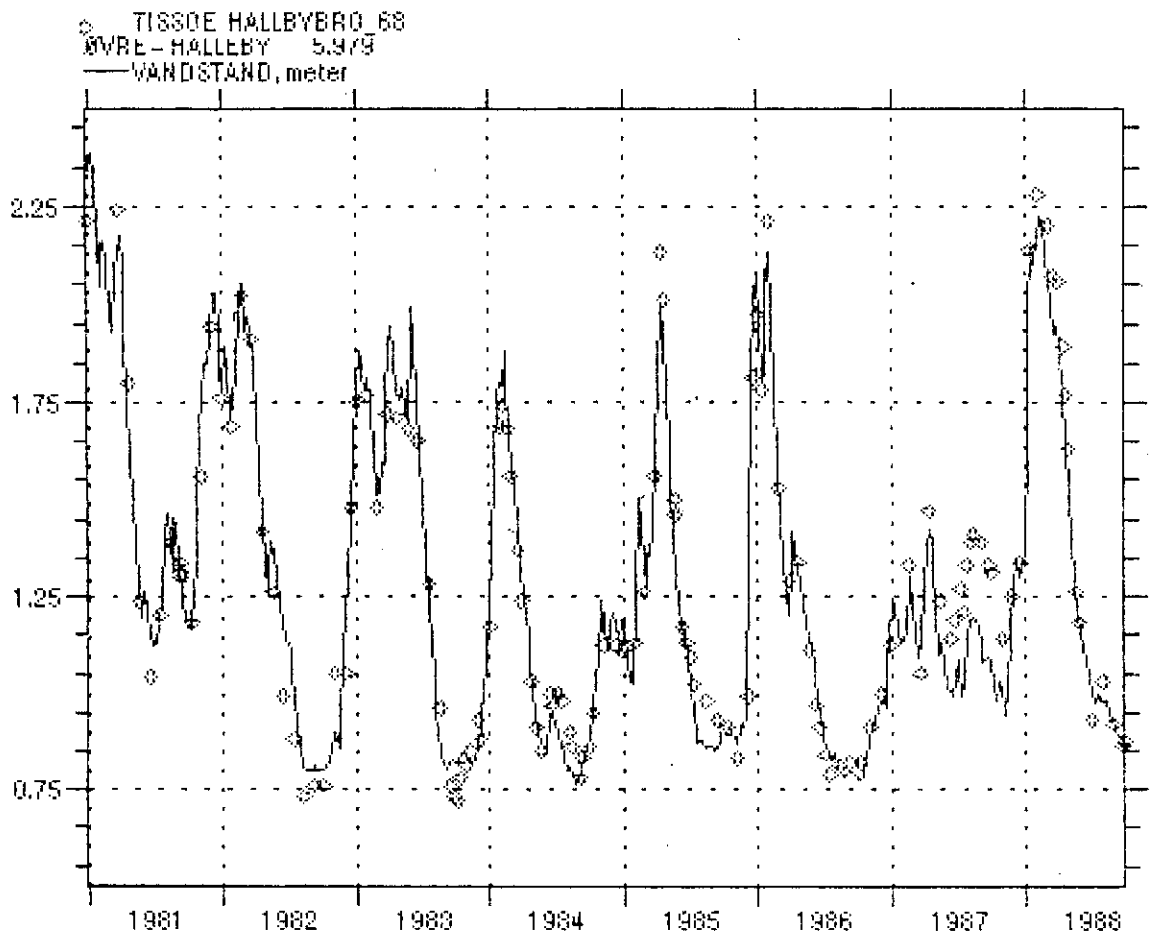
HALLEBYBRO - VANDSTAND

ÅR	DATO	MÅLT	BEREGNET	BEREGNET
		m DNN	(hel model) m DNN	(reduceret model) m DNN
1982	1 26	1.69	1.70	1.47
1982	2 24	2.02	2.02	1.98
1982	3 24	1.91	1.93	1.92
1982	4 20	1.42	1.43	1.43
1982	5 19	1.26	1.38	1.38
1982	6 15	0.99	1.17	1.17
1982	7 14	0.88	1.02	1.02
1982	8 12	0.73	0.76	0.76
1982	9 7	0.76	0.83	0.84
1982	10 6	0.76	0.82	0.83
1982	11 2	1.05	0.91	0.93
1982	12 6	1.05	1.18	1.20
1982	12 21	1.48	1.45	1.47
1983	1 4	1.75	1.77	1.79
1983	2 3	1.77	1.77	1.78
1983	3 1	1.48	1.49	1.50
1983	3 29	1.72	1.74	1.75
1983	4 27	1.71	1.73	1.74
1983	5 26	1.68	1.79	1.80
1983	6 22	1.65	1.73	1.74
1983	7 20	1.28	1.19	1.20
1983	8 18	0.96	0.84	0.85
1983	9 14	0.76	0.81	0.82
1983	9 27	0.73	0.83	0.83
1983	10 3	0.72	0.83	0.83
1983	10 12	0.78	0.86	0.87
1983	10 26	0.81	0.87	0.87
1983	11 9	0.85	0.85	0.86
1983	11 30	0.93	0.93	0.93
1983	12 8	0.88	0.89	0.90
1984	1 4	1.17	1.22	1.23
1984	1 31	1.69	1.78	1.78
1984	2 8	1.74	1.80	1.81
1984	2 23	1.68	1.75	1.76
1984	2 29	1.56	1.62	1.63
1984	3 20	1.37	1.40	1.42
1984	3 28	1.24	1.28	1.30
1984	4 25	1.03	1.03	1.04
1984	5 9	0.91	0.90	0.91
1984	5 21	0.85	0.81	0.83
1984	6 13	1.00	0.94	0.96
1984	6 18	0.97	0.96	0.97
1984	6 22	0.97	0.94	0.96
1984	7 6	1.00	0.95	0.96
1984	7 17	0.98	0.92	0.93
1984	8 8	0.90	0.83	0.84
1984	8 14	0.86	0.80	0.81
1984	9 4	0.78	0.75	0.76
1984	9 11	0.83	0.78	0.79
1984	10 1	0.86	0.83	0.84
1984	10 9	0.95	0.90	0.91
1984	11 8	1.12	1.18	1.18
1984	12 7	1.12	1.16	1.16
1984	12 29	1.11	1.17	1.17
1985	1 3	1.12	1.18	1.18
1985	1 31	1.13	1.08	1.08
1985	2 28	1.26	1.27	1.27
1985	3 27	1.56	1.37	1.37

vandføringen i søen, bilag 5.4. Endelig findes isolerede vandføringsmålinger i Nedre Halleby Å og Bøstrup Å. I de sidste år er måleprogrammet omkring Tissø intensiveret, og der er etableret nye målestationer. Disse data er ikke medtaget i kalibreringen, dels fordi den eksisterende kalibrering gav rimelige resultater, og dels af tidsmæssige og økonomiske årsager. Arbejdet med modelopstillingen startede midt i 1988, og data til modelopstilling og kalibrering blev hjemtaget i slutningen af året. Samtidig nyopmålte Nedre Halleby Å og Nedre Åmose Å. Opmålingen af Nedre Halleby Å var meget gammel, Nedre Åmose Å var aldrig før opmålt. Modellens inputdata blev lagt i modellen i foråret 1989, og modellen installeredes på DHI i august 1989 til kalibrering. Forbehandling af nye klimadata, datakontrol - og indtastning af alle nye data vil mindst tage et par mandmåneder. Vi har ved starten af vurderingsfasen i andet halvår 1991 fundet, at den tid var bedre brugt på at skabe et godt kortgrundlag. På udgiftsiden har vi valgt at prioritere en botanisk registrering omkring Tissø.

Opsætningen af kalibreringsberegningerne med modellen fra Bromølle til havet findes i bilag 5.5. Modellen er kørt gennem årene 1982 til 1984, beregnet vandstand i Tissø er vist mod målte værdier i tabel 5.3. Tilsvarende vandstande beregnet med en modelopsætning fra Øresø Mølle til havet (opsætning i bilag 5.6) vises samtidig (i tabel 5.3). Det ses, at beregningerne stort set giver samme vandstand i Tissø, uanset om opstrøms rand ligger ved Bromølle eller ved Øresø Mølle.

Med modellen fra Øresø Mølle til havet er gennemført en beregning gennem perioden fra 1981 til 1988. Beregnet vandstand i Tissø over for målte vandstande vises på figur 5.4. Der er generelt god overensstemmelse mellem de målte og beregnede resultater. Der ses primært afvigelser i



Figur 5.4

Målt vandstand i Tissø sammenholdt med beregnet vandstand. Romber viser målinger, mens den tynde linie viser beregnede værdier.

sommerperioderne - især i 1987. Disse afvigelser er næsten sikkert knyttet til opstemningen af søen. Modellen regner med, at stemmeværket åbnes og lukkes hver gang vandstanden når tvangspunkterne efter regulativet. I praksis tager ting tid, og stemmeværket åbnes og lukkes f.eks. ikke flere gange om ugen, når vandstanden er tæt på regulativets tvangspunkt. Derved beregner modellen en anden regulering af søen, end der reelt er foretaget. Data for den praktiske regulering af søen er indsamlet fra amtsvandvæsenet. På baggrund af spredte notater i lommebøger er opstillet en oversigt over tidspunktet for lukning af stemmeværket for somrene 1983 til 1989, oversigten vises i tabel 6.2. Oversigten er kontrolleret mod regulativet kombineret med uafhængige målinger af Tissø's vandstand. Denne kontrol giver nogenlunde overensstemmelse, undtagen i 1983 og 1988. Oversigten giver ikke tidspunktet for genåbning af stemværket. Disse data har derfor ikke været anvendt som grundlag for modelleringen. Derimod tages de som udtryk for, hvor ofte stemmeværket har været lukket i årene fra 1983 til 1989.

Beregnete vandføringer fra modellering af perioden 1981 til 1988 vises over for målte vandføringer i tabel 5.4. Der er generel overensstemmelse mellem de målte og beregnede resultater. Gennem stemmeværket beregnes dog i fire tilfælde en ca. dobbelt så stor vandføring, som der er målt. Tre af disse fejl kan henføres til opstemningen af søen. Som ovenfor nævnt beregnes opstemningen ikke helt, som den har været udført i praksis. Et åbent fag giver generelt den halve vandføring af to åbne fag ved samme vandstand. Det passer med forskellen mellem beregnet - og observeret vandføring 28-9-1983, 7-9-1984 og 23-6-1987. Forskellen i februar 1984 kan derimod ikke henføres til stemmepraksis, da stemmeværket ikke lukkes om vinteren. Den beregnede

Tabel 5.4

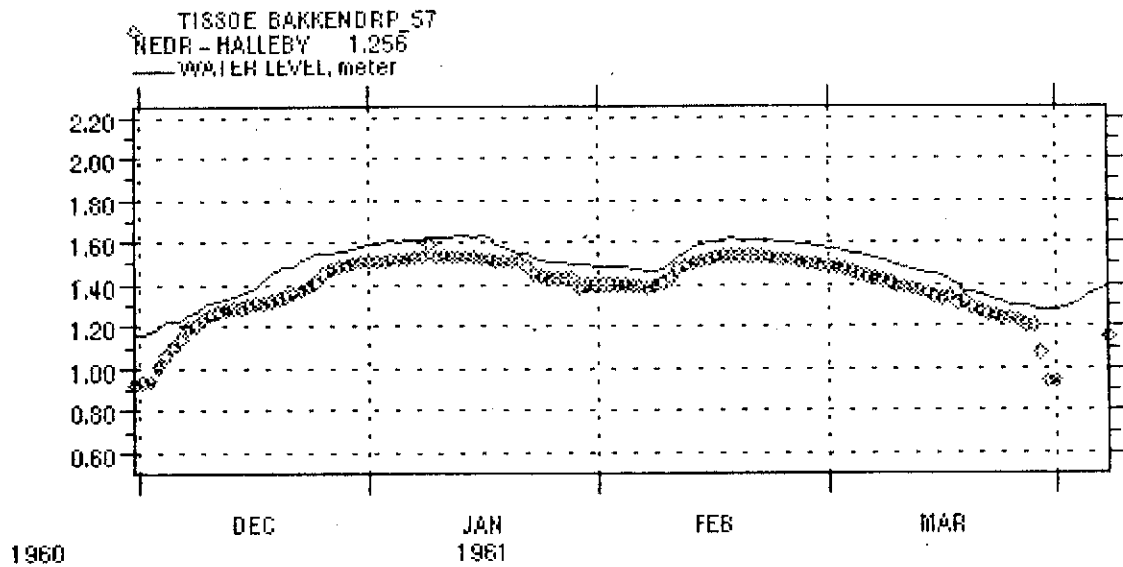
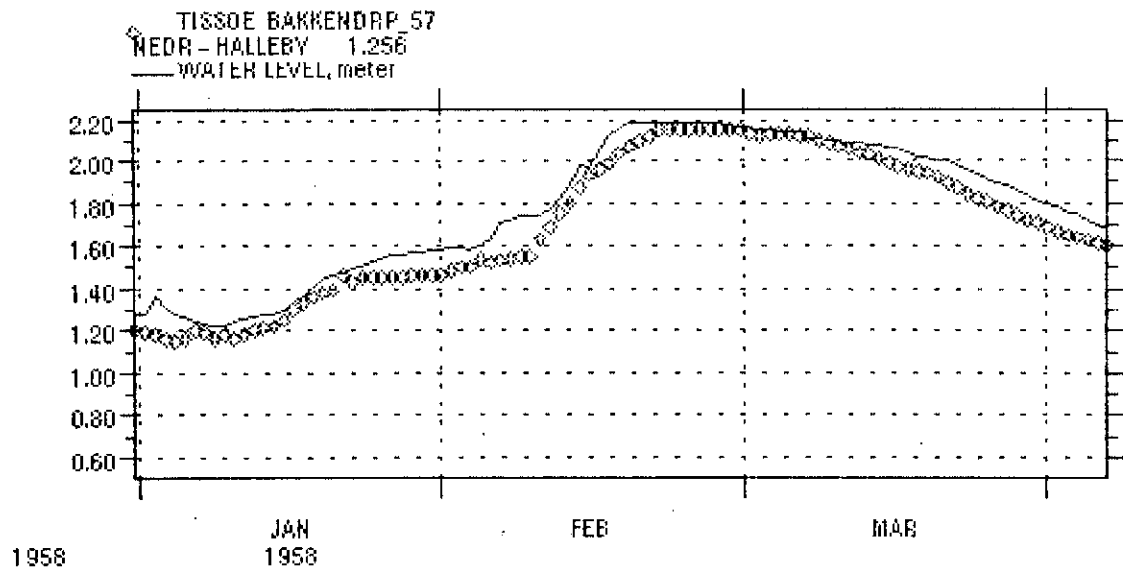
ÅR	DATO	<u>VASEBRO</u>		<u>HALLEBYBRO</u>		<u>STEMMEVERK</u>		<u>BAKKENDRUP</u>	
		MÅLT	BEREGNET	MÅLT	BEREGNET	MÅLT	BEREGNET	MÅLT	BEREGNET
		m3/sec		m3/sec		m3/sec		m3/sec	
1981	9 4							3.914	4.000
1981	9 11							3.262	3.300
1982	7 22			0.611	0.780				
1982	9 20	0.028	0.098						
1983	9 28					0.299	0.536		
1984	1 7	1.156	0.551						
1984	2 8					3.230	6.287		
1984	4 18	0.167	0.161						
1984	5 17					0.870	1.621		
1984	6 14	0.112	0.198						
1984	6 28	0.140	0.191						
1984	7 24	0.062	0.098						
1984	9 7	0.047	0.069						
1984	9 26	0.066	0.088						
1984	10 31					2.158	3.095		
1984	11 13	0.090	0.143						
1985	5 22	0.099	0.104						
1985	6 7	0.083	0.092						
1985	10 3	0.053	0.038						
1986	1 21	1.441	0.951						
1986	3 19	0.111	0.161						
1986	4 17	0.203	0.161						
1986	5 7	0.085	0.118						
1986	5 29	0.067	0.099						
1986	6 12	0.039	0.088						
1986	6 20	0.068	0.088						
1986	6 26	0.045	0.079						
1986	7 11	0.026	0.069						
1986	7 17	0.026	0.066						
1986	7 25	0.032	0.063						
1986	7 31	0.039	0.059						
1986	8 14	0.019	0.053						
1986	8 22	0.024	0.079						
1986	9 18	0.019	0.040						
1986	10 2	0.024	0.036						
1987	1 27					2.164	2.584		
1987	2 27					3.452	3.600		
1987	3 27							2.273	2.700
1987	5 18							2.478	2.607
1987	6 23					0.751	1.300		
1987	6 30	0.241	0.247						
1987	7 15					1.612	1.800		
1987	9 3							1.784	2.500
1987	9 29							2.475	2.700
1987	10 23							2.354	2.600
1987	11 27							2.645	3.500

vandføring er dog i overensstemmelse med den forventede vandføring ved den daværende vandstand i Tissø.

