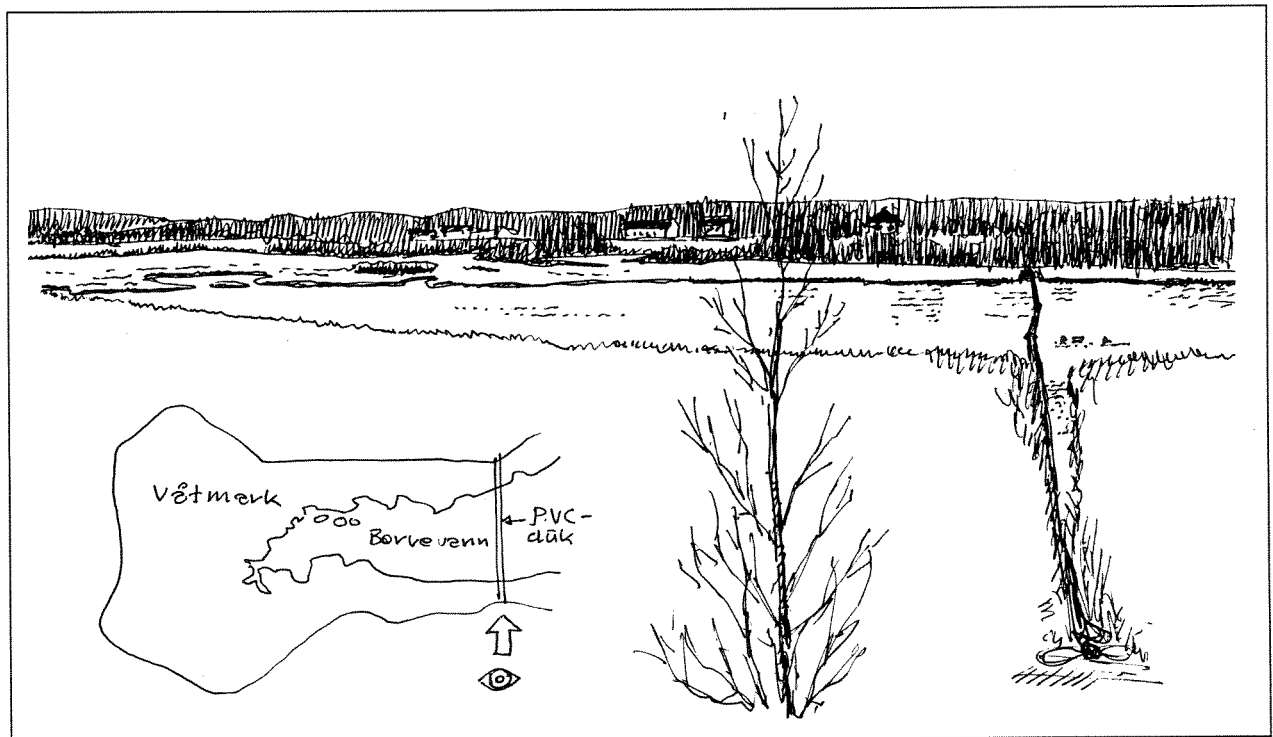


RAPPORT LNR 3514-96

Restaurering av Borrevannet

Selvrensing av nærings- salter og suspendert stoff gjennom naturlige sivbelter

Framdriftsrapport



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 Grimstad
Telefon (47) 37 04 30 33
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgt 55
5008 Bergen
Telefon (47) 55 32 56 40
Telefax (47) 55 32 88 33

Akvaplan-NIVA A/S

Søndre Tollbugate 3
9000 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Restaurering av Borrevannet Selvrensing av næringssalter og suspendert stoff gjennom naturlige sivbelter Framdriftsrapport	Løpenr. (for bestilling) 3514-96	Dato 1996.07.23
	Prosjektnr. O-92064, E-92426	Sider Pris 70
Forfatter(e) Bratli, Jon Lasse	Fagområde Vannressurs- forvaltning	Distribusjon
	Geografisk område Vestfold, Borre kommune	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Borre kommune, Norges forskningsråd (NRF), Statens landbruksstilsyn, Norsk institutt for vannforskning (NIVA)	Oppdragsreferanse
---	-------------------

Sammendrag

Det er gjennomført en storskala undersøkelse av selvrensing i et naturlig sivbelte i sørenden av Borrevann. Det har hittil vært usikkerhet omkring hvorvidt våtmarker renses eller tilfører omgivelsene næringssalter. Sivområdet ble isolert vha. en PVC-duk for å kunne kvantifisere inn- og utstrømningen av vann, næringssalter og suspendert stoff. Sju tilløpspunkter ble undersøkt jevnlig, flere med automatisk prøvetakingsutstyr. Vannbalansestudier viser at ca en tredel av vannet som måles ut av våtmarka ikke fanges opp av innmålinger, og må følgelig regnes som diffus grunnvannsinnekkning. Retensjonen eller selvrensingen er høyest (ca 90%) for suspendert materiale og ortofosfat, noe lavere for totalfosfor (70-80%) og lavest for nitrogen (ca 50%). Retensjonsprosenten var høy gjennom hele året, også om vinteren 1995 da tilførslene var forholdsvis store og de biologiske prosesser minimale. Den mulige gevinsten av å tilføre våtmarka med vann fra hovedtilførselselva vil bli utredet videre.

Fire norske emneord

1. Våtmark
2. Næringssalter
3. Suspendert stoff
4. Retensjon

Fire engelske emneord

1. Wetland
2. Nutrients
3. Suspended matter
4. Retention


Jon Lasse Bratli
Prosjektleder

ISBN 82-577-3057-2


Dag Berge
Forskningssjef

Restaurering av Borrevannet

**Selvrensing av næringsalter
og suspendert stoff gjennom
naturlige sivbelter**

Framdriftsrapport

Forord

Prosjektet "Restaureringsplan for Borrevannet" kom i stand som et samarbeid mellom NIVA og Borre kommune/Borrevannet grunneierlag/Arbeidsutvalget for Borrevannet. Sistnevnte tok initiativ til at det ble søkt finansiering hos STIL (Statens tilsynsinstitusjoner i landbruket). I tillegg til STIL (nåværende Statens Landbrukstilsyn) har Borre kommune, Forskningsrådet (ved Norsk Hydrologisk komité og KOMTEK) og NIVA selv bidratt med finansieringen.

Denne rapporten omhandler den forskningsmessige delen av Borrevannprosjektet, som i tillegg har bestått av en tiltaksorientert overvåking av Borrevann og tilførselsbekker, og utredningen av en tiltaksplan med forslag til gjennomføring av en rekke tiltak for forbedring av vannkvaliteten i Borrevann. Rapporten er en fremdriftsrapport med foreløpige resultater for årene 1994 og 1995.

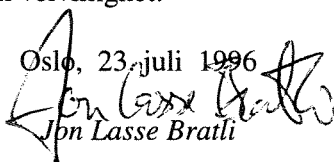
Arbeidsutvalget for Borrevannet har fungert som en referansegruppe for prosjektet og har bestått av:

Kåre Nordal/ Tore Rolf Lund, miljøvernleder i Borre kommune
Steinar Eggum, landbrukssjef i Borre kommune
Ragnhild Trosby, leder natur og miljøutvalget (observatør)
Donald Campbell, teknisk sjef i Borre kommune
Carl Matisen, byveterinær i Borre kommune
Odd Wøyen, leder i Borrevannets grunneierlag
Anne Skov, Fylkesmannens miljøvernavdeling

NIVA ved undertegnede har hatt ansvaret for gjennomføringen av prosjektet. Dag Berge har vært en sterk faglig støtte under hele arbeidet. Johan Ahlfors har hatt ansvaret for alt tekniske utstyr i felt, og har dessuten gjennomført det meste av feltarbeidet. Luis Benavides og Anja Skiple har tilrettelagt endel av rådataene har stått for noe av tallbehandlingen. Sistnevnte har også laget endel av figurene i rapporten. Torulf Tjomslund og Nils Roar Sæltun har beregnet vannføringer der observasjonsdata har manglet. Pumpemester Alfred Nilsen har stått for innsamling av de meteorologiske dataene, samt data om vannstand i Borrevannet. Samtlige ansatte på instrument- og utstyrssentralen, dvs. Arne Veidel, Morten Willbergh, Erik Bjerknes og Brynjar Hals har bidratt i høy grad til at dette prosjektet har vært praktisk mulig å gjennomføre.

Takk til Lars Leonardsson ved Universitetet i Lund for et godt samarbeid og nyttige kommentarer. Takk til Jørgen Edgren ved Duksveis A/S som har laget delingsduken som har stått imot harde påkjenninger. Til sist en takk til grunneierne i området, spesielt Odd Wøyen og Liv Eide Bø, for lån av utstyr og ellers all velvillighet.

Oslo, 23. juli 1996


Jøn Lasse Bratli

Innhold

Sammendrag	5
Summary	7
1. Innledning	9
1.1 Retensjonsprosesser i våtmarker	9
1.2 Tidligere erfaringer fra inn- og utland.	10
2. Områdebeskrivelse	12
2.1 Innsjøen og nedbørfeltet	12
2.2 Beskrivelse av vegetasjonen i våtmarka, Vassbånn.	12
3. Metodeoppsett	14
3.1 Prøvetakingssteder, parametre	14
3.2 Teknisk infrastruktur	16
3.2.1 Delingsduk	16
3.2.2 Vannføringsmålinger til våtmarka	16
3.2.3 Vannføringsmålinger ut av våtmarka	16
3.2.4 Automatiske vannprøvetakere	17
4. Hydrologi, vannbalanse	18
4.1 Nedbør	18
4.2 Avrenning fra landarealene	18
4.3 Vannbalanse	21
5. Stofftilførsler, input-output, retensjon	26
5.1 Tilførsler fra landarealene	26
5.2 Tilførsler til åpen vannflate	26
5.3 Retensjonsberegninger	27
5.3.1 Retensjonsbetraktninger over hele året.	27
5.3.2 Retensjon på sesongbasis.	28
5.3.3 Overføring av mer vann til våtmarka	35
5.3.4 Videre arbeid	35
5.3.5 Usikkerhetsvurderinger	35
6. Referanser	37
Vedlegg A.	39
Vedlegg B.	57
Vedlegg C.	67

Sammendrag

Rapporten omhandler en feltundersøkelse i storskala der en har forsøkt å estimere selvrensingen eller retensjonen av næringssalter og suspendert materiale gjennom et stort våtmarksområde (sivbelte) i sydenden av Borrevannet i Vestfold.

Tidligere undersøkelser av storskalaprosjekter i naturlige sivbelter fra utlandet, hovedsakelig USA, har i de fleste tilfeller vist en positiv retensjon av næringssalter og suspendert stoff. Enkelte undersøkelser har imidlertid vist det motsatte, at våtmarker lekker mer næringssalter (særlig fosfor) enn det som blir holdt tilbake. Andre undersøkelser viser at det en evt. vinner i retensjon om sommeren (i produksjonssesongen) tapes ved nedbrytning og utspyling om høst/vinteren.

Sivbeltet i Borrevann (hovedsakelig bestående av takerør, *Phragmites australis*) ble isolert med en 250 m lang armert PVC-duk med en tunnel for å slippe vannet ut av våtmarka. Å dele av våtmarka fra resten av innsjøen var nødvendig for å kunne måle inn og utstrømming av vann til våtmarka både mhp. vannkvantitet og vannkvalitet.

Det ble målt i sju tilløppspunkter (bekker og dreneringskummer), hvorav to felt hadde automatiske vannføringsstasjoner, og fem felt hadde volumproposjonale blandprøvetakere. Vannet ut av våtmarka ble målt med en vannføringsmåler som virker etter elektromagnetiske prinsipper og fungerte godt under eutrofe forhold. Det ble målt på totalverdier av nitrogen og fosfor, samt de uorganiske fraksjonene. Suspendert tørrstoff og suspendert gløderest ble også analysert.