Endelig er der gennemført to ekstra kontrolberegninger med den kalibrerede model. Den ene vedrører strømmingen fra Øresø Mølle til Tissø. Den anden vedrører strømmingen fra Tissø til havet.

Opstrøms rand i sidstnævnte beregning er målte vandstande i Tissø fra 1957-1962. Sammenligningen må begrænses til vinterperioden, hvor stemmeværket nedstrøms Tissø har været holdt åbent. Målte vandstandsdata fra Bakkendrup bro sammenholdes med beregnede vandstandsdata fra samme periode på figur 5.5. Det ses, at modellen i 1958 og 1960-1961 beregner for høj vintervandstand. Det kan skyldes, at vandløbet tillægges for stor ruhed i beregningerne. Denne forklaring er dog usandsynlig, da kalibreringen viser god sammenhæng i starten af 1980'erne. En mere sandsynlig forklaring er, at overuddybningen af åen opstrøms Bakkendrup bro er sket i 1960'erne. Ved uddybningen er vandføringsevnen øget, og som konsekvens heraf beregnes en for stor vandføring gennem Nedre Halleby Å i 1950'erne, når der tages udgangspunkt i vandspejlet i Tissø hhv. havet. Konsekvensen for vandstanden i Nedre Halleby Å ved lukning af stemmeværket kan ses af de målte data i april 1961.

Opstrøms rand i beregningen fra Øresø Mølle til Tissø er vandføring ved Øresø Mølle i perioden 1. til 11. november 1987. Det beregnede vandspejl i Øvre Halleby Å den 4. november 1987 vises i figur 5.2. Denne dag opmålt vandløbet af amtsvandvæsnets, og her er derfor kontrolmålinger af vandstanden i mange punkter langs vandløbet. De målte vandstande i åens øverste station og - ved udløbet i Tissø summerer forskellen. Vandstanden i øverste station målt til 1,60 m DNN, beregningen giver 1,57 m DNN. Vandstanden ved udløbet i Tissø målt til 1,10



Figur 5.5

Målt vandstand ved Bakkendrup Bro sammenholdt med beregnet vandstand. Romber viser målinger, mens den tynde linie viser beregnede værdier.

m DNN, beregningen giver 1,09 m DNN. Det kan konstateres, at der i Øvre Halleby å er god overensstemmelse mellem målte og beregnede værdier.

Generelt kan det konkluderes, at modellen efterligner afstrømningsforholdene rimeligt godt. Modelleringen kan ikke eftergøre alle variationer i detaljer, men størrelsesordenene efterlignes med god præcision. Størrelsen af ændringen fra den beregnede nul-situation til en ny situation er godt bestemt, og derved har vi et tilstrækkeligt grundlag for at vurdere konsekvenserne af ændringen.

5.5 Referencer :

- 5.1 Dansk Hydraulisk Institut (1988) :
MIKE11 - Documentation february 1988.
- 5.2 I. Krüger A/S (1988) :
Vurdering af indvindingsmulighederne
fra Tissø. (Rapport for Nordpap A/S).
- 5.3 Dansk Hydraulisk Institut (1989) :
NAM - documentation and users guide.
- 5.4 Water Consult (1991) :
Susåen - miljøundersøgelser 1989-91.
(Rapport for Storstrøms Amt).

6 **Konsekvenser af øget vandindvinding og ændret opstemning. Vurdering af indvindingsmulighed**

6.1 **Indvindings-alternativer.**

Analysen af øget indvinding fra Tissø inddrager to alternativer : 7 - hhv. 10 mill. m³ årligt. Den nuværende indvinding er 3 mill. m³ årligt. De to alternativer er valgt som nuværende tilladelser (7 mill. m³ årligt) hhv. et skøn over størst tænkelige indvinding (10 mill. m³ årligt). Størst tænkelige indvinding svarer til 1/3 af den målte tilstrømning i årene 1921 og 1976, tidsseriens minima.

Springene i indvindingsforøgelsen (3 mill. m³ årligt) er begrundet i vandsystemets størrelse. En beskeden forøgelse eller reduktion af årsindvindingen jævnt fordelt over året er "usynlig" i afstrømningsbilledet. En ændring i indvindingen fra Tissø på f.eks. 0,5 mill. m³ pr. år er ikke synlig i en årlig afstrømning, der naturligt varierer fra 34 mill. m³ (1976) til 170 mill. m³ (1981). Det betyder naturligvis ikke, at indvindingen ingen konsekvenser har. Men fordi konsekvenserne indtræffer gradvis har en lille ændring i et stort vandsystem ingen målbar konsekvens. Derfor har man valgt at analysere to situationer med øget indvinding, hvor den ene er så meget større end den anden, at man kan se forskel.

Vurderingens udgangspunkt er de nuværende forhold. I tabel 6.1 vises i første søjle månedligt gennemsnit af målte vandstande i Tissø (Hallebybro) fra 1936 til 1969. I tabellens to midterste søjler er disse observationer delt på to regulativperioder (1936-1961) og (1962-1969). I tabellens sidste to søjler præsenteres månedligt gennemsnit

Tabel 6.1 : Månedligt gennemsnit for 4 perioder.

	Vandstand i Tissø (m DNN)				Vandføring (m ³ /sek)
	36-69	36-61	62-69	73-88	73-88
januar	1.52	1.51	1.56	1.51	7.02
februar	1.66	1.63	1.77	1.58	7.17
marts	1.57	1.58	1.56	1.52	6.45
april	1.48	1.51	1.39	1.46	6.36
maj	1.37	1.41	1.25	1.15	4.07
juni	1.28	1.37	1.02	0.99	2.79
juli	1.23	1.35	0.91	0.91	2.11
august	1.22	1.33	0.89	0.88	1.92
september	1.19	1.28	0.91	0.86	1.97
oktober	1.16	1.22	0.95	0.90	2.49
november	1.22	1.27	1.05	1.02	3.40
december	1.36	1.37	1.30	1.31	5.30

Tabel 6.2

Dato for lukning af stemmeværk ved Tissø's udløb.

År	to fag lukket	tre fag lukket	fire fag lukket
1983	29/6	-	18/7
1984	14/6	-	-
1985	9/7	-	18/7
1986	29/5	25/6	1/7
1987	-	-	-
1988	6/6	22/6	29/6
1989	22/5	29/5	30/6

af beregnet vandstand i Tissø og - beregnet vandføring i stemmeværket nedstrøms Tissø for perioden 1973 til 1988.

Det ses, at den gennemsnitlige vintervandstand er uændret siden 1936. Derimod er sommervandstanden faldet som følge af ændringen i 1961 af søens opstemning.

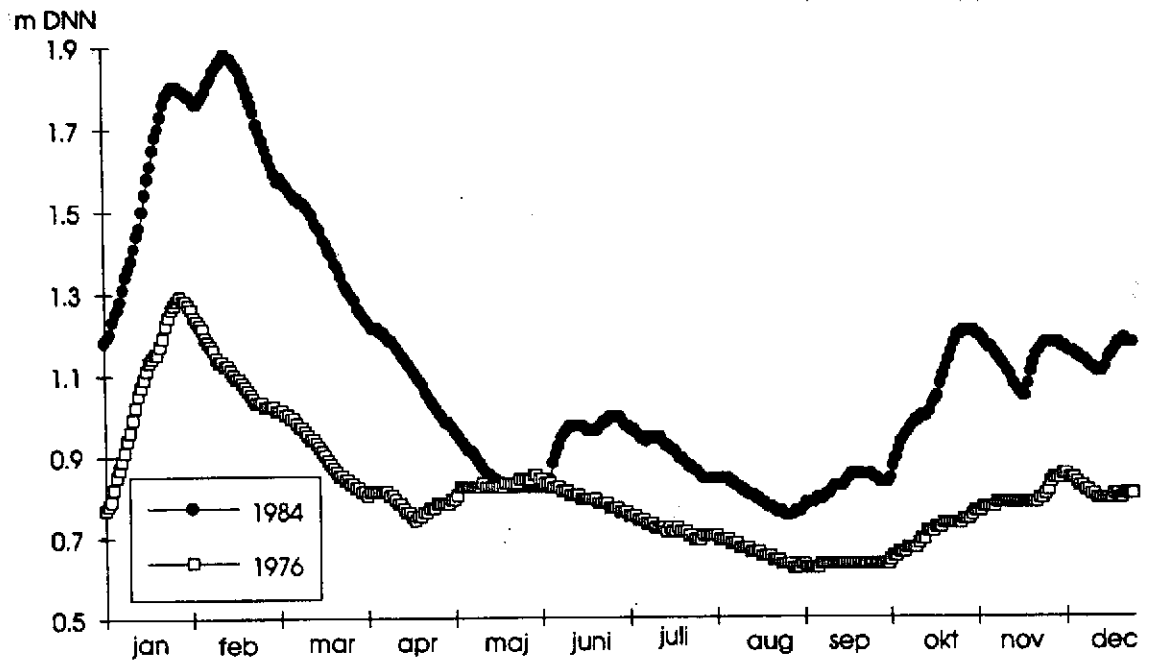
I vurderingerne forudsættes, at Tissø's aktuelle højeste vandstand ikke overskrides, at søens aktuelle mindste vandstand ikke underskrides, og at stemmeværket ved søens udløb ikke er lukket i et normalt år. Tissø's aktuelle højeste vandstand er ca. 2,5 m DNN, den aktuelle mindste vandstand er ca. 0,75 m DNN.

6.2 Analyse af udvalgte år.

Beregning af vandstand og vandføring i vandsystemet er gennemført for to modelår. Der er valgt et gennemsnitsår for afstrømningen (1984) og ekstremt tørt år (1976). Valgene uddybes i bilag 6.1. Beregningerne viser, hvad vandstand og vandføring ville have været, hvis der gennemførtes ændringer i indvinding og/eller opstemning. I figur 6.1 vises beregning af aktuel vandstand i Tissø i de to modelår. Figur 6.2 viser afstrømningen gennem stemmeværket nedstrøms søen i de samme år.

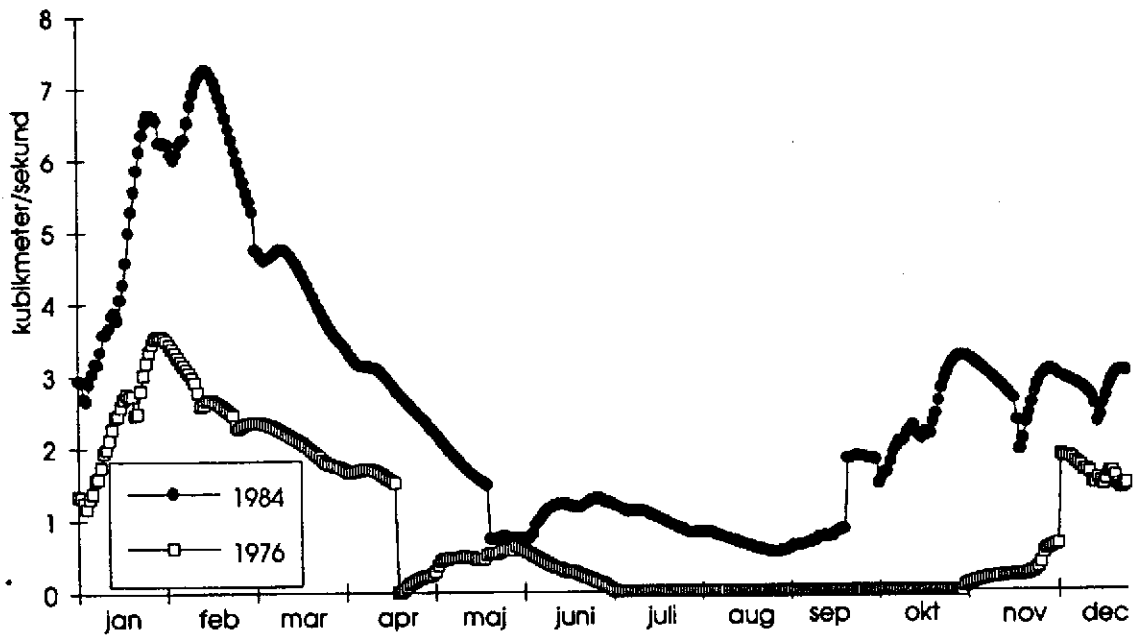
Det ses af figur 6.1, at vandstanden i den ekstremt tørre vinter er meget lavere end i normalåret. Det udlignes i maj måned, og forskellen er gennem sommeren mere beskeden. Det skyldes, at stemmeværket i 1976 er beregnet lukket i modsætning til i 1984. En oversigt fra amtsvandvæsenet over reguleringen af stemmeværket viser ingen lukning i 1984, oversigten vises i tabel 6.2.

Lukning af stemmeværket skulle mellem 1961 og 1984 ske, når Tissø's vandspejl nåede mindstehøjden (0,75 m DNN).