Vannbalanseberegninger viser at det ble målt mer vann ut av våtmarka enn det som var fanget opp gjennom de sju målepunktene som hovedsakelig måler overflatevann. For 1994 og 1995 ble forskjellen målt til hhv. 27 og 35% av ut-verdiene. Dette må tilskrives grunnvannstilsig til våtmarka. Grunnvannstilførselen ble antatt å være stabil gjennom året.

Retensjonsberegningene viser en høy retensjon for suspendert stoff og suspendert gløderest, over 90% for begge årene. For totalfosfor er også retensjonen høy, mellom 70 og 80%. Algetilgjengelig ortofosfat har en retensjon på over 90%, noe som er spesielt verdifullt som begrensende faktor for algeveksten i Borrevannet. Nitrogenfraksjonene har en noe lavere retensjon, ca 50% blir fjernet i våtmarka, noe lavere for ammonium og noe høyere for nitrat.

Det er skilt mellom en "våt" periode vinteren 1995 og en "tørr" periode sommer/høst samme år. Den våte perioden med mye nedbør og store tilførsler av vann og stoffer opprettholder en god prosentvis rensegrad i forhold til den tørre perioden da den biologiske aktiviteten er stor. Dette kan bety at fysisk/kjemiske retensjonsprosesser som sedimentasjon og kjemisk binding til sediment er tilstrekkelig for en høy retensjon om vinteren. I denne perioden er konsentrasjonene av ulike stoffer høye, slik at reduksjonspotensialet er høyt. I den tørre perioden er det lave verdier med stor tilførsel av næringsfattig grunnvann. Den høye vannstanden i våtmarka om vinteren medfører dessuten at en får opprettholdt en lang oppholdstid på vannet til tross for at tilførselen av vann og stoffer er stor.

Det er observert utlekking av nitrogen på høstparten 1994. Dette kan skyldes en kombinasjon av høy uttapping av våtmarka, utspyling av dekomponert eller dekomponerende materiale, oksydasjon av nitrogenrikt sediment.

Det er ennå for tidlig å gi en klar anbefaling om evt. overføring av mer vann til våtmarka fra hovedtilførselselva som renner like ved. En hurtigere utspyling av vann gjennom våtmarka vil utifra tidligere studier medføre en prosentvis nedgang i retensjonsgraden. En videre studie av datamaterialet kombinert med modellkjøringer vil gi oss et bedre grunnlag for evt. en slik anbefaling.

Summary

Title: Restoration of the lake Borrevannet.

Selfpurification of nutrients and suspended matter through natural reed-belts.

Progress report.

Year: 1996

Author: Jon Lasse Bratli

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3057-2

This report describes a large-scale study for estimating the selfpurification or retention of nutrients and suspended matter in a large wetland (littoral reed-belt) in the southern part of the lake Borrevannet in the county of Vestfold, Norway.

Earlier investigations of large-scale natural reed-belts, mainly from USA, concludes with positive retention figures of nutrients and suspended matter. Some investigations, however, shows an opposite conclusion, wetlands as sources of nutrients and not sinks (especially phosphorus). Other studies have found increased retention in the summer (production season) which is lost through decomposition and flushing in autumn/winter.

The reed-belt (mainly consisting of common reed, *Phragmites australis*) adjacent to the lake was isolated with a 250 m long reinforced PVC-membrane equipped with a tunnel for transportation of water out of the wetland. This installation was necessary for measuring in and out flow from the wetland regarding both water *quantity* and *quality*.

Inputs from seven stations was measured (small streams and drainage pipes). Two stations had automatic facilities for measuring waterflow, and five had volume proportional automatic sampling. The flow of water out of the wetland was measured automatically with a device working under electromagnetic principles, and functioned well under existing eutrophic conditions. Total nitrogen and phosphorus, together with inorganic fractions, as well as suspended matter and residue on ignition, was analysed.

Calculations of water balance showed that more water was flowing out of the wetland than through the seven sampling stations mainly measuring surface water. For 1994 and 1995 the difference was measured to respectively 27 and 35% of the outflow values. This must ascribe to groundwater inputs. The input of groundwater is assumed to be stable throughout the year.

Calculations of retention shows a substantial retention of suspended matter and residue on ignition, more than 90% for both years. Total phosphorus also shows large retention-rate, between 70 to 80%. Retention for the bio-available orthophosphate is larger than 90%, which is very beneficial considering it as the limiting factor for algal growth in the lake Borrevannet. Nitrogen shows a lower retention-rate, about 50% for total nitrogen, somewhat lower for ammonia and somewhat higher for nitrate.

A "wet" period during the winter 1995 and a "dry" period in the summer/autumn the same year is investigated thoroughly. The "wet" period with large precipitation and large flow of water and inputs, sustains high retention rate compared to the "dry" period when biological activity is high. This means that physical/chemical processes such as sedimentation and chemical fixation to the sediment is sufficient to maintain high retention rate in the winter. In this period the input concentration of different substances is high, consequently the reduction-potential is large. During the "dry" period the

values are low including large supplies of groundwater poor of nutrients. The high water level in the wetland during the winter brings about a reasonably high water renewal time although the flow of water and inputs are large.

A negative retention of nitrogen is observed during the autumn in 1994. This could be caused by a combination of high drainage, flushing of decomposing matter and oxidation of sediment rich on nitrogen.

It is still too early to give a clear recommendation of the possibility of transferring more water to the wetland from the main inlet stream that enters the lake close to the wetland. An enhanced flushing-rate through the wetland will likely give a reduced retention-rate. A more thorough study of the data, combined with running of simulation-models, is needed to give a basis for this possible recommendation.

1. Innledning

Etter at den tiltaksorienterte overvåkingen og tiltaksanalysen for Borrevannet ble gjennomført i 1992 og 1993, ble det fokusert på de mer forskningsmessige sidene ved Borrevannsprosjektet. Dette skulle omhandle en utprøving av alternative tiltak for å forbedre vannkvaliteten i Borrevannet. Tiltaksanalysen konkluderte med at tradisjonelle tiltak i nedbørfeltet alene ikke kunne gi en akseptabel tilstand i innsjøen, men at det var påkrevet å gjennomføre alternative tiltak for å nå målsettingen.

Rapporten omhandler en feltundersøkelse i storskala der en har forsøkt å estimere selvrensingen av næringsalter og suspendert materiale gjennom et stort våtmarksområde (sivbelte) i sydenden av Borrevannet i Vestfold.

1.1 Retensjonsprosesser i våtmarker

Permanent retensjon for suspendert materiale og næringsalter i våtmark kan skje gjennom en kombinasjon av flere komplekse prosesser,

- sedimentasjon
- adhesjon til sediment
- utfelling
- oppbygging av biomasse i våtmarkssystemer som ekspanderer
- denitrifisering

Sedimentasjon skjer når partikler bl.a. inneholdende fosfor bremses ned i sivbeltet. Hvor mye som sedimenterer vil avhenge av hvor mye vannhastigheten bremses opp, eller mer korrekt, hvor lenge vannet får lov til å oppholde seg i våtmarka før vannet transporteres videre ut i innsjøen. At oppholdstiden spiller en vesentlig rolle for sedimentasjonen er kjent fra studier i innsjøbassenger, bl.a. ve arbeidet til Larsen & Mercier (1976). Howard-Williams (1985) hevder at de mest betydningsfulle forhold som styrer sedimentasjonen er materialets sammensetning, nedbryternes aktivitet og mengden av tilgjengelige næringsstoffer i det bunnære vannet.

En direkte adhesjon av fosfor og nitrogen til sedimentoverflata vil også kunne forekomme. Dette vil kunne skje ved at særlig fosfor kan bindes til Al, Fe eller Ca på sedimentoverflata eller at fosforet feller ut sammen med disse stoffene i den frie vannmassen.

Biomassen, hovedsakelig bestående av ettårige sivplanter tar opp næringsalter, i særlig grad fra sedimentet, og i mindre grad direkte fra vannmassen. På alle sivstråene vil det imidlertid vokse epifytter (påvekstalger), bakterier og heterotrofe organismer som vil ta opp næringsalter direkte fra vannmassen, og følgelig konkurrere om næringsalten med planktonalgene ute i de frie vannmasser. Opptaket særlig fra epifyttene har vist seg å være betydelig (Müller 1995).

For nitrogen vil denitrifisering i tillegg være en svært betydningsfull prosess. Dette innebærer en reduksjon av nitrat, nitritt eller lystgass (N_2O) til elementert nitrogen (N_2) som unnslipper til atmosfæren. Disse prosessene drives av bakterier under tilnærmet oksygenfrie tilstander hovedsakelig i anoksisk sedimentet, men kan også forekomme i oksygenfrie mikrosjikt der det er rik tilgang på organisk materiale og hvor nedbrytningen er så stor at det ikke diffunderer oksygen raskt nok inn i materialet. (Leonardsson 1994).

Alle våtmarker som utgjør littoralsonen i en innsjø vil i et geologisk perspektiv vokse, fordi alle innsjøer til sist vil fylles igjen med sedimenterbart materiale som vaskes ut av tilførselselvene. Denne prosessen er langsom, men i mange innsjøer vil prosessen med våtmarksdannelse i strandnære områder skje raskere enn tidligere. Dette henger sammen med menneskelige inngrep som permanent senkning av innsjøer som har gjort tidligere dypområder til strandområder. Tilførselene av sedimenterbart materiale er øket ved tiltak i nedbørfeltet bl.a. planering av jordbruksarealer og drenering av myr og "vannsyk" skogsmark lenger opp i nedbørfeltet som øker flomtopper og dermed utgraving.

1.2 Tidligere erfaringer fra inn- og utland.

Særlig i USA er våtmarksområder blitt benyttet som forureningsfilter for behandlet kommunalt avløpsvann i en årrekke. Mange forsøk viser at tilbakeholdelsen i våtmarker gjennom sedimentasjon og omsetning er høy både for fosfor og nitrogen og framfor alt at tiltakene er *kostnadseffektive*.

Nixon & Lee (1986) har sammenstilt en rekke arbeider gjort på området når det gjelder bruken av våtmarkssystemer til fjerning av næringssalter og andre forurensende stoffer. I sammenstillingen deles de flere hundre prosjektene i USA opp i 7 geografiske områder, der område 5, det nordlige midtvesten, er det området som lettest kan sammenliknes med norske forhold.

Det er mange eksempler, både fra ovennevnte sammenstilling og nyere litteratur, som viser retensjon eller tilbakeholdelse av fosfor i slike systemer på opp til 90 %. Innløpskonsentrasjonen vil imidlertid som oftest ligge på i underkant av 1 milligram tot-P pr. liter. Dette er 10-50 ganger høyere enn det som er tilfellet for f.eks. Sandeelva. Det hersker betydelig usikkerhet omkring retensjonskapasiteten i naturlige våtmarkssystemer som vil motta mer vann pr. våtmarksareal enn de refererte amerikanske våtmarkene, der konsentrasjonene av bl.a. fosfor vil være langt lavere.

En rekke av de mer tradisjonelle tiltakene som vil bli og delvis allerede er gjennomført innen landbruket og avløp fra spredt og tett bebyggelse, reduserer innholdet av totalfosfor og biotilgjengelig fosfor jevnt over året. Utnyttelse av våtmarker som biofilter for bekkevann med stort innhold av næringssalter er i de fleste undersøkelser rapportert å gi redusere årstilførsler, men enda viktigere, tilførselene er først og fremst redusert om sommeren. Det er om sommeren, i produksjonsesongen, at en først og fremst ønsker å redusere tilførselene. Sprangler og medarb. (1976) og Sloey og medarb. (1978) viste at mesteparten av det fosforet som var holdt tilbake i løpet av vekstsesongen ble tapt (spylt ut) etter frosten om høsten og utover vinteren.

Rensegraden til våtmarksområder avhenger i første rekke av belastningen pr. areal våtmark (Nichols 1983). Andre faktorer er imidlertid også bestemmende for rensegraden så som vannets kontakt med sedimenet, sedimentets sammensetning, hvor lang tid belastningen har pågått etc.