Figur 6.1

Beregnet vandstand i Tissø i årene 1984 og 1976. Beregningen er foretaget med aktuell indvinding fra søen.



Figur 6.2

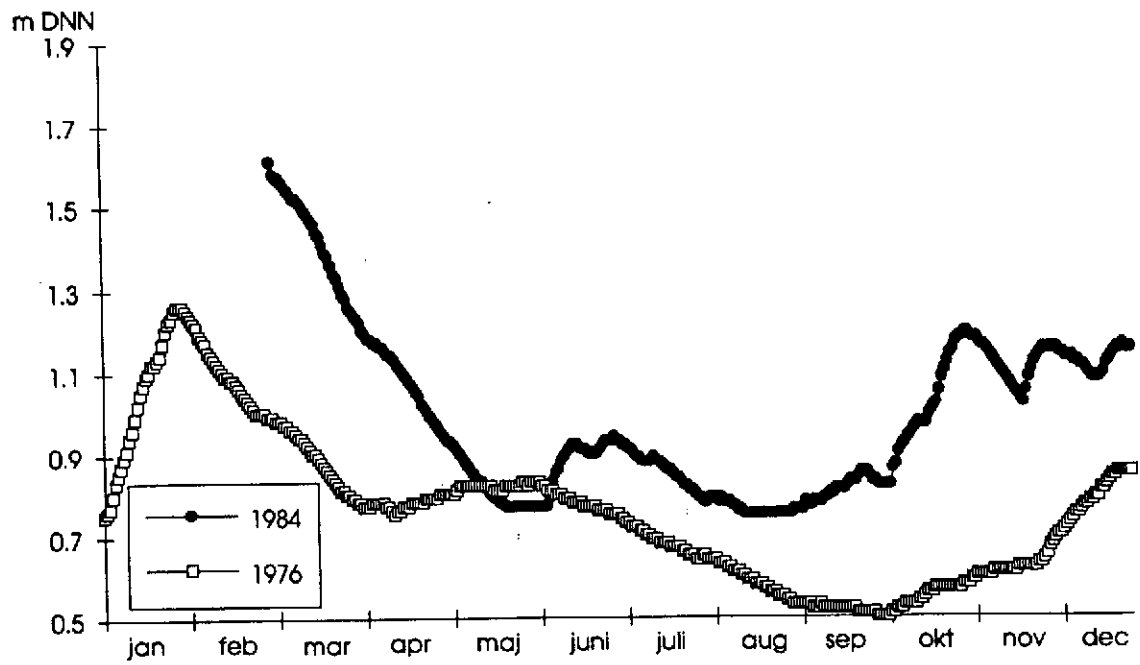
Beregnet vandføring gennem stemmeværket i årene 1984 og 1976. Beregningen er foretaget med aktuell indvinding fra søen.

Stemmeværket skulle lukkes med planker med overkant i denne højde. Blev vandstanden i søen højere, skulle vandet løbe ud over opstemningen. Når vandstanden nåede 10 cm over mindstehøjden genåbnedes stemmeværket helt. Det ses af figur 6.2, at vandføringen gennem stemmeværket bliver væk midt i april 1976. Det skyldes, at stemmeværket lukkes den dag. Derefter stiger vandstanden i søen gennem maj måned for at falde gennem juni til et niveau under stemmeplankernes overkant. Vandstanden i Tissø er derefter lavere end mindstehøjden frem til starten af november. Stemmeværket åbnes igen i starten af december.

Det nye regulativ, som gennemførtes i 1984 angiver en gradvis lukning af stemmeværket (se afsnit 1). Det ses af figur 6.2, at vandføringen sidst i maj 1984 falder til ca. det halve, mens den sidst i september 1984 stiger til ca. det dobbelte. Det hænger sammen med lukning af stemmeværkets næstsidste fag. Lukning af tre fag i stemmeværket betød i 1984, at man undgik at lukke helt. Tissø virker som magasin for vandet, og ved at mindske udstrømningen, kunne man fastholde udstrømning i en længere periode. Havde man holdt helt åbent indtil Tissø's vandspejl nåede mindstehøjden, ville man have været nødt til at spærre afløbet i en periode af sommeren 1984.

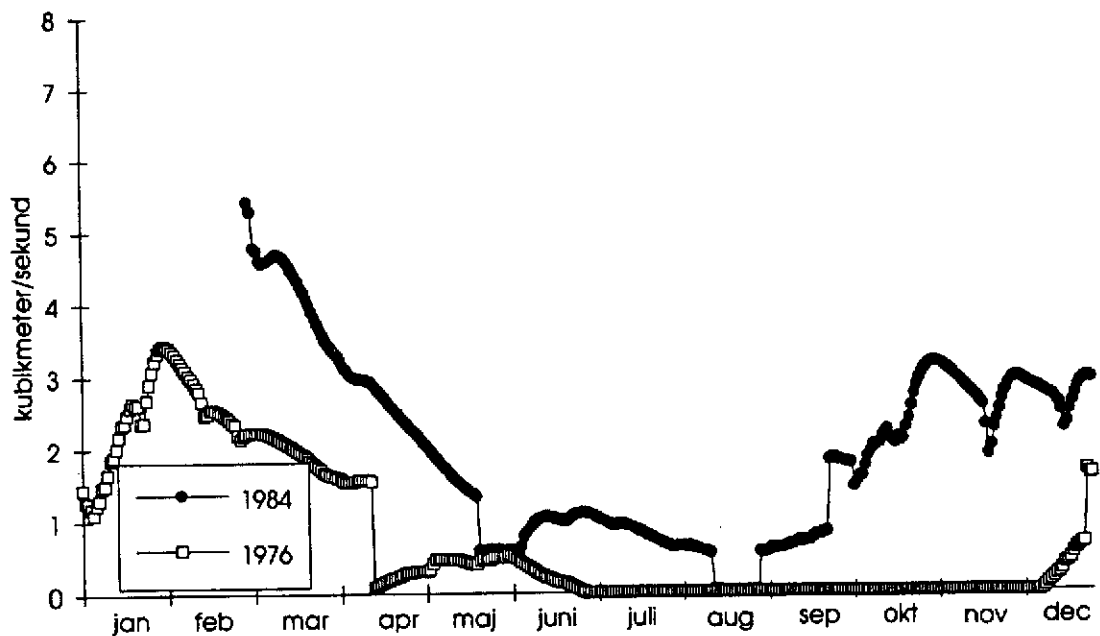
Tilsvarende beregninger er gennemført, hvor kun størrelsen af indvindingen er ændret. Indvindingen er sat op fra aktuel indvinding ≈ 95 l/sek (ca. 3 mill. m^3 /år) til 220 l/sek (7 mill. m^3 /år). På figur 6.3 og figur 6.4 ses beregnet vandstand (Tissø) og vandføring (stemmeværk) ved indvinding af 220 l/sek. Beregningen af forholdene i 1983 er alene gennemført fra 1. marts og året ud.

Sammenlignes figurerne 6.1 og 6.3 ses, at vandstanden i 1984 ikke påvirkes synligt ved øget indvinding. Derimod forskydes mindste vandstand i 1976 ved senere hen på



Figur 6.3

Beregnet vandstand i Tissø i årene 1984 og 1976. Beregningen er foretaget med indvinding af 220 l/sek (7 mill. m³/år) fra søen.



Figur 6.4

Beregnet vandføring gennem stemmeværket i årene 1984 og 1976. Beregningen er foretaget med indvinding af 220 l/sek (7 mill. m³/år) fra søen.

efteråret, og minimum i 1976 er lavere. Minimumsvandstanden i 1976 beregnes til at falde fra 0,62 m DNN den 1/9 til 0,50 m DNN den 1/10.

I løbet af december 1976 stiger vandspejlet i Tissø dog til et højere niveau på figur 6.3 end på - 6.1. Det skulle man ikke forvente, når indvindingen fra søen er større. Men det hænger sammen med, hvornår stemmeværket genåbnes om efteråret.

Af figur 6.4 ses, at stemmeværket i 1976 først genåbnes sidst i december måned, på figur 6.2 var det først på måneden. Det ses også, at vandspejlet i Tissø ville være under mindstehøjden en måned længere ved en forøgelse af indvindingen fra 3 mill. m³ til 7 mill. m³ i 1976.

Vandstanden i søen påvirkedes ikke synligt ved forøgelse af indvindingen i 1984, men den gunstige virkning af det nye regulativ blev mindsket. På figur 6.4 ses, at vandføringen gennem stemmeværket bliver nul et par uger i august 1984. Det skyldes, at vandspejlet i Tissø netop falder til mindstehøjden i august måned. I 1984 beregnes et lille overløb i denne periode, men vandføringen er så lav, at den skjules bag datapunkterne fra 1976.

Konklusionen er, at en forøgelse af indvindingen fra 3 mill. m³ årlig til 7 mill. m³ årlig ikke kan gennemføres med nuværende stemmeregler uden negativ indflydelse på miljøforholdene.

Der er derfor gennemført en række beregninger på 1984-data med forskellig regulering af det eksisterende stemmeværk. Resultater fra fire af disse beregninger vises i tabel 6.3. Tabellen er arrangeret, så søjlerne optræder parvis. Første søjle i hvert par viser månedligt gennemsnit af vandstand i Tissø. Anden søjle i parrene viser vandføring gennem stemmeværket ved Tissø's afløb.

Første søjlepar i tabel 6.3 kommer fra en beregning, hvor indvinding fra søen og regulering af stemmeværket efterlignes, som forholdene var i 1984. Denne beregning omtales nedenfor som "normalberegningen". Resultater fra normalberegningen er brugt til figurerne 6.1 og 6.2. Tabellens andet søjlepar kommer fra beregningerne omtalt under figurerne 6.3 og 6.4. De to sidste søjlepar stammer fra to forsøg på at ændre stemmepraksis i det eksisterende stemmeværk. I de to forsøg med ændret opstemning er flere af stemmeværkets fag lukket i længere perioder.

I de to midterste søjlepar er beregningen startet 1. marts med samme udgangspunkt. Udgangspunktet kommer fra normalberegningen, som sammenfattes i tabellens venstre søjlepar (3 mill. m³/år, aktuelt regulativ). Vandstanden i Tissø 1. marts 1984 er beregnet til 1,6 m DNN. Sammenfatningen af beregningerne er sluttet med august, da mindste vandstand i Tissø naturligt forekom i august måned 1984.

Tabel 6.3 :

Vandstand i Tissø og vandføring gennem stemmeværk

	3 mill.m ³ /år aktuelt reg.		7 mill.m ³ /år aktuelt reg.		7 mill.m ³ /år 2 fag åbne		7 mill.m ³ 1 fag åbent	
	m DNN	m ³ /sek	m DNN	m ³ /sek	m DNN	m ³ /sek	m DNN	m ³ /sek
1984 1	1.52	4.565					1.63	4.012
1984 2	1.78	6.512					1.97	5.902
1984 3	1.44	4.403	1.42	4.326	1.44	4.213	1.67	4.303
1984 4	1.12	2.947	1.08	2.778	1.18	2.187	1.35	2.781
1984 5	0.86	1.539	0.82	1.384	1.01	1.373	1.08	1.629
1984 6	0.92	1.063	0.87	0.899	0.98	1.284	1.01	1.385
1984 7	0.92	1.052	0.86	0.877	0.91	1.051	0.93	1.096
1984 8	0.80	0.679	0.76	0.291	0.77	0.444	0.78	0.466

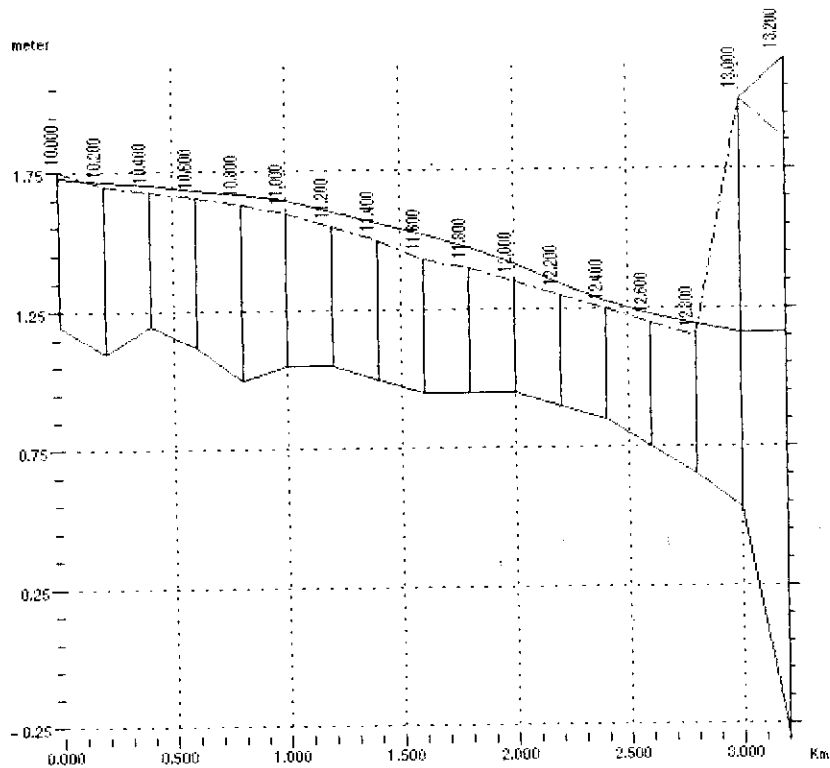
Det ses, at Tissø's gennemsnitlige vandstand i august 1984 beregnes til samme størrelsesorden, uanset indvinding og valg af stemmepraksis. Ved forøgelse af indvindingen reduceres den gennemsnitlige vandføring gennem stemmeværket

i august 1984 til knapt halvdelen ved nuværende stemmeregler eller godt to trediedele ved ændret opstemning. Den gennemsnitlige vandføring i august ved de ændrede opstemninger er dog over kravværdien til mindste vandføring i Nedre Halleby Å (300 l/sek). Men gennemsnittene viser ikke, om stemmeværket har været lukket.

I normalberegningen lukkes stemmeværket som nævnt ikke. Næstsidste fag i stemmeværket lukkes 22. maj, stemmeværket genåbnes helt 24. september. Men i alle øvrige beregninger lukkes stemmeværket i perioder. Stemmeværket beregnes lukket fra 15. august til 1. september ved øget indvinding uden ændret opstemning (7 mill.m³/år, aktuelt reg.). I denne beregning lukkes næstsidste fag også 22. maj, mens stemmeværket genåbnes helt 26. september.

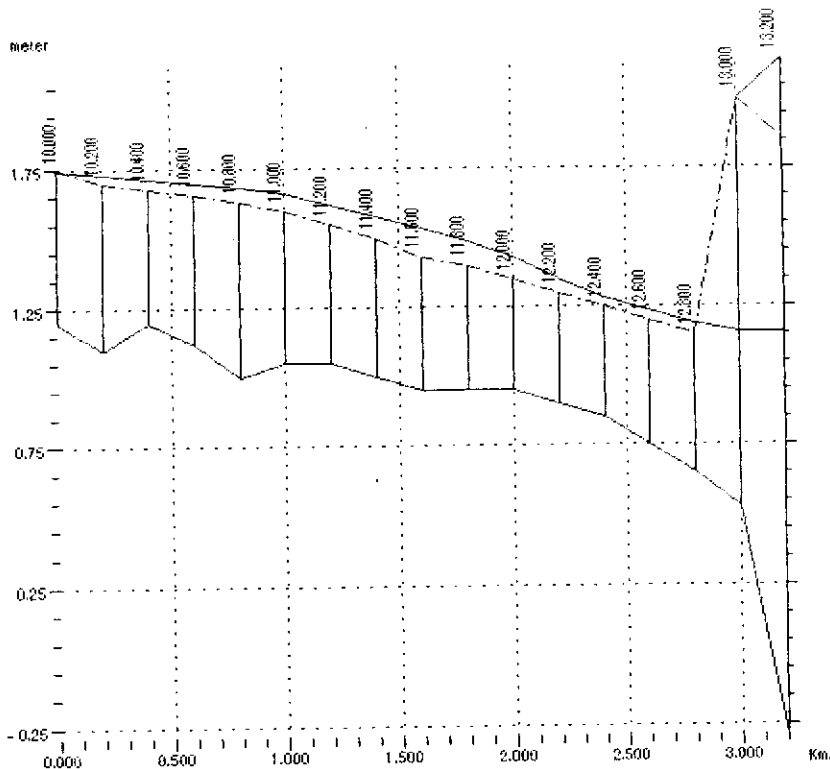
Næstyderste højre søjlepar (7 mill.m³/år, 2 fag åbne) er beregnet med to fag i stemmeværket lukket fra 1. marts til 5. april. Sammenlignes med nabo-beregningen til venstre ses, en yderst begrænset effekt, selv om to fag er lukket. Den 5. april lukkes næstsidste fag i stemmeværket ved en beregnet vandstand på 1,2 m DNN. Derved holdes vand tilbage i søen især i april måned. Den magasinerede vandmængde udskyder stemmeværkets lukning. Mindstevandstanden nås den 21. august, stemmeværket beregnes derfor lukket fra denne dato. Et fag i stemmeværket genåbnes 1. september.

I yderste højre søjlepar (7 mill., 1 fag åbent) er beregningen gennemført med kun et fag åbent i stemmeværket gennem hele 1984. Beregningen er startet med samme udgangspunkt som beregningen i yderste venstre søjlepar (3 mill. m³/år aktuelt reg.). Beregningen viser, at højeste vandstand i Tissø stiger -, og at vandstanden falder langsommere gennem foråret ved denne opstemning. Men også i



Figur 6.5

Længdeprofil af Bøstrup Å fra station 10,0 til station 13,2 (udløb i Nedre Halleby Å). I profilet er indtegnet beregnet vandstand den 5. april 1984. Beregningen er foretaget med alle fire fag åbne i stemmeværket ved udløbet fra Tissø.



Figur 6.6

Længdeprofil af Bøstrup Å fra station 10,0 til station 13,2 (udløb i Nedre Halleby Å). I profilet er indtegnet beregnet vandstand den 6. april 1984. Beregningen er fortsat fra situationen i figur 6.5 med alle fire fag åbne i stemmeværket ved udløbet fra Tissø.

denne beregning nås søens mindstevandstand 21/8.
Stemmeværket er derefter lukket en uge før det genåbnes.

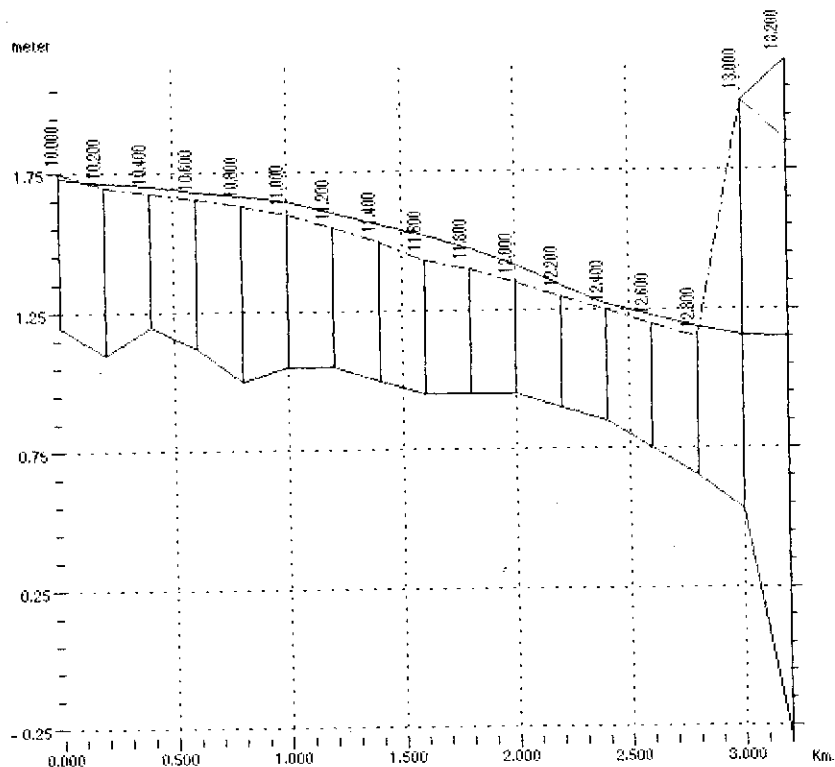
Konklusionen er:

- 1) at indvinding af 7 mill. m³/år i et normalt år ikke giver konflikt med de opstillede krav.
- 2) at regulering med hele fag i det eksisterende stemmeværk ikke i tilstrækkelig grad kan kompensere for øget indvinding. Selv med tre fag lukket løber der meget vand ud af søen først på sommeren. Dette vand mangler for at kunne opretholde vandføring gennem stemmeværket hele året.

6.3 Endringer af vandstanden i Bøstrup Å.

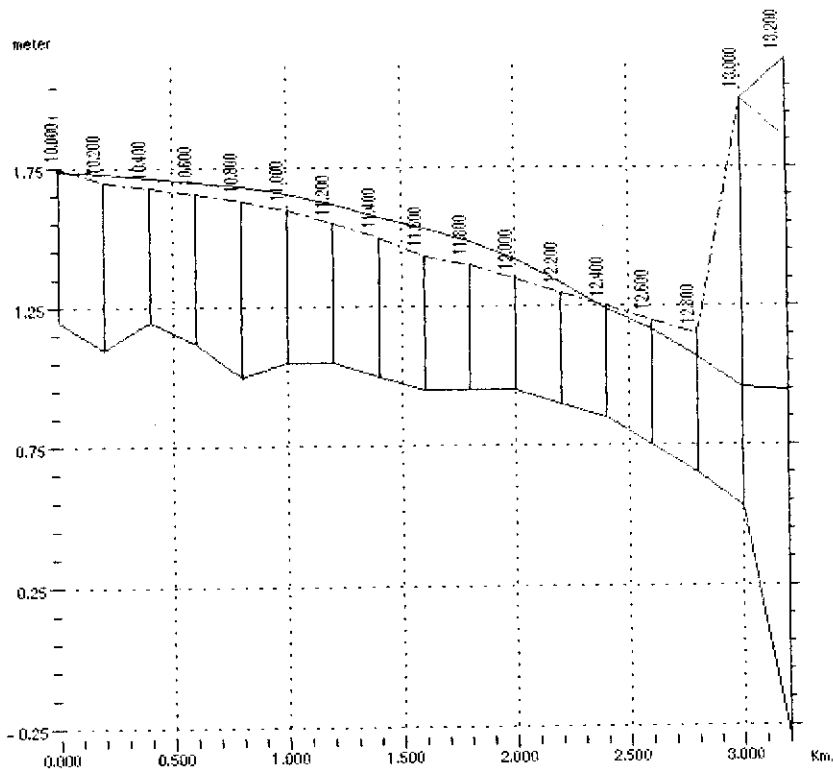
Vandstanden i Bøstrup Å styres både af vandføringen i Bøstrup Å og af vandføringen i Nedre Halleby Å. Ved lave vandføringer i Nedre Halleby Å er vandspejlet, hvor de to vandløb løber sammen, lavere end bunden af nederste tværsnit i Bøstrup Å. I den situation bestemmes vandstanden i Bøstrup Å alene af åens egen vandføring. Ved høje vandføringer i Nedre Halleby Å er vandspejlet i sammenløbspunktet derimod højere end bunden af nederste tværsnit i Bøstrup Å. I den situation bestemmes vandstanden i Bøstrup Å delvist af vandstanden i sammenløbspunktet.

Figurerne 6.5 - 6.8 viser længdeprofiler af Bøstrup Å's nedre del. Vasebro er til venstre - Nedre Halleby Å til højre på figurerne. I længdeprofilet er vandstanden i åen indtegnet. Figur 6.5 og 6.6 viser vandstanden 5. - og 6. april 1984, vandstanden er beregnet med en modelopsætning fra tabel 6.3 (7 mill m³/år, aktuelt reg.). Figur 6.7 og 6.8 viser vandstanden de samme to dage beregnet med naboopsætningen fra tabel 6.3 (7 mill m³/år, 2 fag åbne). Som nævnt lukkes stemmeværkets næstsidste fag den 5. april i modelopsætning 2.



Figur 6.7

Længdeprofil af Bøstrup Å fra station 10,0 til station 13,2 (udløb i Nedre Halleby Å). I profilet er indtegnet beregnet vandstand den 5. april 1984. Beregningen er foretaget med to fag åbne i stemmeværket ved udløbet fra Tissø.



Figur 6.8

Længdeprofil af Bøstrup Å fra station 10,0 til station 13,2 (udløb i Nedre Halleby Å). I profilet er indtegnet beregnet vandstand den 6. april 1984. Beregningen er fortsat fra situationen i figur 6.7 med et fag åbent i stemmeværket ved udløbet fra Tissø.

Det ses af figur 6.5, at vandstanden 5. april står over vandløbskanten i hele Bøstrup Å's nedre løb. Det betyder, at engene langs åen er oversvømmede på dette tidspunkt. Dagen efter er vandstanden i Nedre Halleby Å faldet lidt, mens vandstanden i Bøstrup Å er steget lidt, se figur 6.6. Faldet i Nedre Halleby Å's vandstand skyldes den langsomme tømning af vandmagasinet i Tissø. Stigningen i Bøstrup Å's vandstand skyldes en øget vandføring, som følge af regn 3. og 4. april 1984.

Figur 6.7 viser samme situation som figur 6.5. Der ses ingen forskel mellem de beregnede vandstande med de to modelopsætninger. Engene langs Bøstrup Å's nedre løb er oversvømmede, vandstanden ved Vasebro er den samme og vandstanden i Nedre Halleby Å er næsten den samme. Dagen efter er der derimod tydelige ændringer, se figur 6.8. Vandstanden i Nedre Halleby Å er faldet ca. 20 cm, og dette vandstandsfall har forplantet sig ca. 1 km op ad Bøstrup Å. Det ses, at vandstanden er faldet under vandløbskanten i Bøstrup Å's nederste dele.

Denne situation opstår naturligt, når vandføringen i Nedre Halleby Å falder i løbet af foråret. En tilbageholdelse af vand i Tissø vil nødvendigvis mindske vandføringen i Nedre Halleby Å. Det skyldes, at åens vandføring i så fald tærer mindre på vandmagasinet i Tissø, end nu. Men derved vil faldet i Bøstrup Å's vandstand indtræde tidligere end førhen.

Langs Bøstrup Å ligger værdifulde vådområder, der er beskyttet af naturfredningsloven. De må derfor ikke udtørres. Langs den viste strækning ligger moseområder, der kan ødelægges ved for tidlig udtørring om foråret.

Problemet er begrænset til forårsperioden. Det skyldes, at Nedre Halleby Å's sommervandføring bliver større, og at

Tabel 6.4

Krav fra natur, miljø og vandindvinding samt afledede sigtepunkter for ændret regulering af vandstanden i Tissø.

Dato	Minimumskrav	Sigtepunkt	Maksimumskrav
året	0,75 ^m	-	2,5 ^g
1/3	1,0 ^v	-*	-
1/4	1,15 ^v /1,50 ⁿ	1,55	1,60 ⁿ
15/6	1,2 ^v	1,3	1,4 ^m
15/7	1,03 ^v	1,1	1,2 ⁿ
15/8	0,75 ^m /0,85 ^v	0,85	0,85 ^m

n, *g*, *m* og *v* angiver, om niveauet stammer fra :
naturinteresser, generelle forudsætninger, miljøtilstanden
i Tissø eller kombinationen af
vandindvinding/minimumsvandføring i Nedre Halleby Å.

* angiver, at vandspejlet i Tissø ikke påregnes reguleret
før 1. april. Derfor er der ikke opstillet noget sigtepunkt
før denne dato.

efterårets øgede afstrømning ikke skal holdes tilbage i Tissø. Der kommer tilstrækkeligt med vand om vinteren til at fylde sømagasinet op. Øget vandindvinding og/eller ændret regulering vil derfor ikke påvirke efterårsvandføringerne i Nedre Halleby Å nævneværdigt.

Konklusionen er, at vandstanden i Bøstrup Å's nedre del vil blive lavere om foråret, hvis der holdes vand tilbage i Tissø i denne periode.

6.4 Opstilling af vandspejlskoter for Tissø.

Med sigte på en ny regulering er krav til Tissø's vandspejl fra forskellige interesser søgt sammenstillet. Resultatet vises i tabel 6.4.

Forskellige interessers krav til søens vandstand på forskellige tidspunkter er ofte modstridende. Eksempelvis har planter og dyreliv indstillet sig på de variationer i søens vandstand, der har været gældende siden 1930'erne. Plante- og dyreliv sikres bedst ved at fastholde variationer, der ikke afviger væsentligt herfra. De arkæologiske interesser sikres derimod bedst ved de vandstandsvariationer, der har været gældende i nogle årtusinder før reguleringen i 1880'erne.

De eneste absolutte krav til søens vandstand er nuværende maksimum og minimum. Fastholdelse af variationen inden for denne variationsbredde er en forudsætning for arbejdet. Maksimumskoten sikrer boliger og vejanlæg omkring søen mod oversvømmelse. Minimumskoten skal sikre bundvegetationen i søen samt arealerne omkring søen og Øvre Halleby Å mod yderligere udtørring.

De andre krav kan ikke være absolutte, da vandstanden naturligt varierer inden for meget vide rammer. Der kan dog

fastsættes tidspunkter, hvor vandspejlet af hensyn til f.eks. fuglelivet ikke bør være højere end en bestemt kote. Denne værdi kaldes i tabel 6.4 *maksimumskrav*. Tilsvarende kan fastsættes, at vandspejlet af hensyn til f.eks. vandindvinding ikke bør være lavere end en given kote. Denne værdi kaldes i tabel 6.4 *minimumskrav*.