En rekke infiltrerte våtmarksområder i nordlige deler av USA med forskjellig størrelse, belastning og effekt er sammenstilt av Nichols (1983). Kadlec (1987) peker på at renseeffekten ofte er høy de første årene etter at våtmarken er tatt i bruk, men at denne stabiliseres på et lavere nivå etter noen år.

Resultatene fra bl.a. amerikanske undersøkelser er vanskelig overførbare til norske forhold, særlig fordi naturtypene, plantesamfunn og hydrologiske regimer er forskjellige. Ofte er det bare målt på enkeltfraksjoner som nitrat eller ortofosfat og ikke totalfraksjonene som gjør det mulig å få en oversikt over retensjonen av både de løste (algetilgjengelig) og patikulære delene av næringssaltene.

Videre er det i mange undersøkelser ikke gitt noen vurdering av grunnvannets betydning for det hydrologiske budsjettet for våtmarkene, noe som kan medføre en overestimert av tidligere rapporterte retensjonskapasiteter. Det har også vært uvanlig å måle retensjoner gjennom hele året, noe som har medført innsigelser om at det en evt. vinner i retensjon om sommeren tapes igjen om vinteren. Endel av de tidligere resultatene er følgelig av begrenset nytteverdi.

De fleste publiserte undersøkesene konkluderer med betydelige retensjoner av både fosfor og nitrogen. Det er også publisert undersøkelser som viser det motsatte, at våtmarka lekker næringssalter bl.a. Kufel (1982), Hoffmann (1985) og Jørgensen et al. (1988). De to sistnevnte arbeidene innebefattet undersøkelser med et våtmarksområde dominert av takrør som ble dannet på fuktig mark etter senkingen av den danske innsjøen Glumsø på 1800 tallet. Det ble tilført forskjellige mengder vann, nitrat, ammonium og fosfat. Vannet kunne avrenne som overflatevann, eller infiltrere ned til grunnvannsnivået som under forsøksperioden tydeligvis var lavere enn de 75 cm med torvmark som var målt i de 12 forsøksområdene. Det ble registrert betydelig retensjoner av nitrat og ammonium, men for fosfat var det en like betydelig lekkasje. Målinger fra porevann i sedimentprofilen viste at fosfor etter all sannsynlighet lekker ned i gjennom sedimentprofilen.

I Sverige er det satt igang flere prosjekter som særlig ser på denitrifisering i kystnære våtmarker, bl.a. forskningsprogrammet "Våtmarker och sjöar som kvävefällor, 1990-94". Resultatene viser generelt sett en god retensjon av nitrogen i forskjellige typer våtmarkssystemer fra oversvømte våtenger til grunne dammer, med sistnevnte som de mest effektive systemer for retensjon av nitrogen (Fleischer et al. 1994).

Her i landet har Høgskolesenteret i Rogaland kommet langt med oppbygging av såkalte renseparker for tilløpsbekker bl.a. til Mosvatnet og Frøylandsvatn. Høgskolesenteret har erfaringer med tidligere renseparkanlegg ved Mosvatnet like ved Stavanger, hvor de har fått til rensing mellom 30 og 80% (Bakke 1992). Disse parkene er en kombinasjon av sedimenteringsdam og våtmarksfilter. Jordforsk har også gjort endel forsøk med konstruerte våtmarker og mindre dammer.

Ingen i Norge har hittil gitt noe godt mål på hva som skjer med total og delfraksjoner av fosfor og nitrogen gjennom større *naturlige* "steady state" systemer i løpet av hele året og flere år på rad. Dette skyldes bl.a. at det er svært vanskelig å beregne nettotransporten i et system hvor vann strømmer både ut og inn, mest avhengig av vindretningen ute på den åpne innsjøen.

2. Områdebeskrivelse

2.1 Innsjøen og nedbørfeltet

Borre vann er en forholdsvis grunn innsjø i Borre kommune, Vestfold, og er demmet opp av raet (Figur 1). Borrevannet har meget velutviklede sivbelter rundt innsjøen, som strekker seg ut til ca 1.5m's dyp. Særlig i sørenden er det et sivbelte, Vassbånn, som dekker ca 200 daa. Våtmarksområdet er sammen med hele innsjøen fredet som naturreservat.

Hele dalsiget ned mot Vassbånn består av jordbruksland. Ned mot vannet er terrenget nærmest helt flatt. Det er bygget en voll langs hele innersiden av sivbeltet for å hindre vann inn på fulldyrka areal, samt å skape en skarp avgrensing mellom dyrkingsområde og våtmark. Drensvannet fra de nærmeste jordene er samlet i 4 store pumpestasjoner og vannet pumpes over i sivbeltet. Det går også endel mindre bekker inn i området. Før vannet som drenerer til våtmarka kommer ut i den algeproduserende del av innsjøen, må det passere ca. to hundre meter med sivbelte. Vannmengder og forurensninger som kommer inn i sivbeltet måles i kummene og i tre andre bekker som tilrenner våtmarka.

2.2 Beskrivelse av vegetasjonen i våtmarka, Vassbånn.

Med Vassbånn mener jeg i denne rapporten våtmarka innenfor vollen og ut til delingsduken. Dette er et område hovedsakelig bestående av høyere vegetasjon (makrovegetasjon) av takrør (*Phragmites australis*), noe sjøsivaks (*Shoenoplectus lacustris* (tidl. *Scirpus L.*)) og diverse vierarter (*Salix spp.*) på de noe tørrere områdene av våtmarka. På områdene dypere enn der helofyttvegetasjonen klarer seg, finnes langskuddsplanter som ulike tjønnaksarter (*Potamogeton spp.*), relativt skjeldne arter som akstusenblad (*Myriophyllum spicatum*) og hornblad (*Ceratophyllum demersum*). Flytebladsplanter som gul og hvit nøkkerose (*Nymphaea alba* og *Nuphar luteum*) er også vanlig i de mer åpne vannmassene både innenfor og utenfor delingsduken.

En utførlig beskrivelse av plantesamfunnene i Borrevann er gitt i Hvoslefs (1987) hovedfagsrapport, dog ikke spesielt i Vassbånn-område. NIVAs rapport (Brettum og medarb. 1976) gir en detaljert beskrivelse av vegetasjonen i Vassbånn området. Selv om dette er noen år tilbake, er dagens vegetasjonsbilde mye det samme som den gang.

3. Metodeoppsett

3.1 Prøvetakingssteder, parametre

Prøvetakingsstedene med beskrivelse er vist i tabell 1, og oppsummerer seg til 4 pumpekummer fra de tilgrensende dyrkiningsarealene og overflatevann i tre bekker. I tillegg måles vannet som kommer ut av våtmarka gjennom en tunell i duken.

Tabell 1. Prøvetakingssteder.

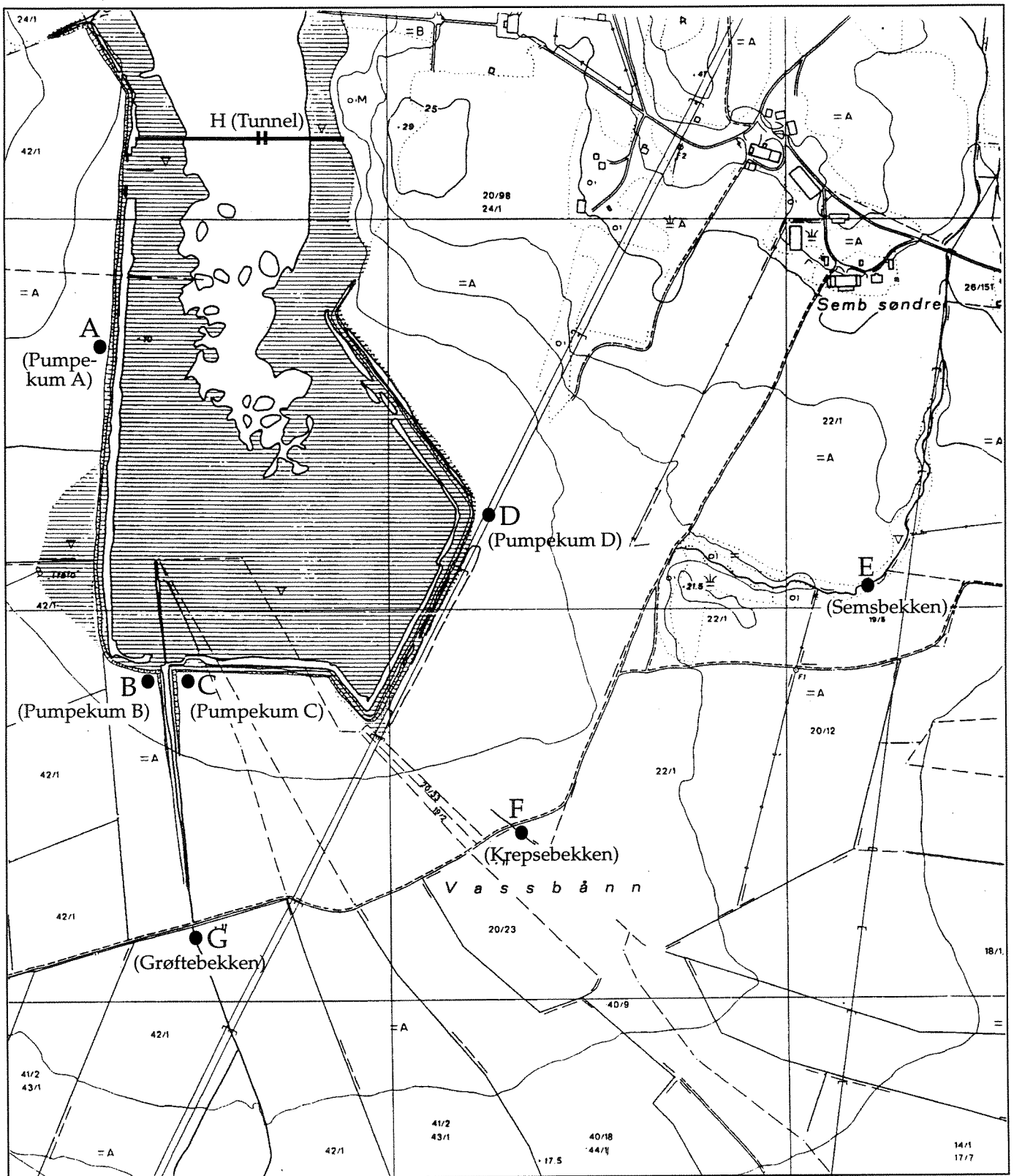
Prøvetakingssted	Stasjonsbeskrivelse
A	Nordvestlig kum
B	Sørvestlig kum
C	Sørlig kum
D	Østlig kum
E	Semsbekken
F	Krepsebekken
G	Grøftebekken
H	Tunell duk

I de fire innløpskummene, i hovedtilførselsbekken (Semsbekken) og i tunnelen i duken er det plassert automatisk vannførings- og prøvetakingsutstyr. Fra august 1995 ble det montert automatisk vannføringsmåler også i Grøftebekken. I 1995 ble prøvetakingen i tunnelen (H) foretatt ved vanlig manuelt prøveuttak hver 14. dag. De to andre bekkestasjonene ble manuelt prøvetatt.

Prøvetakingen startet i november 1993 og vil vare ut til og med 1996. Det er foretatt målinger gjennom hele året, både sommer og vinter, så langt det har latt seg gjøre. Figur 2 viser prøvetakingsstedene.

Følgende parametre blir analysert:

Totalfosfor (Tot P), Ortofosfat (P-PO₄), Totalnitrogen (Tot N), Nitrat (N-NO₃), Ammonium (N-NH₄), Suspendert tørrstoff (STS, dvs. partikulært uorganisk (mineralsk) og organisk materiale) og Suspendret gløderest (SGR, dvs. partikulært mineralsk materiale).



Figur 2. Skisse over området med prøvetakingsstasjoner.

3.2 Teknisk infrastruktur

3.2.1 Delingsduk

En armert PVC-duk som er 260 m lang og 4 m på det dypeste er montert tvers over vannet rett nord for våtmarka. Duken er helsveiset og levert av Duksveis A/S. Duken holdes oppe av isopor som ligger inne i en slisse. Isoporen måler 25x25x100 cm. Duken holdes nede av sandsekker som er tråkket godt ned i sedimentet. Øverst på duken er det limt på "ører" av PVC med maljehull for hver 1-2 m. Gjennom disse går en 8 mm rustfri vire som er festet i fjell på østsiden av duken, og i et stort bjørketre på vestsiden. Duken er videre stabilisert i nord-sørlig retning ved at det til viren er det festet for ca. hver 20. m tau med 16 og 32 kg jerbaneskinnebiter som er tråkket på tvers ned i sedimentet, 20-30 m hhv. nord og sør for duken.

Vannmengde og vannkvalitet ut (og til tider inn) av våtmarka måles i en tunnel i duken. Tunellen er laget av 12 mm glassfiber og levert av VERA fabrikker. Den er 90 cm i indre diameter og består av to flenser som er skrudd mot hverandre på hver side av duken. Flensene er hver 15 cm dype, så tunnellen bli tilsammen 30 cm lang. Tunellen er bundet opp i isoporlegmene med kjetting, og øverste delen av tunnellen er ca 35 cm fra overflaten. Tunnellen stikker altså maksimum 125 cm dypt. Tunellen står på det det dypest punktet som varierer mellom 150 og 250 cm. Ca 10 m øst for tunnellen er det montert en avlastningstunell i samme diameter, men uten måleutsyr. Tunellene står så nær hverandre at vannføringen gjennom disse er vurdert til å være like.

3.2.2 Vannføringsmålinger til våtmarka

Det er satt opp et standard V-overløp, bygget av visiformplater. En vannføringsmåler av typen ISCO med trykksensor er montert i Semsbekken (stasj. E). Måleintervallet er satt til 15 min. Måleren er drevet av 12 V bilbatteri. I august 1995 ble det satt opp et tilsvarende overløp i G-bekken, (Anderaa-type).

3.2.3 Vannføringsmålinger ut av våtmarka

En to-akset vannføringsmåler av type VALEPORT er montert i tunnellen, som virker etter elektromagnetiske prinsipper. Fordelen med et slikt prinsipp er at sensoren tåler at påvekstalger og makroalger fester seg til sensoren. På grunn av en liten hvilestrøm på sensoren blir det dessuten minimalt med påvekstalger på sensoren. En mekanisk måler, levert av ANDERAA, ble tidligere utprøvd, men viste seg ikke å fungere tilfredsstillende under gjeldende eutrofe forhold.

Valeporten måler vannstrøm både ut og inn av tunnellen og i to akser. Sensoren står 33,5 cm inne i tunellen, målt fra innervegg. Måledisken er 3,2 cm i diameter og har et måleområde på ca 3. ganger diskstørrelsen, dvs. at måleområdet er en kule på ca 10 cm. med disken i midten.

Elektronikk- og loggerenheten har ligget permanet på bunnen av Borrevannet. Den separate batterienheten har blitt skiftet hver 14. dag, samtidig som at loggeren har blitt tømt.

Vannføringer er blitt målt med intervaller på 12. og 18. minutter. Om vinteren er dette satt opp noe (30 min.) pga. redusert batterikapasitet. Innenfor hvert intervall måles det vannføringer 4 ganger som midles.

Kalibrering

Fordi målesonden kun måler i et influensområde på ca 10 cm må det kalibreres for gjennomsnittlig vannføring gjennom hele profilet på 90 cm i diameter da vannføringen avtar noe utover mot kantene av tunnelen. En utledning om denne kalibreringen er gitt i vedlegg C.

3.2.4 Automatiske vannprøvetakere

I forbindelse med tunnelen i duken er det laget et passivt prøvetakingsystem som består av en 5 l glassflaske i en beholder som henger under en bøye og som settes ned med luft i beholderen. En batteridrevet timer slipper ut luft, og en subsampel med vann slippes dermed inn fra en slange som går bort i tunnelen. Intervallet har vært to delprøver pr. dag. Systemet er ikke vannføringsproposjonalt, noe som her ikke er kritisk da både vannmengder og vannkvalitet er relativt stabil. Fra 1995 av ble dette systemet kuttet ut, og det ble kun foretatt vanlig prøvetaking hver 14. dag. Dette skyldes at vannkvaliteten her var så stabil vanlig prøvetaking ga akseptabel usikkerhet.

I forbindelse med vannføringsmåleren i Semsbekken (ISCO) er det montert en vannføringsproposjonal blandprøvetaker. Et subsampel pumpes for hver 5, 10 eller 20'ende m³ (avhengig av avrenningen) til en 25 l bland-kanne som tømmes hver 14. dag. En liten pumpe med filter er montert rett under V-overløpet og i 20-30 cm avstand fra sedimentet i bunnen av bekken. Over V-overløpet ble det om vinteren laget et tak med Glava vintermatter for at ikke prøvetakerslange skulle fryse. Dette holdt seg frostfritt gjennom hele vinteren 1994-95. I desember 1995 bunnfrøs imidlertid alle bekkene, og holdt seg bunnfrosset til langt ut i mars 1996 noe som forøvrig går utenfor denne rapportens tidsavgrensning.

I de fire kummene pumpes vannet ut og over i våtmarka når kummen er full. Det er laget en enkel volumproposjonal blandprøvetaker ved at det på pumperøret er tatt ut en delstråle som ved en enkel Gardena-ventil føres til en 25 l kanne. Ventilen justeres i forhold til forventet avrenning.

4. Hydrologi, vannbalanse

4.1 Nedbør

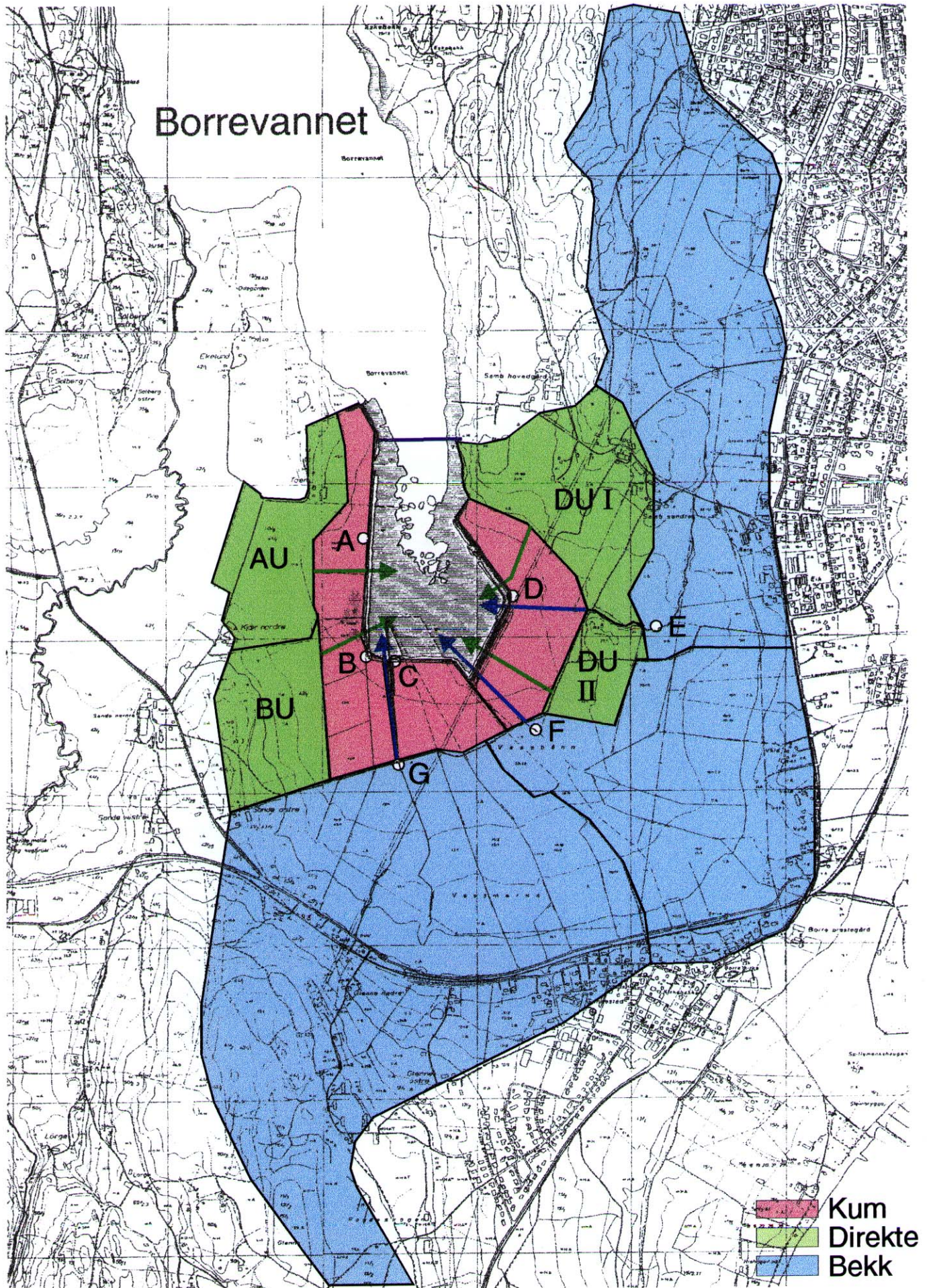
Figur 3 viser daglig nedbør for årene 1994 og 1995. For begge årene var nedbøren ganske normal. Det falt 993 mm i 1994 og 936 mm i 1995, mot normalt (1965-95) 950 mm. Det er svært tørre somre begge år, og perioden 2. mai til 28. juli 1994 er spesielt tørr. Da falt det kun 38,1 mm.



Figur 3. Nedbør registrert ved pumpestasjonen på Borrevannet 1994 og 1995.

4.2 Avrenning fra landarealene

For å få et fullstendig mål for tilførslene av vann og stoff til våtmarksområdet ble de forskjellige delfeltene til hver av prøvetakingspunktene planimetret opp. Endel mindre felter, særlig jordbruksfelter, drenerer utenom prøvetakingspunktene og direkte til Vassbånn i drensrør som går under vollen (Figur 4 og Tabell 2).



Figur 4. Delarealers størrelse og drenering.

Vannføringsmålingene fra Semsbekken ble brukt som grunnlag for å bestemme avrenningen fra alle de andre feltene i nedslagsfeltet til Vassbånn. Det var i utgangspunktet tenkt å bruke reelle måletall også fra kummene (stasjon A-D), på bakgrunn av målt pumpekapasitet og timeteller som var montert. Det viste seg imidlertid at kummene i flere perioder av året var oversvømmet av vann fra Vassbånn, og således stod og pumpet det samme vannet igjen og igjen.

Tabell 2. Delarealers størrelse og arealbruk.

Prøvetakings- punkt	Beskrivelse	Areal- størrelse m ²	Arealbruk
A	Nordvestlig kum	90	fulldyrka
B	Sørvestlig kum	97	fulldyrka
C	Sørlig kum	80	fulldyrka
D	Østlig kum	153	fulldyrka
E	Semsbekken	1026	Skog, fulldyrka, golfbane
F	Krepsebekken	622	562 fulldyrka, 60 bolig/vei
G	Grøftebekken	1456	691 fulldyrka, 665 skog, 100 bolig/vei
AU	Direkte under A	164	fulldyrka
BU	Direkte under B	159	80 fulldyrka
DU1	Direkte under D	280	fulldyrka, golf, skog
DU2	Direkte under D	71	fulldyrka
SUM fra landarealer		4198	
	Direkte på vannflaten	251	våtmark (Vassbånn)
SUM ut gjennom tunnel i duk		4449	

På bakgrunn av vannføringsmålingene fra delfelt E (Tabell 2) ble avrenningen fra de andre delfeltene estimert. Fra august 1995 ble vannføringene fra Grøftebekken lagt til grunn for beregning av vannføringen for denne stasjonen. Alle feltene er dominert av fulldyrket areal, og burde i utgangspunktet ha et nokså likt avrenningsregime. Avrenningen i de rene dyrkningsarealene kan ha en enda raskere respons på nedbør enn Semsbekken som inneholder noe skog i nedbørfeltet, men dette har marginal betydning.