Maksimums- og minimumskrav angiver et interval, som ikke må fraviges som følge af søens regulering.

I tabel 6.4 optræder et par gange to minimumskrav. Det er præsenteret for at illustrere forskellige interesser's krav til vandstanden. Det lave minimumskrav 1. april sikrer udstrømning fra søen på 600 l/sek frem til 15. august i det tørrest kendte år. (600 l/sek svarer til kravværdien for minimumsvandføring i Nedre Halleby Å og konstant indvinding fra søen = 10 mill. m³/år). Det høje minimumskrav 1. april sikrer, at de lave enge omkring Tissø oversvømmes. Det lave vandstandskrav 15. august sikrer søens bundvegetation mod udtørring. Det høje vandstandskrav 15. august sikrer, at der stadig er vandmagasin i Tissø til opretholdelse af indvinding og/eller vandføring i Nedre Halleby Å. De øvrige minimumskrav i tabel 6.4 skal sikre indvinding af 300 l/sek og afløb fra søen på 300 l/sek frem til 15. august i det tørrest kendte år.

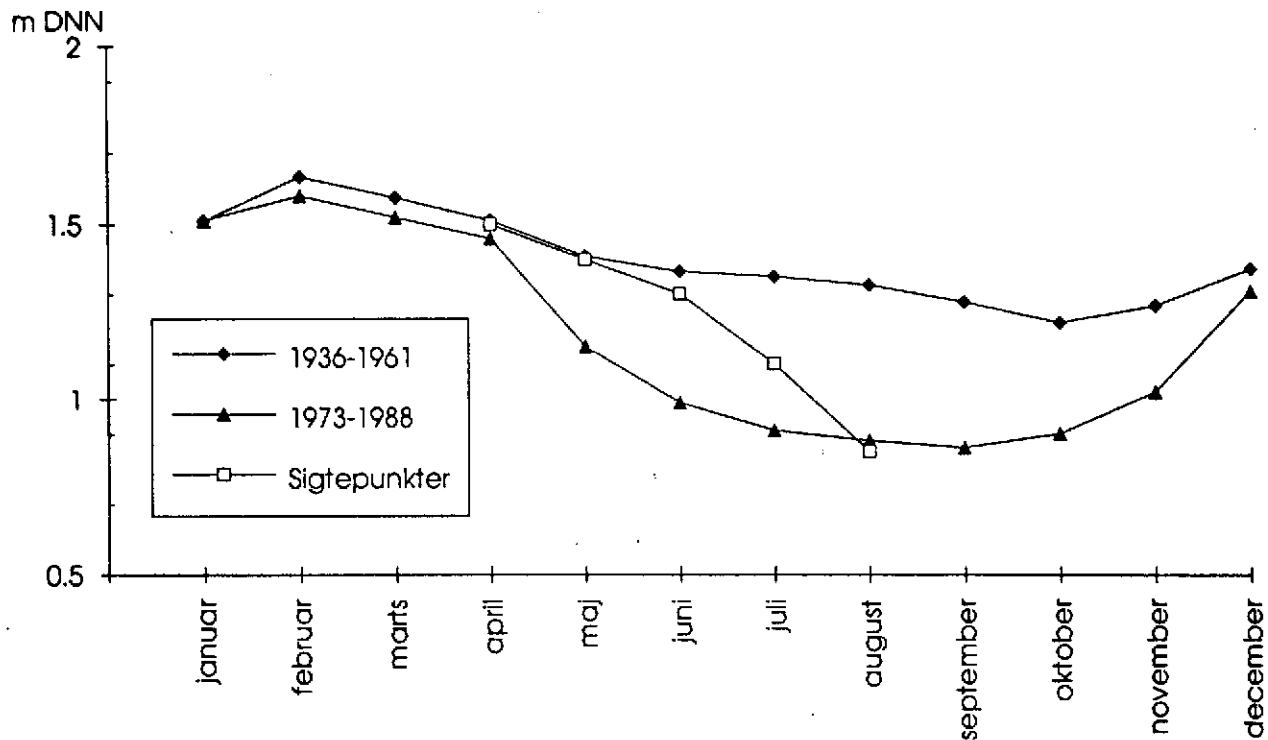
Minimumskravene fra vandindvinding/vandføring er fundet ved at lade flodmodellen regne frem til en vandstand på 0,85 m DNN i Tissø 15. august 1976. Året 1976 er valgt, fordi det er det tørreste år i observationsperioden (1921-1990) for vandføringsstationen ved Bromølle. Året 1976 havde laveste månedlige vandføring fra februar til og med december, når man alene betragter perioden 1973-1988. Tidligere år (f.eks. 1947) har haft mindre vandføring i nogle måneder, men det opvejes af større vandføring i andre måneder.

Modellen er sat op fra Øresø Mølle til Stemmeværket. Modellen fører konstant 300 l/sek gennem stemmeværket, fra Tissø pumpes konstant 300 l/sek. Overstiger tilstrømning minus fordampning 600 l/sek stiger vandspejlet i søen, mens det falder når tilstrømning minus fordampning er mindre end 600 l/sek. Beregningen er gennemført med udgangspunkt i forskellige vandspejl 1. februar. Resultatet bliver, at det nødvendige vandmagasin i Tissø både 1. februar og 1. marts er til stede ved lavere vandstand, end der hidtil er målt i søen. Der er derfor ikke opstillet minimumskrav før 1. marts.

Maksimumskravene i tabel 6.4 skal sikre et begrænset vandstandsfall i moser og enge omkring - og opstrøms søen i første del af vækstsæsonen (1. april), lys til bundvegetationen (15. juni og 15. august) samt tørlæggelse af laveste voksested for landplanter (15. juli).

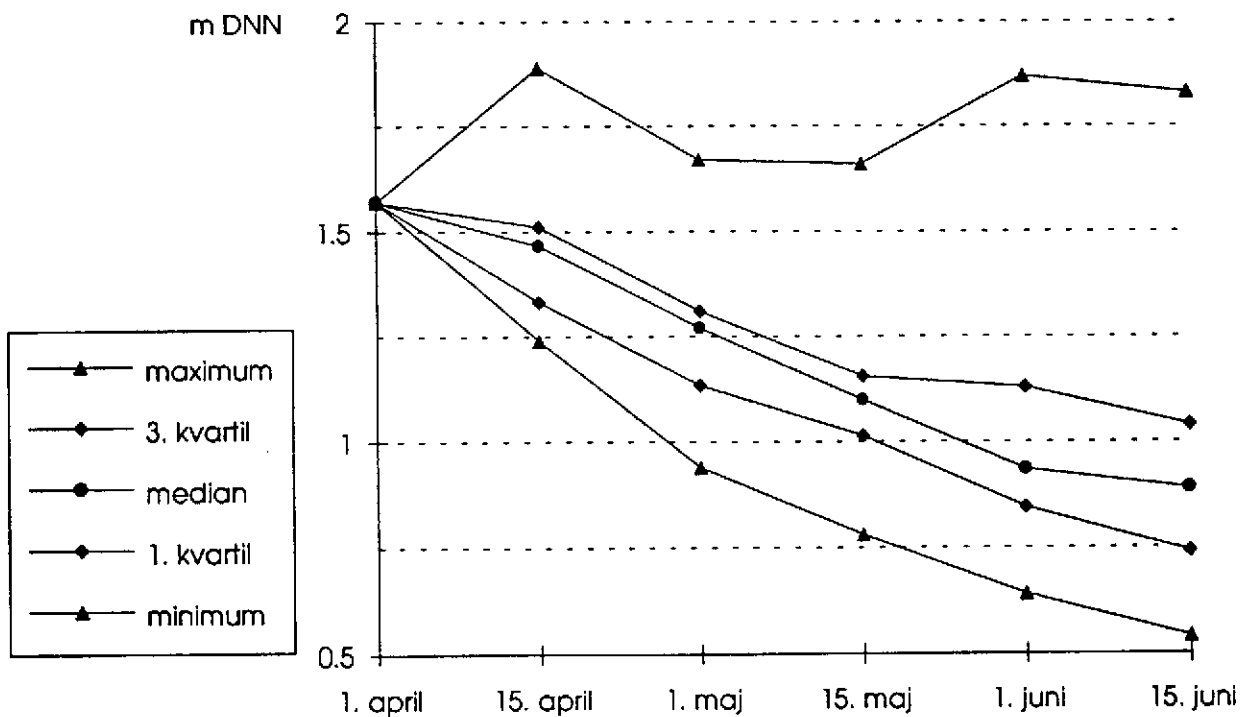
Med udgangspunkt i minimums- og maksimumskrav er opstillet sigtepunkter for reguleringen af søens vandstand. Et sigtepunkt angiver højden af søens vandspejl på en given dato. Det skal forstås således, at man i reguleringen skal sigte mod denne vandstand i søen på den givne dag. Nogle år vil vandstanden naturligt være langt højere end både sigtepunkter og maksimumskrav. Sådanne år reguleres vandstanden i Tissø ikke. Det var f.eks. tilfældet i 1981 og 1987. Andre år kan vandstanden ikke tvinges op til forårets sigtepunkter uden at lukke helt for afløbet fra søen. Det var f.eks. tilfældet i 1976.

Sigtepunkterne er i figur 6.9 sammenlignet med de målte gennemsnitsvandstande i Tissø fra 1936-1961 og med de beregnede gennemsnitsvandstande fra 1973-1988. Det ses, at sigtepunkterne ligger mellem de to kurver for gennemsnitsvandstanden.



Figur 6.9

Gennemsnitlige månedsvandstande i Tissø i to perioder - og sigtepunkter for foreslået ny regulering af vandspejlet i søen.



Figur 6.10

Vandstandsvariation i Tissø. Vandstandene er beregnet med udgangspunkt i sigtepunktet 1. april alle år i perioden 1973-1988. Stemmeværket ved Tissø's udløb er helt åbent under hele beregningen.

Der er som nævnt ikke opstillet minimumskrav til vandstanden før 1. marts. Der er tilsvarende ikke opstillet noget sigtepunkt før 1. april. Det er unødvendigt at opstille minimumskrav/sigtepunkt af to grunde. Dels kan maksimum i tilstrømningen falde fra januar til april, og det er uheldigt at holde vand tilbage i januar og februar - for siden at lukke det ud i marts. Dels er søen nogle år dækket af is, i sådanne år kommer erfaringsvis en stor tøbrudsafstrømning, som sikrer vand til opfyldning af vandmagasinet i Tissø.

Det er væsentligt, at vinterafstrømningen i Nedre Halleby Å ikke reduceres unødigt. Det skyldes, at vinterafstrømningen holder udløbet til Jammerland Bugt åbent. Reduceres vinterafstrømningen kraftigt vil vinterstorme kunne tilsande udløbet i Jammerland Bugt. Den situation vil forekomme naturligt med store mellemrum, men det er uheldigt, hvis frekvensen øges.

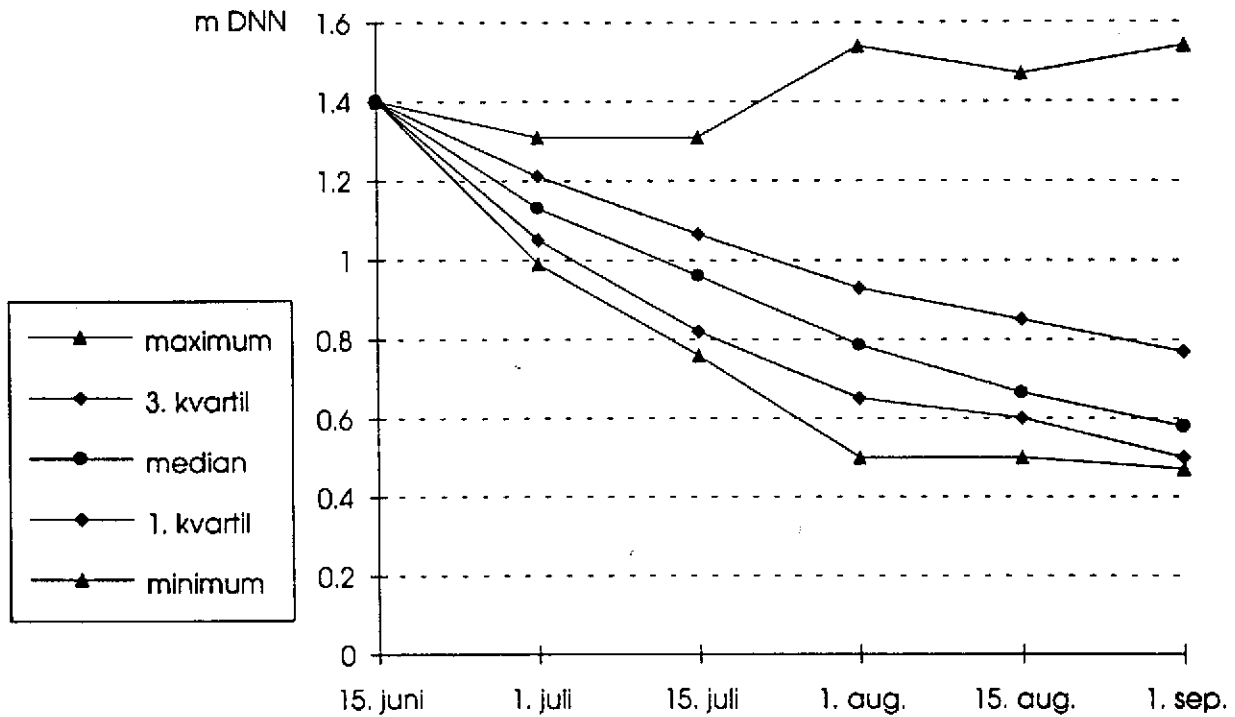
Konklusionen er,

- 1) at der opstilles minimumskrav begrundet i nødvendig vandstand for at sikre udstrømningen fra søen fra 1. marts til 15. august.
- 2) at der opstilles maksimumskrav og sigtepunkter fra 1. april for at sikre naturen.