I perioder, særlig med stor vannføring i 1994, har den automatiske vannføringsmåleren i Semsbekken ikke gitt tilfredsstillende resultater. I disse periodene er vannføringen simulert ved å benytte HBV-modellen. Denne nordiske vannføringsmodellen er modifisert og tilrettelagt til norske forhold av Nils Roar Sæltun.

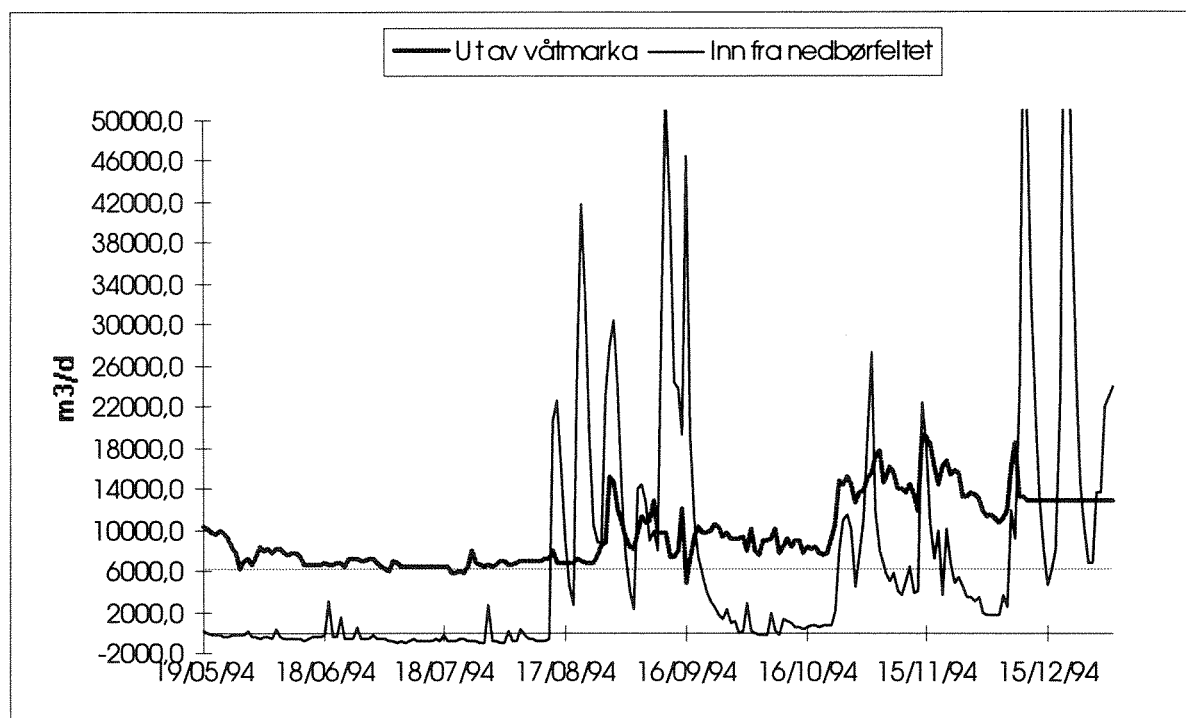
Middeltemperatur og nedbør fra pumpestasjonen ved Borrevann ble brukt som inputvariable i modellen (vedlegg B). Modellen ble simulert fra 1. august 1993 og ut 1994, selv om dataene fra modellen ikke ble brukt fra før 5. desember 1993. Grunnen til at simuleringene startet så tidlig som i august var at grunnvannsmagasinet og snødybde skulle få innstilt seg riktig i modellen.

Modellens parametere er kalibrert i forhold til observerte data i felt. Parameterinstillingen er gitt i vedlegg B.

Modellen så ut til å kunne simulere vannføringen godt. Det var imidlertid ikke mulig å få modellen til å respondere raskt nok. Den påfølgende flomtopp etter nedbør (som regn) som i felt vanligvis ble observert momentant, ble simulert med modellen fra noen timer til ett snaut døgn etter. Dette antas imidlertid ikke å ha avgjørende betydning, da det er retensjoner over året og i løpet av sesonger som er ansett mest interessant, og ikke i løpet av dager og uker.

4.3 Vannbalanse

Figur 5 viser målte/estimerte vannmengder som tilrenning til våtmarka (nedbørfelt), og målte vannmengder ut av våtmarka gjennom tunell i delingsduken. Verdiene målt i ut av våtmarka er observerte verdier med unntak av noen korte perioder (dager) da batteriet på instrumentet var flatt. Verdiene er da estimert på bakgrunn av snittverdier for dagen før og etter datamangelen. Dette gjelder også en lengre periode på slutten av året (10-31/12).



Figur 5. Avrenningsverdier fra nedbørfeltet målt i bekkene, og målte utverdier fra våtmarka for perioden 19. mai - 31. desember 1994. Horisontallinjen ved 6 200 m³/d viser spesifikk avrenning.

Det som måles ut av våtmarka er mye mer stabilt enn det som måles inn, og skyldes særlig to forhold:

1. Vannstanden i våtmarka og ellers i Borrevannet stiger ved økt tilrenning, og stigningen er omtrent proporsjonal, da forholdet mellom våtmarkas tilrenningsområde og våtmarkas overflate er omtrent det

samme som forholdet mellom resten av nedbørfeltet og innsjøarealet. 4,198 km² tilrenner Vassbånn som sør for innhegninga er 0,251 km². Dette gir et forhold på 16,7. Resten av nedbørfeltet er 25,70 km², mens resten av innsjøen er 1,83 km². Dette gir et forhold på 14,0. Avrenningen fra Borrevannet i nord er på ingen måte stor nok til å ta unna de store vanntilførslene ved avsmelting og ved store nedbørsmengder.

Vannstanden i Borrevannet (og våtmarka) stiger altså raskt ved økte vanntilførsler og medfører en oppmagasinering i våtmarka som forklarer at responsen i vannmengde ut av våtmarka er relativt beskjeden, selv når *store* vannmengder tilføres våtmarka.

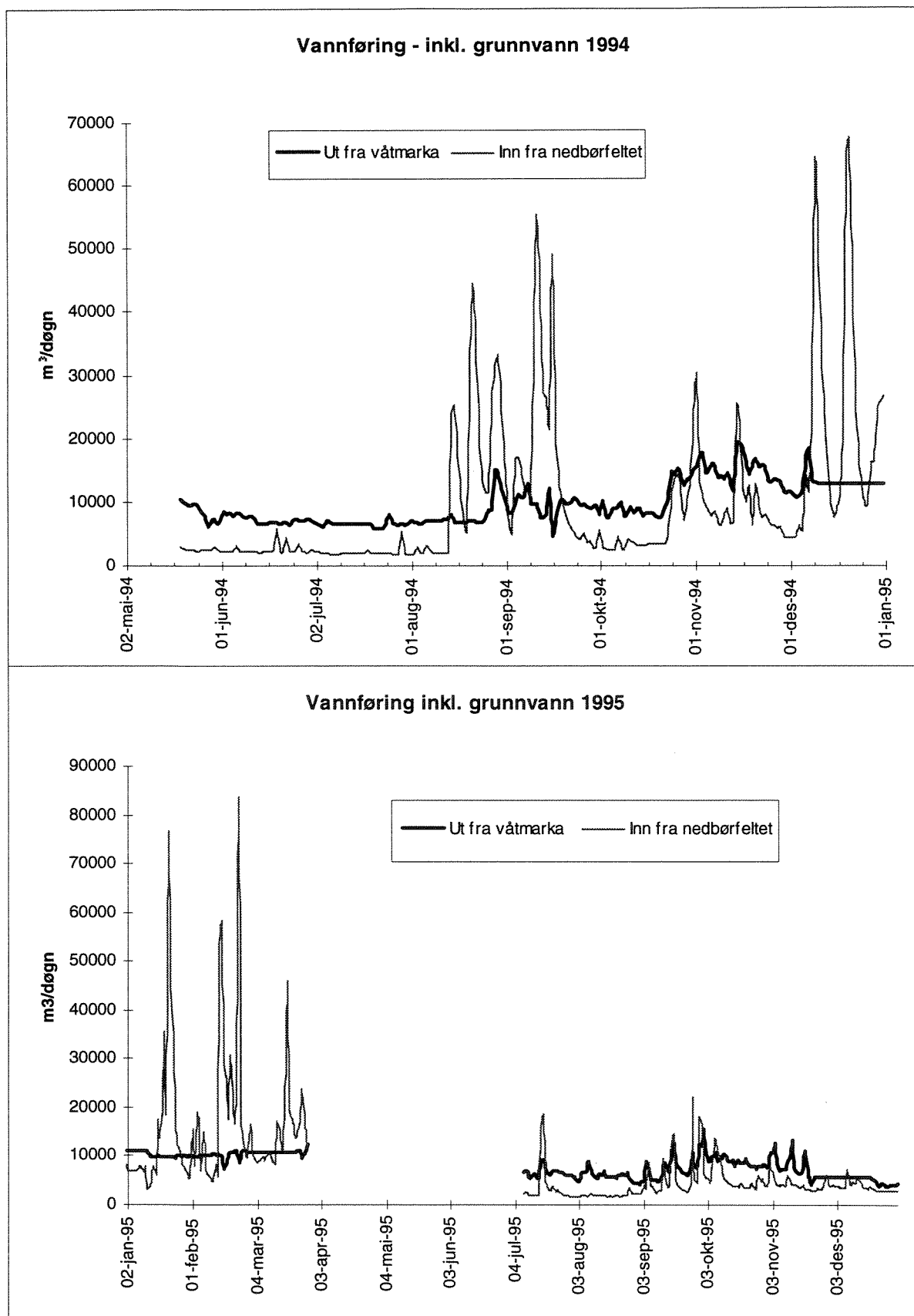
2. I enkelte tørre perioder vil tilrenningen være negativ (juli 1994), dvs. at fordampingen fra våtmarka er større enn det som måles i bekkene. I disse periodene er det fortsatt en stabil og reativt stor vannmengde som går ut av våtmarka. Dette skyldes både det at vannstanden i Borrevannet fortsatt synker, og at det høyst sannsynlig vil være innlekking av grunnvann direkte til våtmarka uten at det måles i bekkene.

Valeportmåleren i duken ble satt i drift 19. mai 1994. Hvis en ser på perioden fra denne dag og ut året (227 dager), så er det målt en vannmengde i bekkene på 1,61 mill m³. Vannmengden målt ut av våtmarka er imidlertid 2,22 mill m³. Dette gir en forskjell på 0,61 mill m³, som utgjør 27% av utmålingen.

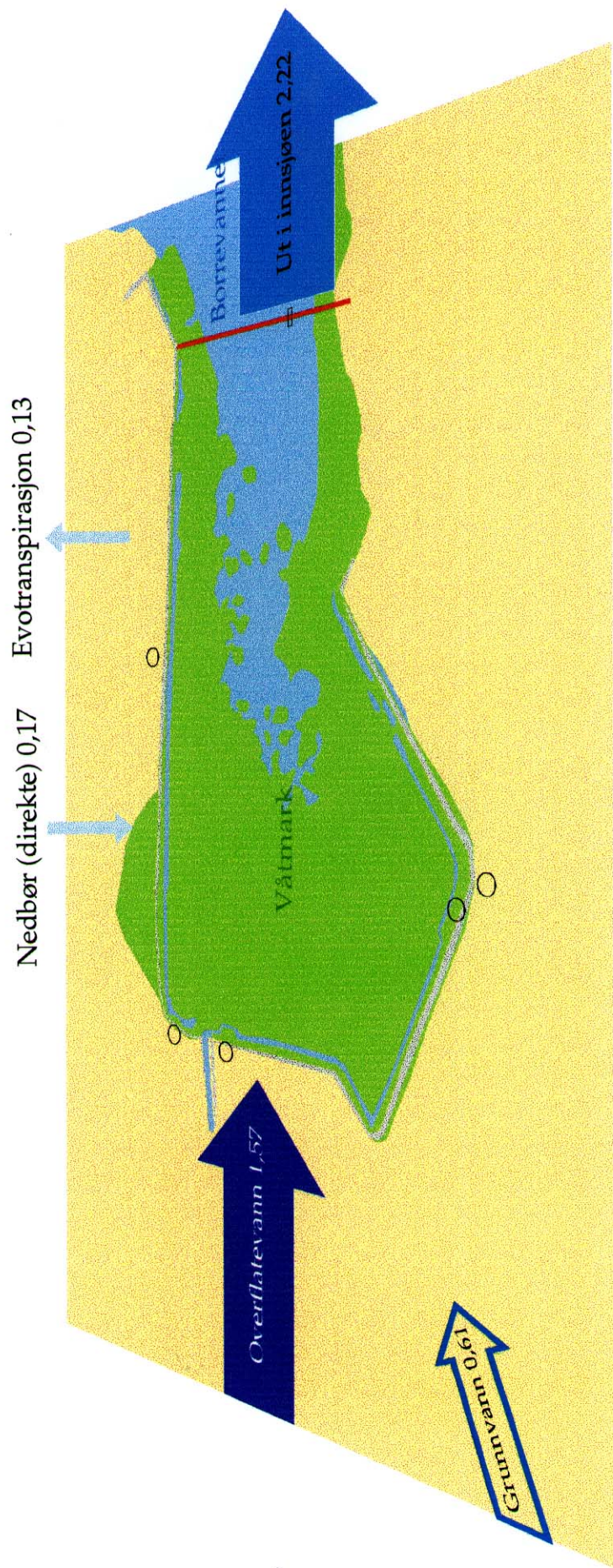
Det er grunn til å anta at grunnvannstilførslene er relativt stabile i løpet av året. Grunnvannstillegget på 0,61 mill m³ er derfor fordelt likt over alle de 227 dagene i 1994. For 1995 utgjør grunnvannet ca 35% av det som måles ut av våtmarka, og som er fordelt jevt på dagene i 1995.

Figur 6 viser vannføringen hvis en tar hensyn til grunnvannstilskuddet for perioden 19. mai -31. desember 1994 og for 1995. I 1995 er det en periode med avbrudd i målingene ut fra våtmarka pga. sensorfeil fra 27/3 til 7/7. Siden grunnvannstilskuddet blir regnet på differans, dvs. målinger ut minus overflatevannmålinger inn, har det heller ikke latt seg gjøre å måle de totale vanntilførslene i denne perioden. Det vil i en senere rapportering imidlertid bli forsøkt simulert hvordan utstrømmingn fra våtmarka kan ha vært i denne perioden. Til dette trengs bl.a. modellsimuleringer av vannstandsforskjeller, tilrenning til hele Borrevannet og utløp på døgnbasis.

Figur 7 viser vannbalansen for den perioden det ble målt med automatisk vannføringssutstyr i både innløp og utløp i 1994.



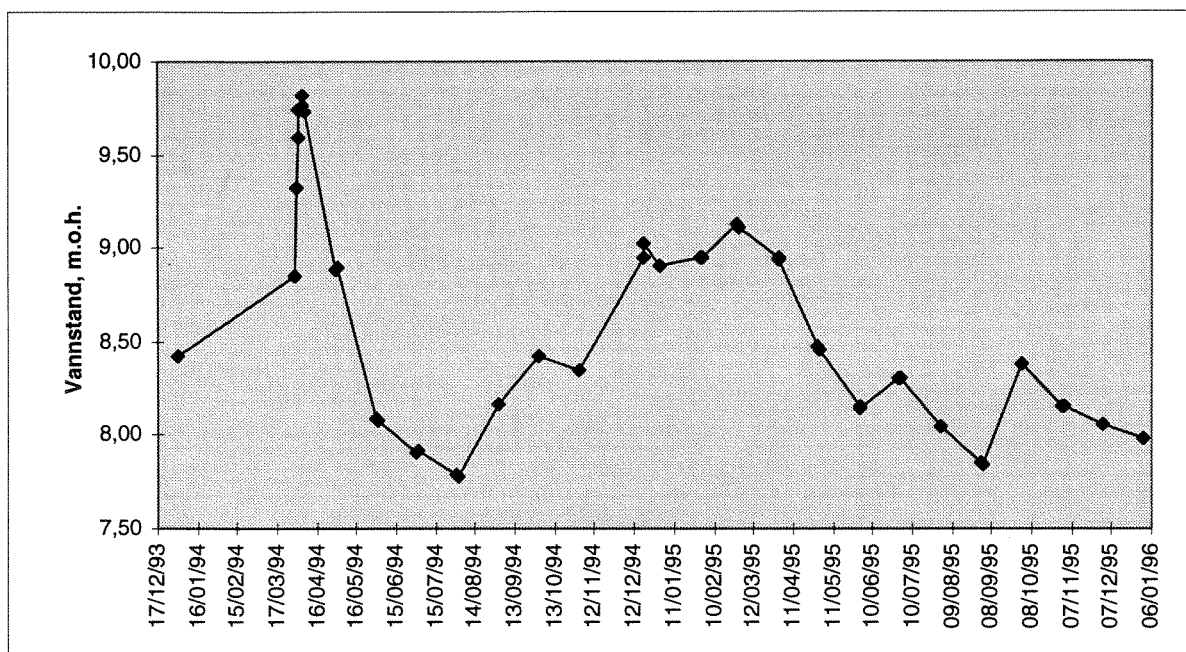
Figur 6. Innløp og utløp av våtmarka i 1994 og 1995 med grunnvannstilførsler.



Figur 7. Hydrologisk balanse i løpet av perioden 19. mai - 31. desember 1994.

Vannstanden i våtmarka kan variere mye over året, faktisk over 2 m, noe som gjør at våtmarka fungerer som en stor buffer. Variasjonene kan i tillegg skje meget raskt, da nedbørfeltet domineres av tett leire som gir meget hurtig overflateavrenning, og utløpet fra Borrevann er meget trangt. På 5 dager i april 1994 ble det registrert en vannstandsheving på 97 cm. Figur 8 viser hvordan vannstanden varierte i 1994, og vannstanden 19. mai er 49 cm lavere enn ved årets utgang. Dette tilsvarer en vannmengde på 0,123 mill m³. Hvis en skulle justert for dette ville forskjellen mellom input og output bli 0,73 mill m³ eller 45%.

Hvis en sammenlikner disse tallene med en beregning på bakgrunn av spesifikk av renning på 17 l/sek*km² (avrenningskartet til NVE), tatt i betraktning at 1994 var et nedbørmessig normalår, finner en 1,48 mill m³, noe som ligger svært nær verdien for samlet vannmengde ut av våtmarka. Denne beregningen kan kun brukes som en veiledende verdi da den er beheftet med store usikkerheter både når det gjelder grunnlaget for utregning av spesifikk avrenning og det at en benytter bare deler av et år.



Figur 8. Vannstandsvariasjoner i Borrevannet (og våtmarka) i løpet av året 1994.

Usikkerhetene ved outputmålingene er vurdert til å være relativt små, og forklaringen på forskjellen mellom input og outputverdiene må ligge i at det tilrenner våtmarka grunnvann utenom det som fanges opp i bekkene. Dette er i og for seg ikke overraskende. Borrevannet er demmet opp av Raet, og grunnvann som infiltrerer moreneryggen som avgrensner nedbørfeltet i sør-øst, vil høyst sannsynlig kunne pentrene den overliggende leira og torvlaget, slik at grunnvann kan finne veien inn i våtmarka (Englund pers. medd). At strandnære leir/torv forekomster kan være grunnvannsførende er også observert i området.

Å avgrense nedbørfeltet i sør-vest mot Raet kan være problematisk. En må ha omfattende kunnskap om denne store akviferen, vannstrømmer etc., for klart å kunne bestemme nedbørfeltgrensa. Det kan derfor godt tenkes at vann fra akviferen utenom det som avgrensnes av en midlinje på toppen av Raet allikevel vil tilrenne Borrevannet.

5. Stofftilførsler, input-output, retensjon

5.1 Tilførsler fra landarealene

Tilførslene fra de forskjellige feltene ble regnet ut på bakgrunn av daglige vannføringer og målinger av vannkvalitet, blandprøver og stikkprøver (se kapittel 4).

Grunnvannets vannkvalitet ble estimert på bakgrunn av et snitt av konsentrasjonene fra kummene A, B, C og den rørlagte bekken F, i tørrværsperioden fra 19/5 til 14/8 1994. For 1995 ble hele perioden fra 10/5 til 20/12 valgt, som overveiende var en tørr periode. Det var da jevnt over lave verdier, og kummene og bekken ble i all hovedsak matet av grunnvannet. Vannføringen var da så lav at resuspensjon fra bekkesedimentet kunne ses bort i fra. Noen høye verdier ble luket ut da dette ble antatt å kunne forurensninger via overflatevann. For 1995 ble stasjon A utelatt fra bergningsgrunnet da det ofte var høye verdier registrert her.

Kum D falt tidlig ut av måleprogrammet pga. lange perioder med driftsstans på pumpa. Vannkvalitet i denne stasjonen ble derfor beregnet sammen med de feltene som har direkte drenering til våtmarka (jfr. figur 4). Dette går fram av tabell 3.

Tabell 3. Prøvestasjoner der vannkvaliteten er beregnet.

Prøvestasjoner	Betegnelse	Areal, daa	Arealbruk	Beregningsmåte
Kum D	D	153	fulldyrka	som snitt a,b,c
Direkte under A	AU	164	fulldyrka	som A
Direkte under B	BU	159	80 daa fulldyrka	70% av B
Direkte under DI	DUI	280	fulldyrka, golf, skog	70% av snitt A,B,C
Direkte under DII	DUII	71	fulldyrka	som F

5.2 Tilførsler til åpen vannflate

Tilførsler av nitrogen og nitrogenfraksjoner direkte til åpen vannflate er bestemt ved å bruke midlede månedskonsentrasjoner i nedbør for årene 1991-93 for stasjonen Lardal i Vestfold. (SFT 1992, 1993, 1994). Konsentrasjonene er så multiplisert med aktuell nedbør. Konsentrasjonene av totalnitrogen regnes som summen av nitrat og ammonium. Tørravsetningen er dermed ikke medregnet. Denne kan utgjøre ca 20 % av totalavsetningen til land (Semb & Tørseth 1994), men til åpen vannflate er den langt laverere og trolig så liten at den kan ses bort i fra (Tørseth pers. medd.).

For fosfor kommer mye av deponeringen fra tørravsetninger, da fosforet i stor grad følger partikler. Deponeringer fordelt på månedlige variasjoner er hentet fra et arbeid som Berge gjennomførte i 1977-78 på 18 områder i Telemark (Rognerud et. al 1979). Deponisjon som mg/m²*mnd er lagt direkte inn i inputberegningene til Vassbånn. Av målt totalfosfor var over halvparten (54%) partikulært fosfor og

dermed lite algetilgjengelig. Ca. 25 % målt som løst reaktivt fosfor, og dette brukes som ortofosfatandel i inputberegningene.

5.3 Retensjonsberegninger

Flere faktorer vil virke inn på omfanget av retensjon i en våtmark. En av hovedfaktorene vil være belastningen, både den hydrauliske belastningen og stofftilførsel. Nichols (1983) viste klart hvordan den relative retensjonen (målt i %) avtok når stofftilførslen pr. areal og år økte. Hvis en skal kunne regne med en fosforretensjon på 90-95% må belastningen være så lav som 2-5 gP/m²*år. Opp til 70 % retensjon kunne påregnes ved belastninger på 10-15 gP/m²*år, hevdet han. Nichols (op. cit.) bygde her på data fra de fleste amerikanske våtmarksundersøkelser som var gjennomført på den tida.