6.5 Konsekvenser af regulering efter sigtepunkterne.

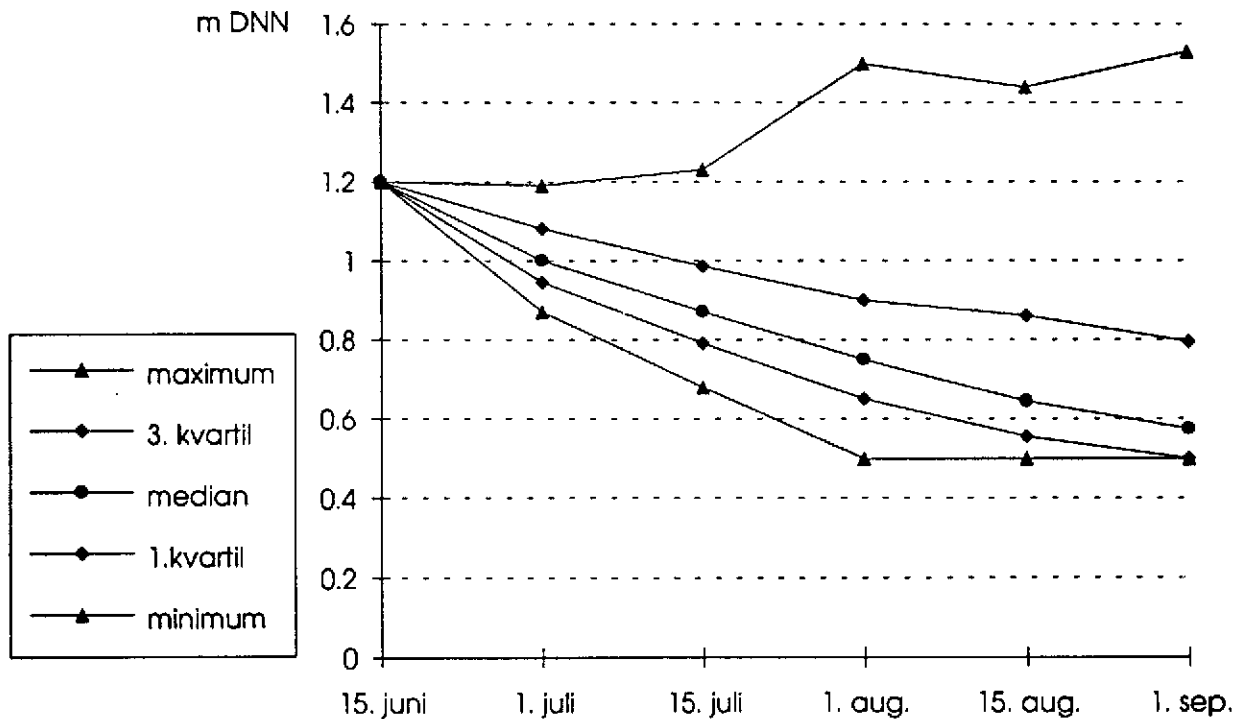
At vandstanden kan komme op på minimumskravet er eftervist ovenfor. I dette afsnit diskuteres, om regulering efter sigtepunkterne hindrer opfyldelsen af maksimumskrav senere på året. Dernæst diskuteres konsekvensen for landbruget af en forøget forårsvandstand.

Figur 6.10 viser variationsbredden i Tissø vandstand. Figuren er baseret på beregninger af vandstanden hvert



Figur 6.11

Vandstandsvariation i Tissø. Vandstandene er beregnet med udgangspunkt i maksimumskravet 15. juni alle år i perioden 1973-1988. Stemmeværket ved Tissø's udløb er helt åbent under hele beregningen.



Figur 6.12

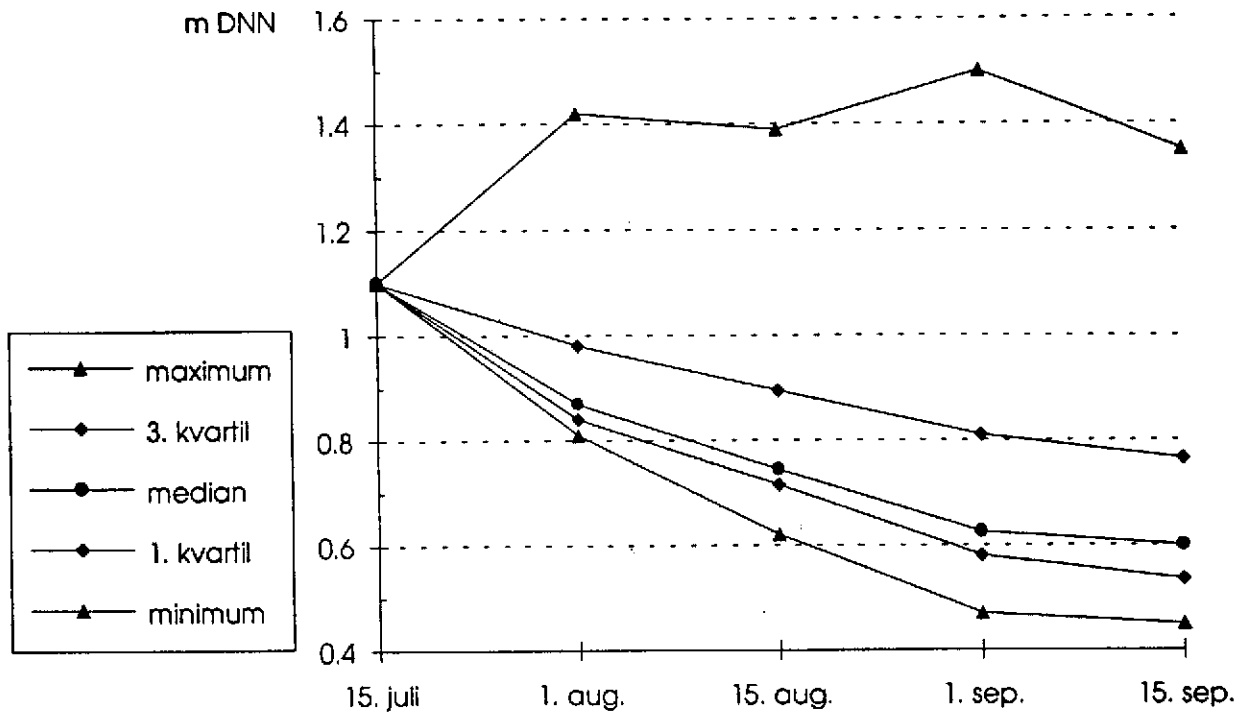
Vandstandsvariation i Tissø. Vandstandene er beregnet med udgangspunkt i minimumskravet 15. juni alle år i perioden 1973-1988. Stemmeværket ved Tissø's udløb er helt åbent under hele beregningen.

forår fra 1973 til 1988. Beregningerne er gennemført med stemmeværket helt åbent. Beregningerne angiver, hvad vandstanden ville have været gennem de enkelte forår, hvis vandstanden 1. april hvert år havde været 1,55 m DNN. Figur 6.10 reducerer de 15 års data til 5 kurver. Kurverne forbinder beregninger af vandstandens variation 1. april, 15. april, 1. maj, 15. maj, 1. juni og 15. juni. På disse dage er vist periodens maksimum og - minimum. Endvidere vises den vandstand hvorunder en fjerdel af observationerne ligger (1. kvartil), den vandstand hvorunder halvdelen af observationerne ligger (median) og den vandstand hvorunder tre fjerdele af observationerne ligger (3. kvartil).

Af figur 6.10 ses, at vandstanden hvert fjerde år ville nå søens absolutte mindstevandstand Valdemarsdag, hvis stemmeværket blev holdt helt åbent hele foråret. Beregningerne bekræfter, at vandstanden i almindelighed falder hurtigt gennem foråret. Regulering efter sigtepunktet i april, hindrer altså ikke opfyldelsen af maksimumskravet 15. juni.

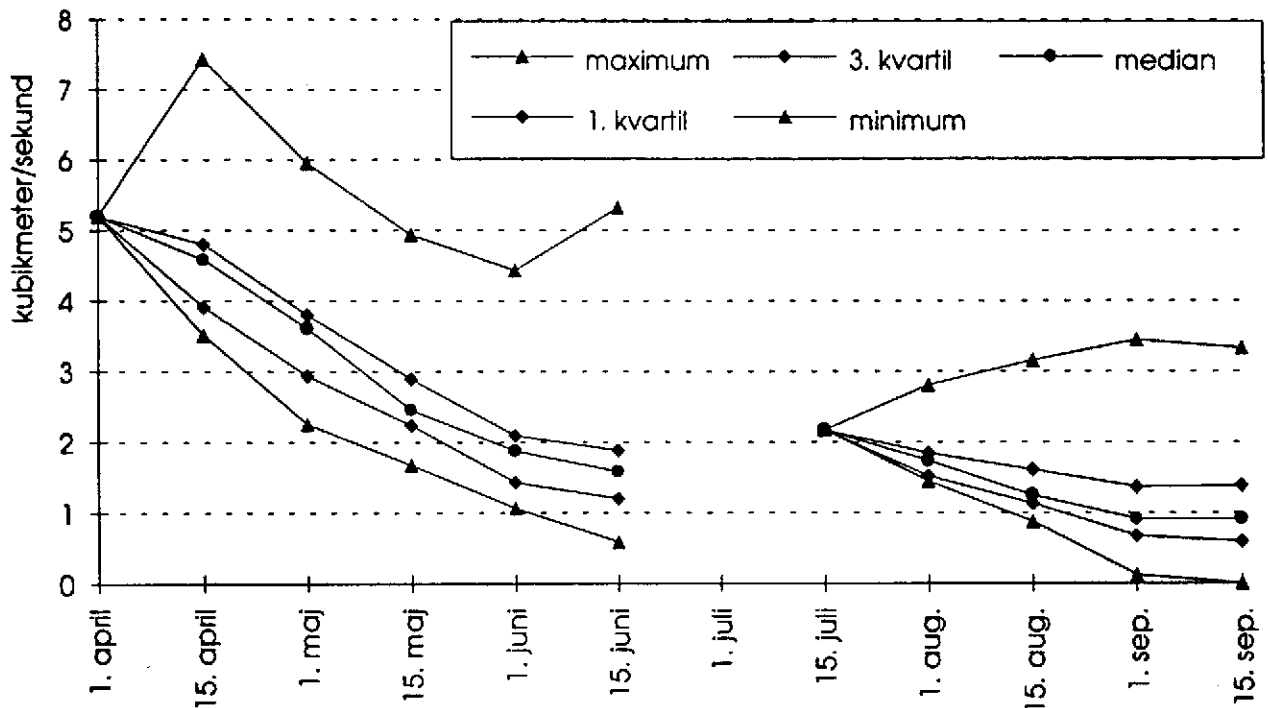
Det kan ikke overraske, med figur 6.9 i erindring. Men en stor tilstrømning i løbet af sommeren kan tænkes at holde vandstanden i søen oppe over det ønskede maksimum i august. Det vil f.eks. ske, hvis tilstrømningen er af samme størrelsesorden som udstrømning og fordampning. Derfor er der med start i de to sommer-sigtepunkter gennemført beregninger, svarende til ovennævnte fra figur 6.10.

På figur 6.11 og 6.12 præsenteres beregninger med start Valdemarsdag hvert år. De to sæt beregninger har udgangspunkt i henholdsvis maksimumskravet og minimumskravet denne dag. Det ses, at vandstanden efter to måneder har stabiliseret sig på samme niveau. Maksimumskravet kan tre år af fire opfyldes 15. august, det svarer til de hidtidige forhold. Vandstanden har i perioden



Figur 6.13

Vandstandsvariation i Tissø. Vandstandene er beregnet med udgangspunkt i sigtepunktet 15. juli alle år i perioden 1973-1988. Stemmeværket ved Tissø's udløb er helt åbent under hele beregningen.



Figur 6.14

Variation i vandføring gennem stemværk. Vandføringerne er beregnet med opsætningerne brugt i figurerne 6.10 og 6.13.

1973-1988 været højere end maksimumskravet hvert tredje år (1980, 1981, 1985, 1987 og 1988). Der er således ikke tale om mere hyppige overskridelser. Men i 1980 og 1981 beregnes en større overskridelse ved start fra sigtepunktet 15. juni, end der ellers havde været tale om. I 1980 beregnes en forøgelse af vandstanden 15. august fra 1,05 m DNN til 1,15 m DNN. I 1981 er der tale om en forhøjelse fra 1,30 m DNN til 1,42 m DNN.

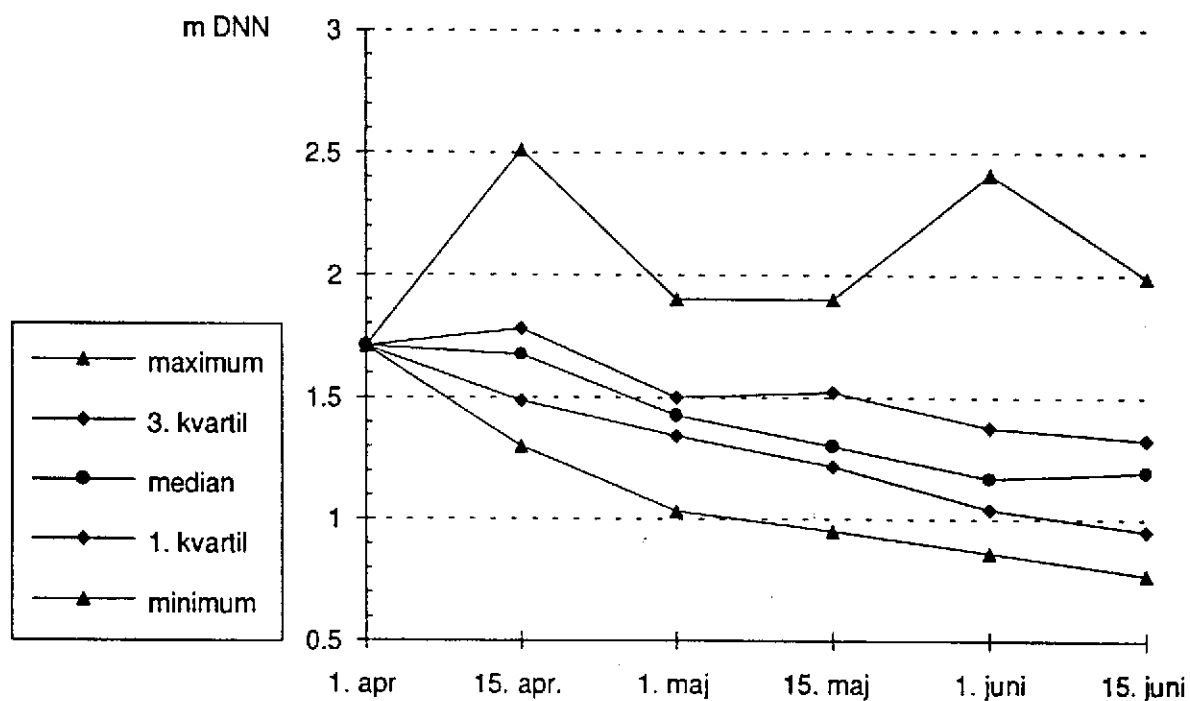
Figur 6.13 præsenterer beregning med start på sigtepunktet 15. juli. Konklusionen vedrørende opfyldelsen af maksimumskravet 15. august svarer til konklusionen ovenfor.

Konklusionen er, at regulering efter sigtepunkterne ikke i større omfang end nu hindrer opfyldelsen af maksimumskrav senere på året.