I perioden 19.mai-31.desember 1994 ble det tilført 219 kg Tot P til våtmarka. Dette gir 0,9 gP/m² for denneperioden på 227 dager. For hele året, hvor de største tilførslen kom om våren, altså før 19 mai, var tilførslene 585 kg P, og tilsvarene 2,3 gP/m²*år (tabell 4).

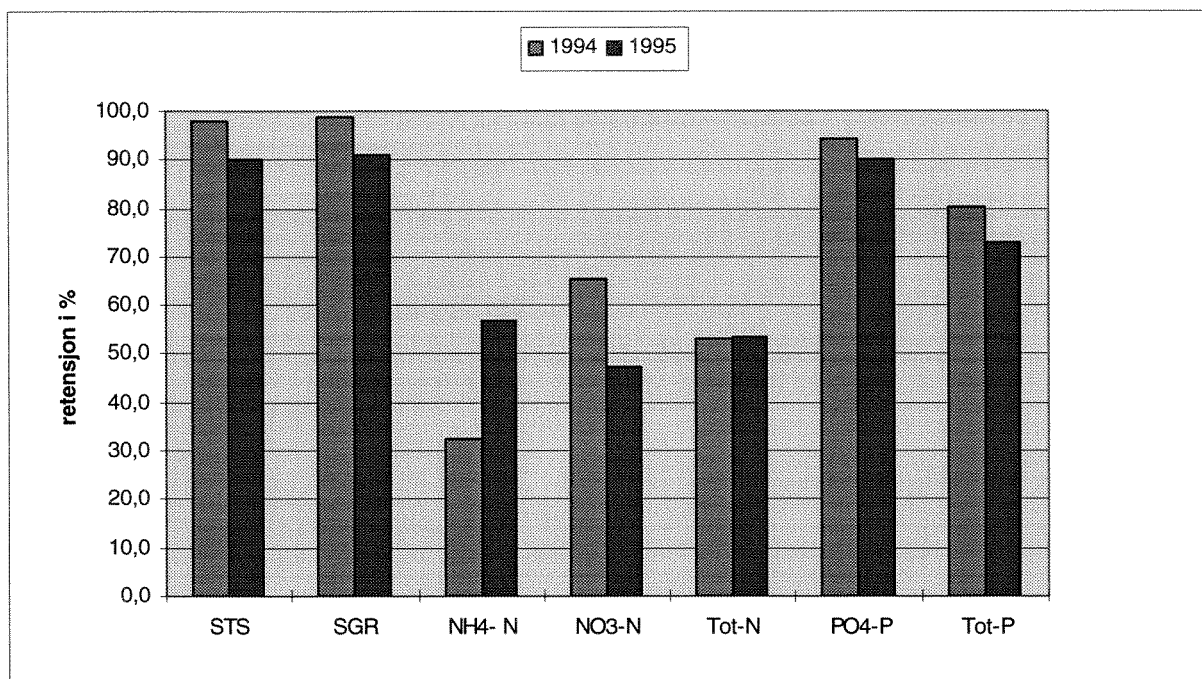
Tabell 4. Tilførselsbelastning til Vassbånn for 1994 og 1995, absolutt og spesifikk pr. arealenhet for hele året..

Parametere	1994		1995	
	kg/år	g/ m ² *år	kg/år	g/ m ² *år.
Tot P	585	2,3	453	1,8
PO ₄ -P	295	1,2	279	1,1
Tot N	26167	104	11816	47
NO ₃ -N	17877	71	9918	2489
NH ₄ -N	594	2,4	477	1,9
STS	268338	1069	396565	1580
SGR	221001	880	352163	1403

Den hydrauliske belastningen er for 1994 målt til 1467 mm/mnd, og i 1995 1383 mm/mnd. Våtmarksarealet er 5,97 % av tilrenningsarealet, noe som er en relativt høy andel i forhold til endel andre undersøkelser det er relevant å sammenlikne seg med.

5.3.1 Retensjonsbetraktninger over hele året.

Retensjoner på årsbasis er vist i figur 9. Ikke overraskende er retensjonene av suspendert stoff og suspendert gløderest høy, over 90% begge årene. Dette er stoffer som i stor grad sedimenterer når vannet bremses i våtmarka. Noe av det samme er tilfellet for totalfosfor som i betydelig grad er partikkelbundet. Her ser vi en retensjon på mellom 70 og 80%. At retensjonen av ortofosfat er høy, over 90%, er spesielt verdifullt, da det er denne delen av fosforet som utnyttes spesielt av plantene, enten det er vannplanter og fastsittende alger i våtmarka, eller planktonalger i innsjøen. For nitrogen er verdiene jevnt over lavere, ca 50% for totalnitrogen, noe lavere for ammonium og noe høyere for nitrat.



Figur 9. Retensjon av de ulike parametere i løpet av 1994 og 1995. For året 1994 er perioden 19. mai-31. desember undersøkt, og for 1995 periodene 1. januar-27.mars og 7.juli-31.desember.

5.3.2 Retensjon på sesongbasis.

Det har vært ønskelig å gå inn å se på hvordan retensjonen varierer i forhold til hvor store tilførsler som tilføres og når på året tilførslene kommer. Figur 10 viser en inndeling i en våt periode for 1995 fra årets begynnelse til slutten av mars, der tilførslene av vann og forskjellige stoffer var høy, og som derfor betegnes for "våt" periode. I denne periode er de fysiske/kjemiske prosesser som sedimentasjon og kjemisk binding til sedimentet dominerende. Biologisk opptak fra makrovegetasjon og påvekstalter kan ses bort fra i denne perioden. Borevannets vannstand er i denne perioden relativt stabil (figur 8) omkring kotehøyde 9 (meter over havet).

I den perioden som er kalt "tørr" periode, fra begynnelsen av juli og ut året, er de biologiske prosessene desto mer betydningsfulle, i hvertfall i begynnelsen av denne perioden. Perioden er dessuten relativt tørr. Vannstanden i Borevann er også her relativt stabil, men på et lavere nivå, noe over 8 moh. Dette medfører at vannmagasinet innenfor duken er langt mindre nå enn i forrige periode.

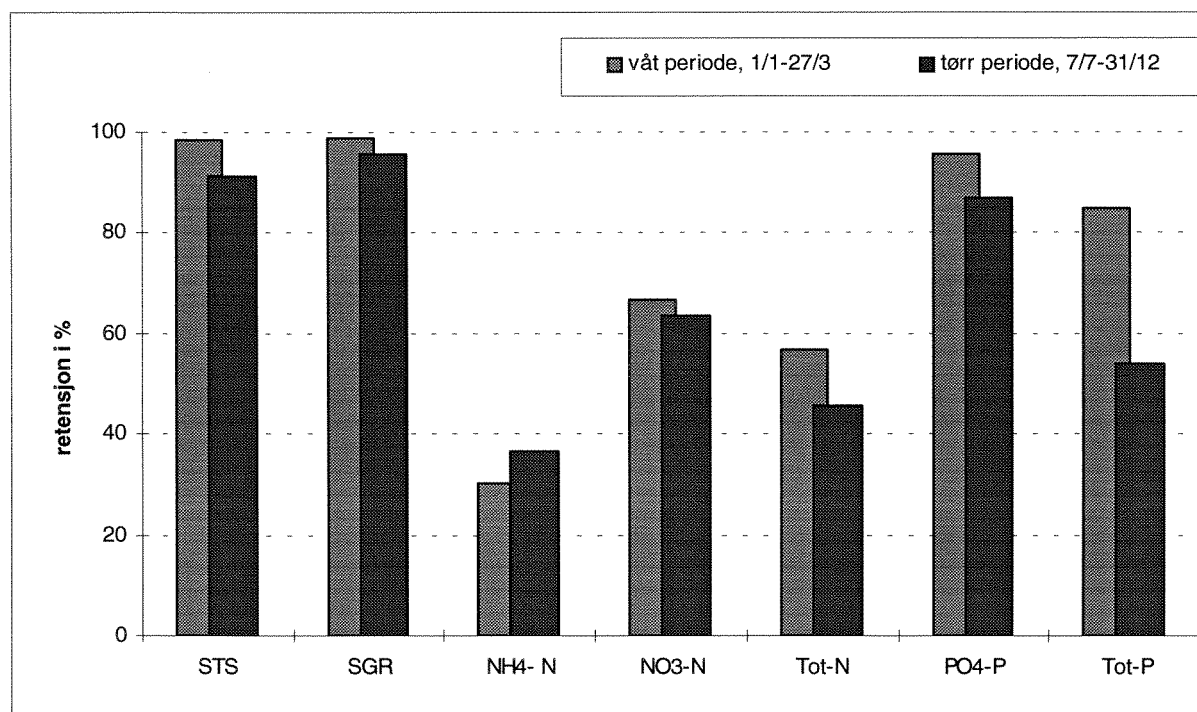
Figur 10 viser at den relative retensjonen, målt i %, er svært stabil, og viser endog høyere verdier for den våte perioden. Dette er i seg selv noe overraskende, da man i den tørre perioden ville regne med at de biologiske prosessene ville bidra mye sammen med rene fysiske /kjemiske prosesser til høyere retensjonsgrad.

For å forsøke å forklare dette er det viktig å være klar over to forhold:

- I den våte perioden er det en høy vannstand i våtmarka
- Konsentrasjonene i den våte perioden er høye

Til det første, nesten en meter høyere vannstand i våt periode i forhold til den tørre perioden gjør at våtmarka da får et svært mye større vannvolum. Tilførslene er imidlertid også store, men våtmarka

klarer å opprettholde en lang oppholdstid pga. sitt store volum. Oppholdstiden er vurdert som den viktigste enkeltfaktoren som bestemmer retensjon i innsjøer, og er utvilsomt viktig i en våtmark også (Larsen & Mercier 1976).



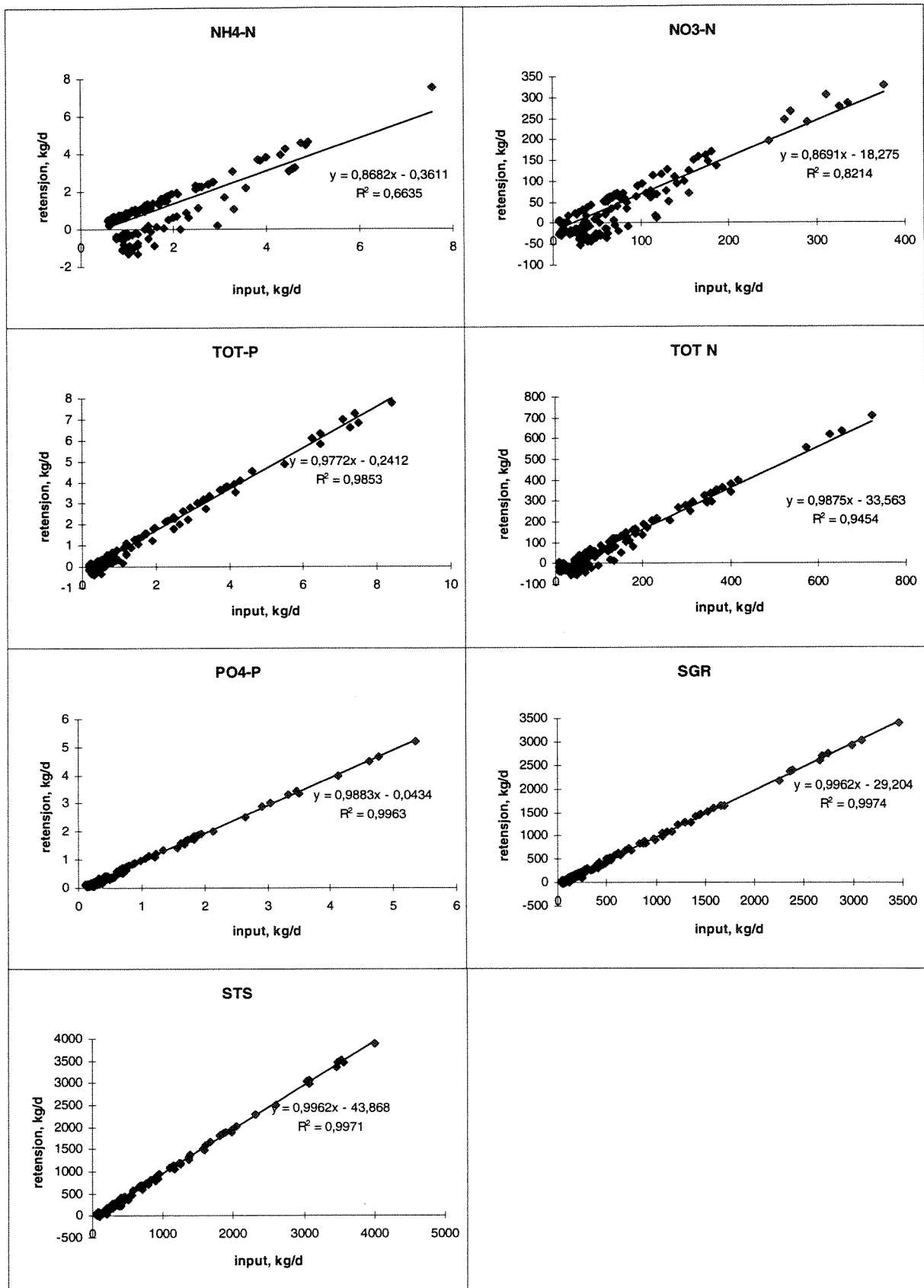
Figur 10. Retensjon for “tørr” og “våt” periode i 1995.