Landbrugets mulighed for at udnytte arealerne i Lille Åmose og langs Bøstrup Å kan påvirkes ved ændret opstemning.

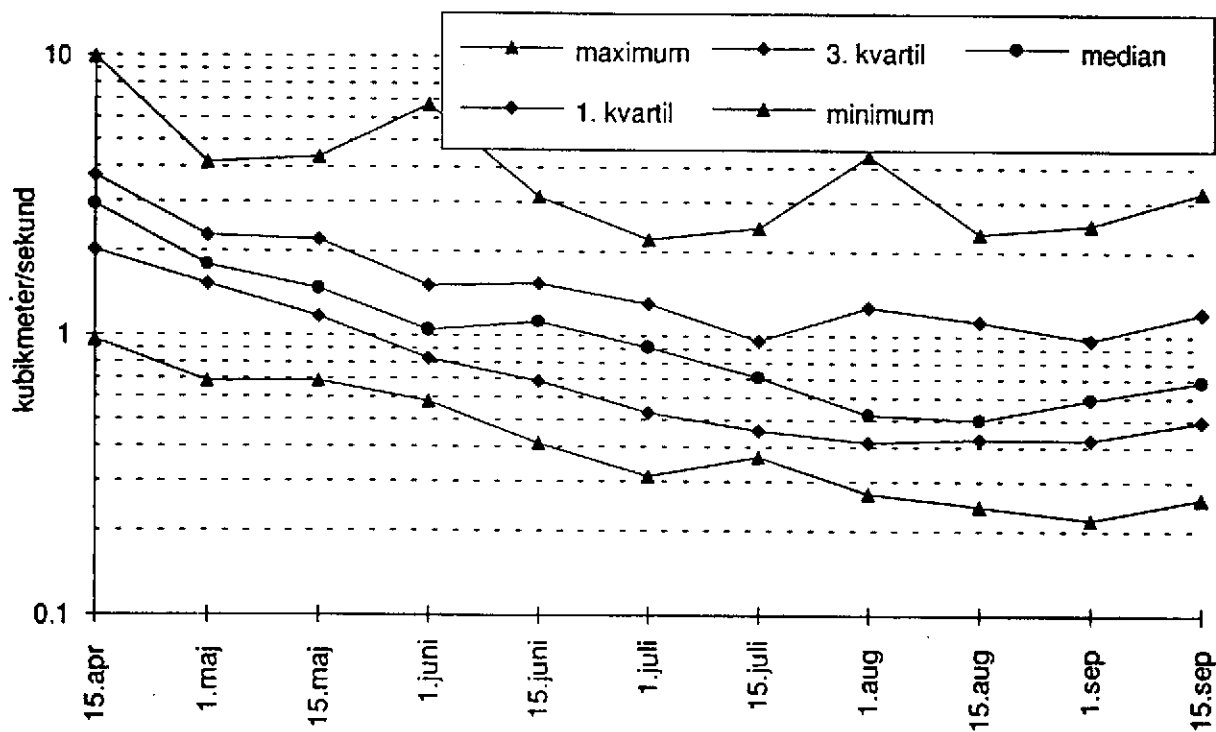
Som nævnt i afsnit 4.2 og 6.2 vil vandstanden falde i Bøstrup Å om foråret, hvis der holdes vand tilbage i Tissø. Det vil give mulighed for at inddrage større arealer i omdriften. Herved vil de omtalte vådområder langs åen blive ødelagt.

De perioder, hvor vand skal holdes tilbage i Tissø, kan indirekte aflæses af figurerne 6.10, 6.14 og 6.16. Figur 6.14 viser vandføringen gennem stemmeværket, som den beregnes i opsætningerne beskrevet under figurerne 6.10 og 6.13. Det ses af figur 6.10, at vandstanden hvert fjerde år beregnes at falde til 1,3 m DNN 15. april. Det er niveauet for sigtepunktet 15. juni. Hvert fjerde år må vandføringen gennem stemmeværket således reduceres til halvdelen senest 15. april. Det fremgår af figur 6.16, at vandføringen må reduceres til omkring det halve. Betragtes niveauerne 1.



Figur 6.15

Vandstandsvariation i Øvre Halleby Å. Vandstandene er beregnet med opsætningen brugt i figur 6.10.



Figur 6.16

Beregnet vandføring i Øvre Halleby Å. Vandføringerne er beregnet med opsætningerne 6.10 til 6.13.

maj ses, at det er tre år af fire, man før denne dato har måttet reducere vandføringen gennem stemmeværket til omkring det halve. En af begrænsningerne for at inddrage vådbundsarealer i omdriften er jordbehandling om foråret. En halvering af vandføringen gennem stemmeværket 15. april giver samme afvanding for jordene omkring Bøstrup Å, som man ellers havde haft en måned senere. Det giver mulighed for at inddrage ny jord under plov, og derved risiko for ødelæggelse af værdifulde vådområder.

I Lille Åmose udnyttes betydelige arealer i omdriften. Som nævnt i afsnit 4.1 er landbrugets interesse i afvanding tilgodeset ved en forårsvandstand under 1,5 m DNN i Tissø efter 1. april. Dette krav er tilgodeset med de opstillede sigtepunkter. Forholdene gennem foråret er dog for en god ordens skyld vurderet nøjere.

Variationsbredden i Øvre Halleby Å's forårsvandstand vises i figur 6.15. Figuren er dannet på baggrund af beregnede vandstande i åen ud for Madesø. Beregningen er den samme, som er beskrevet under figur 6.10. Det ses, at vandstanden i Øvre Halleby Å falder mere end 30 cm fra 1. april til 15. juni i tre år ud af fire. Holdes vandstanden i Tissø på sigtepunktet 15. juni i normalåret, vil vandstanden stige tilsvarende i Øvre Halleby Å. I den viste beregning er 3. kvartil af Tissø's vandstand 15. juni 1,04 m DNN. 3. kvartil af vandstanden i Øvre Halleby Å er 1,32 m DNN samme dag. Hvis Tissø's vandstand hæves til 1,3 m DNN 15. juni vil vandstanden i Øvre Halleby Å hæves tilsvarende. Det giver en vandstand på 1,6 m DNN i åen. Udgangspunktet 1. april var beregnet til 1,7 m DNN. Vandstanden vil altså fortsat være under landbrugets kravværdi tre år af fire.

Konklusionen er, at regulering efter sigtepunkterne ikke i hindrer udnyttelsen af nuværende landbrugsarealer i omdrift.

6.6 Vurdering af indvindingsmulighed.

I opstillingen af minimumskravene er der regnet med sikring af både minimumsvandføring i Nedre Halleby Å og største indvindingsalternativ frem til 15. august i det tørrest kendte år. Det er altså muligt at indvinde 300 l/sek fra søen fra 1. januar til 15. august og samtidig overholde de opstillede krav til naturbeskyttelsen. Problemet er perioden fra 15. august til 1. december visse år, jævnfør figur 6.4.

I figur 6.16 er vist den beregnede vandføring i Øvre Halleby Å. Data til figuren er stykket sammen fra beregningerne, som er beskrevet under figurerne 6.10 - 6.13. Det ses, at absolut minimum nås 1. september (1976). Vandføringen i Nedre Halleby Å beregnes da til 219 l/sek. Denne vandføring er både mindre end kravet til vandføring i Nedre Halleby Å og kravene til indvinding. Selv om der stadig er magasineret 10 cm vand i Tissø 15. august kan åen og indvindingen ikke begge tilgodeses i et ekstremt tørt år. Nærmere analyse viser, at søens vandstand ikke kan holdes over det absolutte minimum i efteråret 1976, hvis den samlede afledning er større end 220 l/sek mellem 15. august og 4. oktober. Det svarer til en konstant indvinding af 7 mill. m³/år.

Vandføringens 1. kvartil ligger 15. august og 1. september på ca. 420 l/sek, hvorefter den stiger til 500 l/sek d. 15. september. I disse år er der vand nok til både at tilgodeses en indvinding af 220 l/sek og vandføring i Nedre Halleby Å på 300 l/sek.

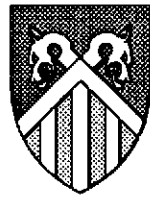
Konklusionen er, at regulering efter sigtepunkterne kan sikre en konstant indvinding på 220 l/sek (\approx 7 mill. m³/år)

alle år og vandføring igennem stemmeværket på mindst 300 l/sek mindst tre år ud af fire.

Hovedtallene for det fremtidige afstrømningsregime (hvis opstemningen ændres som foreslået og indvindingen øges til 220 l/sek) skønnes, som vist i tabel 6.5:

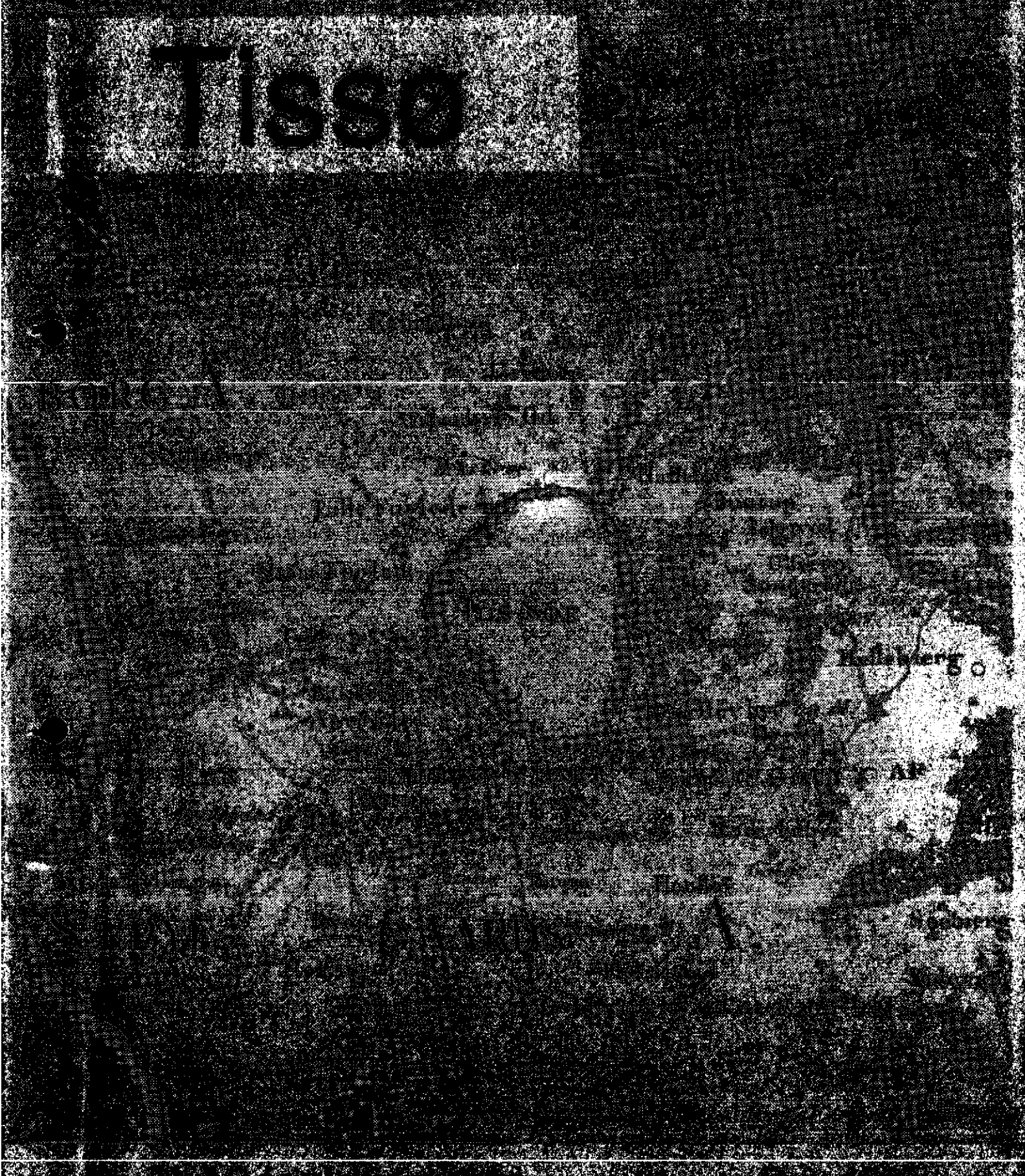
Tabel 6.5

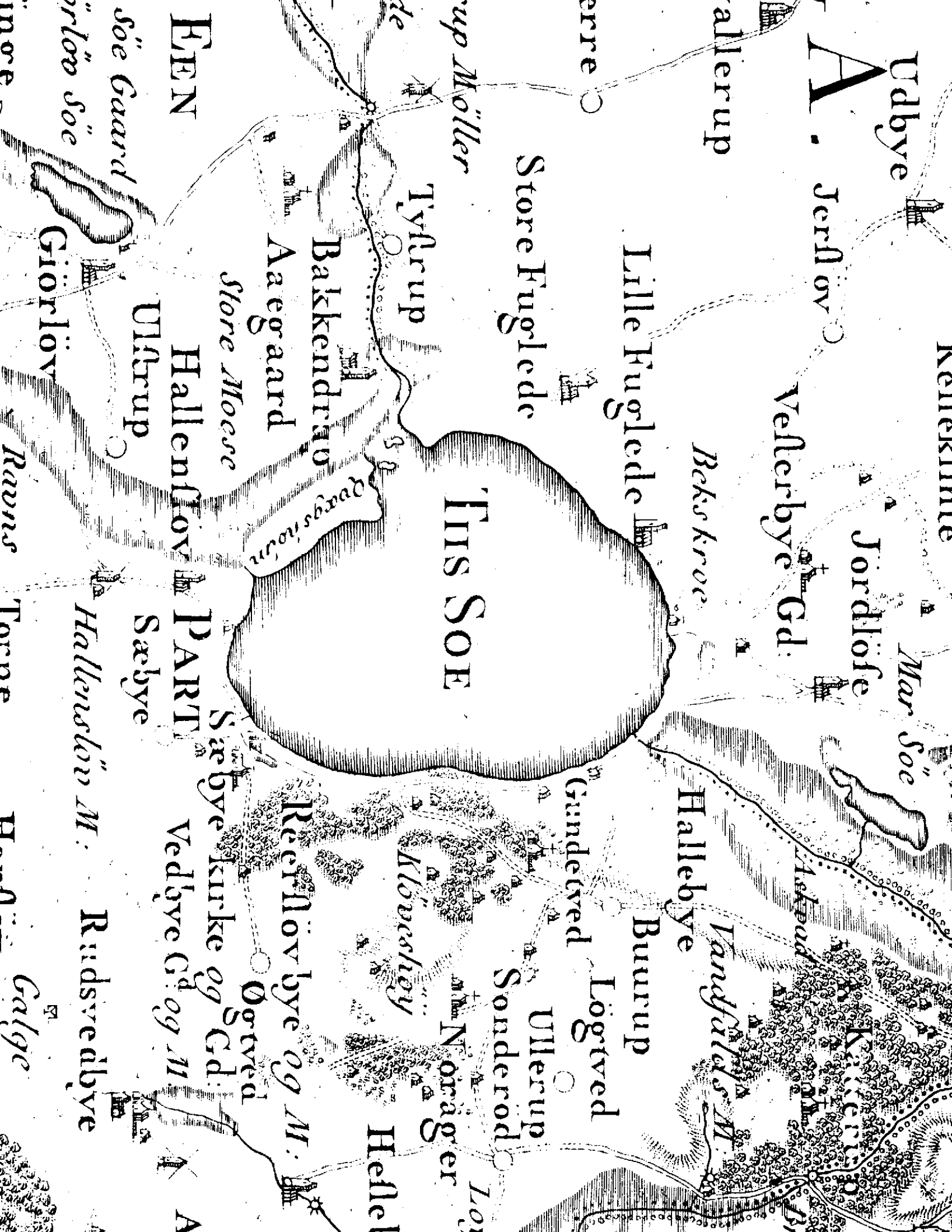
"Fremtid"	Absolut minimum	Median-minimum	Median-maksimum	Absolut maksimum
Vandstand i Tissø	0,75m	0,8 m	2 m	2,5 m
Vandføring				
- ved Bromølle	100 l/sek.	300 l/sek.	11000 l/sek.	16000 l/sek.
- ved Bakkendrup	20 l/sek.	350 l/sek.	8800 l/sek.	12000 l/sek.



Indvindingsmulighed fra

TISSE





Udbye

A .

Jernöv

Vellerbye Gd.

Jordlöfe

Mar Soe

allerup

Lille Fuglede

Store Fuglede

erre

Tyllrup

Bakkendrup

Aaegard

Store Moese

EEN

Ullrup

Hallenstov

PART

Sæbye

Søe Gaard

Giörlov Soe

FIS SOE

Hallebye

Buurup

Gundetved

Ullerup

Sonderod

Norager

Hellet

Kløvshøj

Reeröv by og M.

Sæbye kirke og Gd.

Vedbye Gd og M.

Hallenstov M. Rudsvedbye

Ravn

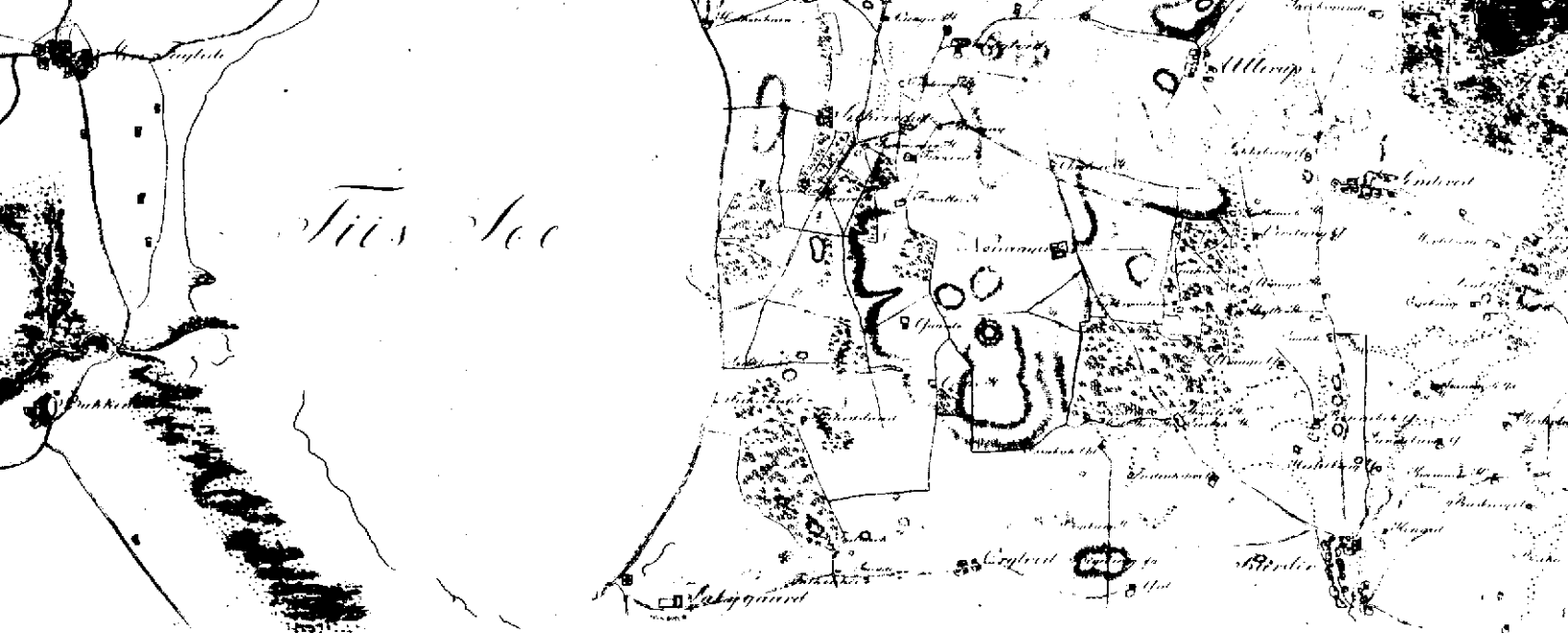
Tornø

Herr

Galge

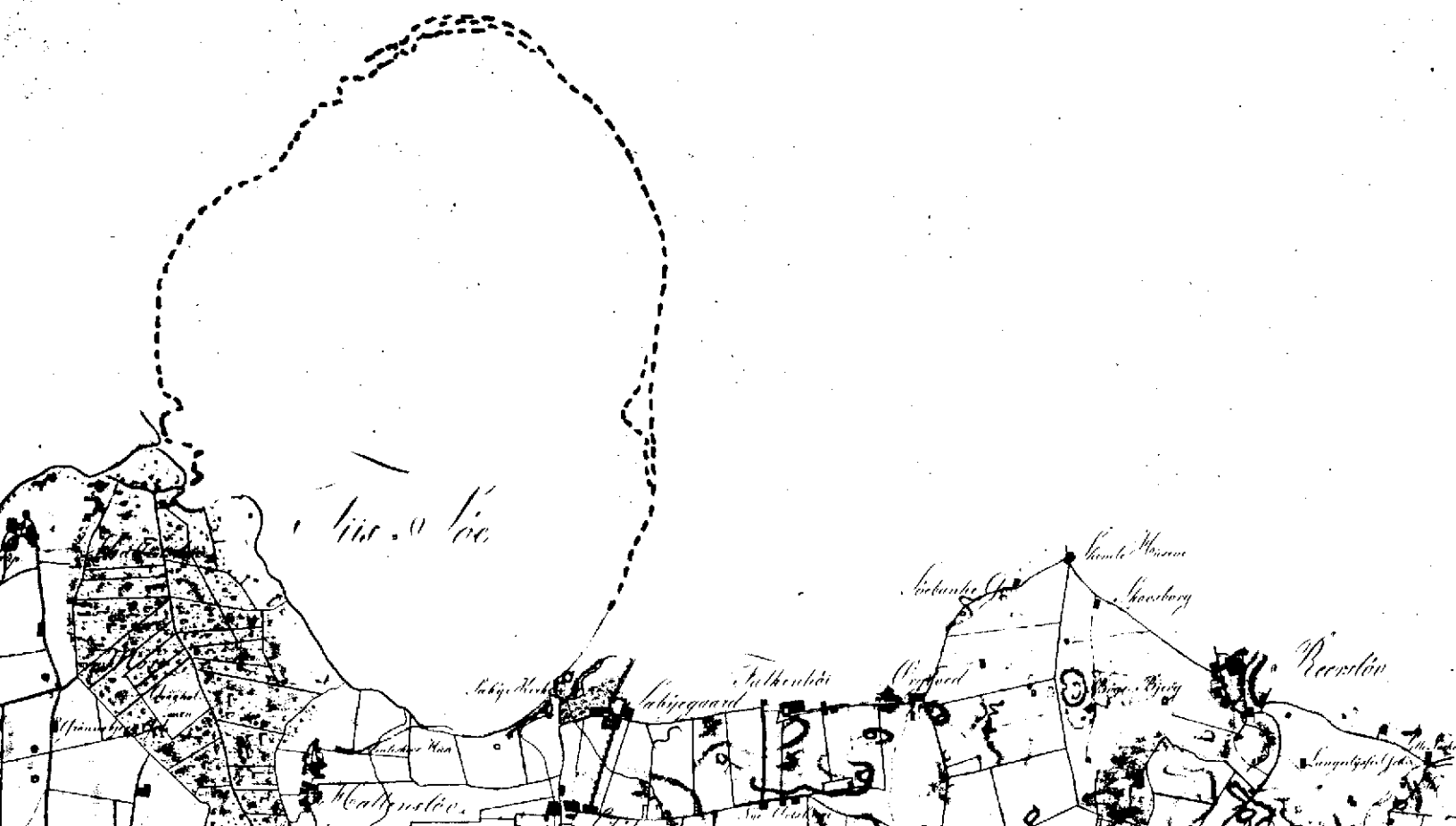
Bilag 1.1

Opfotografering af "Viidenskabernes Societets Kort", del af kortbladet for "DEN NORD VESTLIGE FIERDEDEEL AF SIËLLAND", originaludtegning 1771. Oprindeligt målestoksforhold var ca. 1:120.000.



Mål 1:50.000. 1809
Opmålt i årene 1810 - 1829.

Opmålt af Kgl. og Landmæsingsmesteren, P. Schib, 1809, og senere af Kgl. og Landmæsingsmesteren, P. Schib, 1810 - 1829.



Bilag 1.2

Affotografering af "Generalquarteermester Stabens Kort",
det aktuelle kortblad er målt år 1809.

Bilag 1.3

Affotografering af "Generalquarteermester Stabens Kort",
det aktuelle kortblad er målt år 1823.



TISSÖ

Fuglede

Seby

Sjöbo

Seby K.

Balkendrup

Aggarp

Sjöbo

Sjöbo

Sjöbo

Sjöbo

Sjöbo

Sjöbo

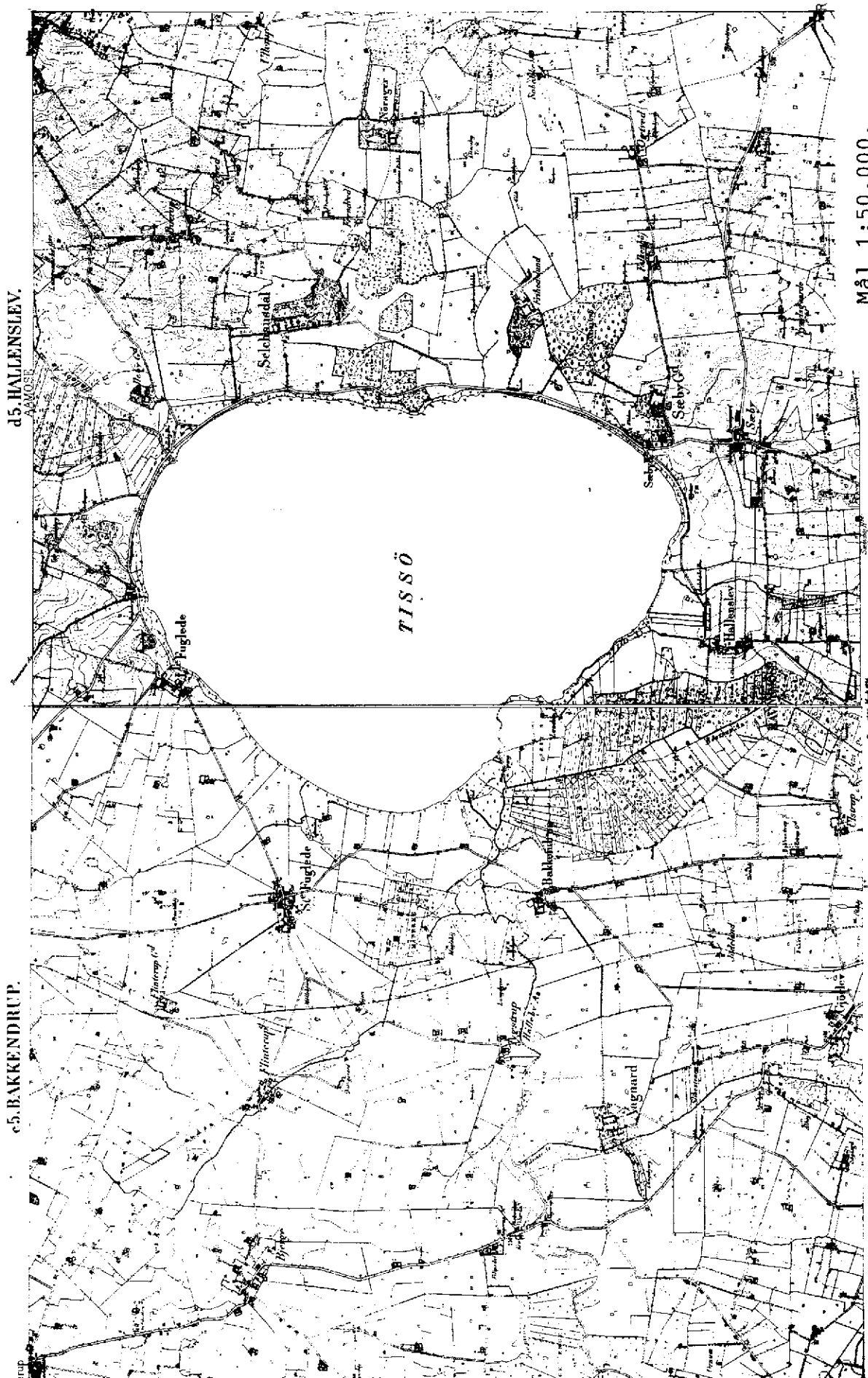
Bilag 1.4

Opfotografering af "Generalstabens Topografiske Kort", del af kortbladet Kalundborg, graveret i året 1863. Oprindeligt målestoksforhold var 1:80.000.



Bilag 1.5

Nedfotografering af Geodætisk Instituts Maalebordsblade
(e5.Bakkendrup og d5.Hallenslev), Maalt 1894.



e5.BAKKENDRUP.

d5.HALLENSLEV.

Mål 1:50.000.

Målt 1894.

Tegnet 1895 og 1896.

1:20000



GARNLEN

Sure Fuglede

Bakkecup

TISSØ

RUSSEBERG

Bilag 1.6

Nedfotografering af Geodætisk Instituts 4-cm-kort (1413 III NØ og 1413 III NV), Fotogrammetrisk udtegnet efter flyvefotografering 1971.



Bilag 1.7

Affotografering af protokol fra landvæsenskommissionen
vedr. regulering af Halleby Å. De udvalgte indlæg er
fremlagt for kommissionen på møde i Høng 9. august 1878.