Konsentrasjonen av stoffer som tilrenner våtmarka i den våte perioden er høye, med stor vannføring i bekkene eroderes mye leirpartikler (suspendert stoff og totalfosfor) både naturlig i bekkeleiet, og fra landbruksarealene. Gjennomsnittskonsentrasjonene fra de forskjellige stasjonene fra prøvetakingens begynnelse i november 1993 til vår 1996 går fram av tabell 5. Konsentrasjonen av f.eks. totalfosfor i Semsbekken (stasjon E) er i den omtalte “våte” perioden 496 $\mu\text{g/l}$, mot den gjennomsnittlige 238 $\mu\text{g/l}$, altså et langt større redusjonspotensiale enn for gjennomsnittlige og tørre perioder. I tillegg kommer at vannet som tilføres i tørre perioder er dominert av grunnvann, med langt lavere konsentrasjoner. Grunnvannets gjennomsnittskonsentrasjon for totalfosfor er for 1994 beregnet til 58 $\mu\text{g/l}$, altså på forhånd en relativt lav verdi.

Tabell 5. Gjennomsnittskonsentrasjoner i de forskjellige målepunktene fra november 1993 til våren 1996.

Stasjon	STS mg/l	SGR mg/l	NH₄-N µg/l N	NO₃-N µg/l N	Tot-N µg/l N	PO₄-P µg/l P	Tot-P µg/l P
A (kum)	122	94	137	2451	3583	103	173
B (kum)	70	42	191	3938	5170	41	86
C (kum)	29	16	242	3414	4322	20	55
E (Sem)	141	126	129	3447	4802	134	238
F (Kreps)	13	11	216	7651	8473	42	57
G (Grøft)	43	37	77	2767	3800	44	77
H (tunnel)	4	2	99	1420	2268	12	39

Det er laget en statistisk analyse av sammenhengen mellom tilførsler og retensjon, dvs. totale tilførsler (inkl. grunnvann) regnet som kg/d. Dette vises i figur 11 . Sammenhengene er her svært gode, med jevnt over høye regresjonskoeffisienter.



Figur 11. Korrelasjon mellom tilførsler og retensjon for de ulike parametere. Døgnverdier for perioden 19.mai-31.dasember 1995.

I perioder der våtmarka mottar store vann og stoffmengder vil vannstanden stige både i våtmarka og i resten av innsjøen. Dette har sammenheng med at tilløpet fra nedbørfelter responderer meget raskt på nedbør, noe som igjen skyldes stort innslag av impermeable jordarter (leire). I tillegg er utløpsarrangementet i nord-enden er trangt. Mye av vannet som tilføres våtmarka i våte perioder magasineres derfor opp i våtmarka, og regnes i de foregående presentasjoner som retensjon. Endel av det som tilføres vil derfor i en slik våt periode enda ikke ha vært underlagt rene retensjonsprosesser som sedimentasjon og biologisk opptak, men kun en ren oppmagasinerings. Noe av vannet som er tilført i en våt periode skylles ut av våtmarka i en etterfølgende tørr periode da vannstanden i Borrevannet synker. Dette gjør det ikke alltid like lett å tolke retensjoner fra våte og tørre perioder. Ved presentasjon av data som døgverdi i figur 11, bør det altså bemerkes at høye retensjonsverdier ved høy tilførsel i stor grad skyldes oppmagasinerings og ikke kun de rene retensjonsprosesser.

Figur 12 viser hvordan retensjonen varierer gjennom året for de forskjellige parametrene i 1994. Som det også går fram av figur 11 er det for fosforfraksjonene og suspendert stoff/-gløderest nesten uten unntak positive retensjoner. Dette med et lite unntak for totalfosfor i månedsskiftet november-desember, og faktisk også i slutten av mai. Den siste perioden kan imidlertid delvis forklares ved at det da var en sterk vannstandsreduksjon og derfor også høy utstrømming av våtmarka kombinert med en beskjeden tilrenning (figur 5, figur 8).

For nitrogen er imidlertid bildet et annet. Fra siste halvdel av september og til begynnelsen av desember lekker våtmarka nitrogen. Forklaringen på dette kan være mange:

- større utrenning enn tilrenning
- utspyling av dekomponerende/dekomponert materiale
- oksydering av organisk nitrogen fra sedimentet

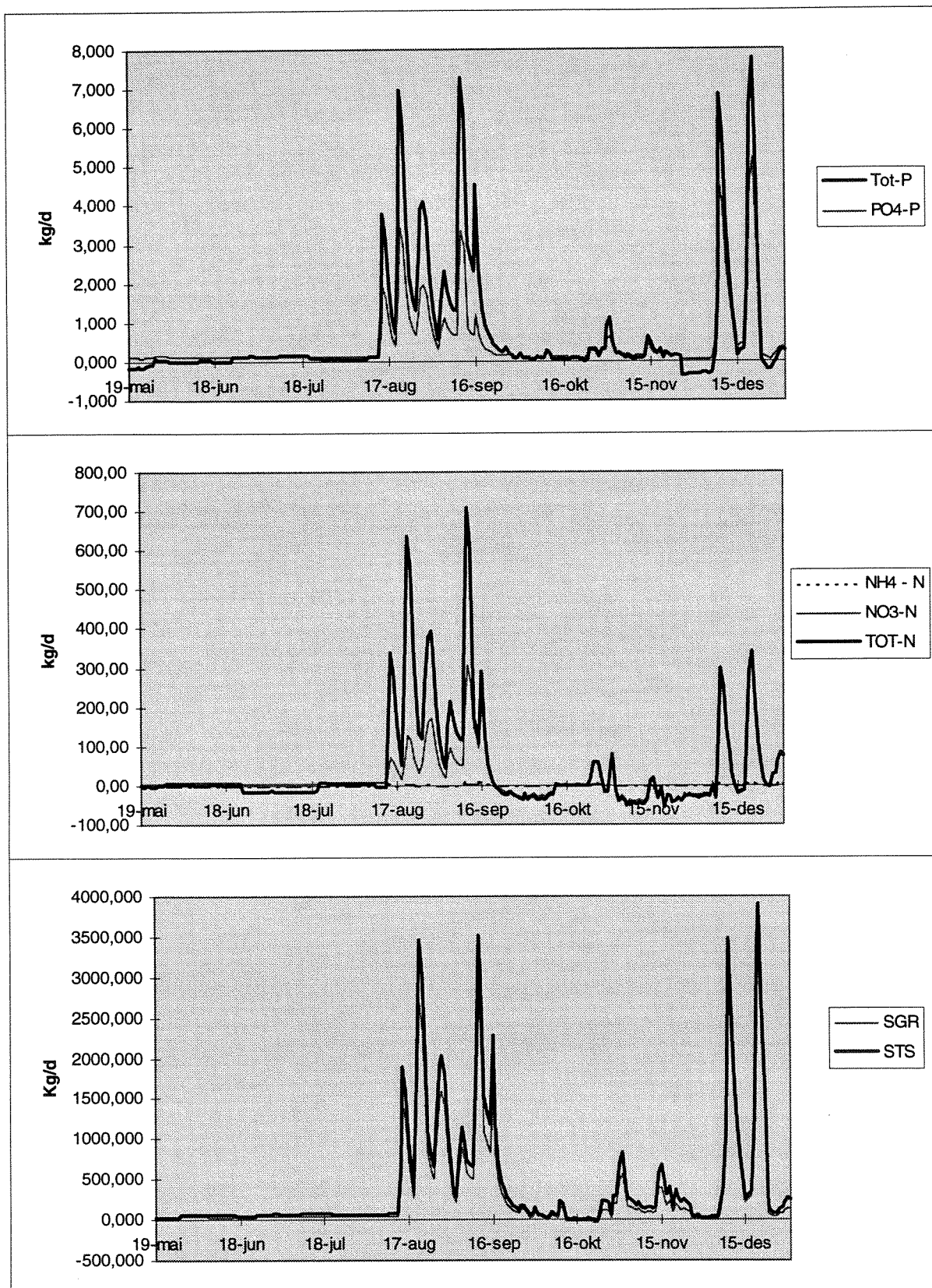
I denne perioden er det høyere utstrømming enn tilrenning, noe som går klart fram av figur 5. En slik situasjon vil kunne forklares ved en vannstandsreduksjon, men dette støttes ikke av figur 8. Det er imidlertid et hull på to måneders observasjoner fra 1. november til årsskiftet, og det må derfor antas at vannstanden fortsetter å synke i november også etter den observerte nedgangen i oktober. Dette vil langt på vei forklare den negative retensjonen i denne perioden for nitrogen.

I denne perioden kan det også tenkes at dødt dekomponerende organisk materiale blir ført ut av våtmarka og derfor medfører en negativ retensjon. Dette burde imidlertid også slå ut på fosforverdiene, noe som ikke er tilfelle. Dessuten blir mesteparten av makrovegetasjonen dekomponert inne i våtmarka og dette skjer om våren etter at fjorårsstenglene brytes ned av isløsningen. Disse stenglen inneholder dessuten svært lite næringssalter da dette tilbakeføres til rota før plantene visner.

En annen mulig forklaring kan være at enkelte delvis tørrlagte områder i våtmarka kan ha fått oksydert organisk nitrogen i sedimentet pga. oksygentilførsler. Dette blir så spylt ut når vannstanden igjen stiger og vanntilførslene øker Dette er beskrevet som et generelt fenomen av Kadlec og Knight (1996). En støtte for en slik forklaringsmodell er at mesteparten av nitrogenet ut av våtmarka utgjøres av nitrat.

Berge og Fjeld (1995) har forøvrig observert nitrogenlekkasje fra en senket våtmark i visse perioder av året.

Det at den høye uttappingen, kombinert med beskjedne tilførsler slår spesielt ut for nitrogen og har nesten ingen effekt på de andre parameterne er ikke særlig overraskende. Tap av fosfor og suspendert stoff er i meget stor grad underlagt sedimentasjon, mens for nitrogen skjer dette i mindre grad. I denne perioden på senhøsten vil denitrifiseringen bremses kraftig opp pga. lave temperaturer, mens sedimentasjonsprosessen er like virksom hele året.



Figur 12. Retensjon over året fra 19. mai - 31. desember 1994. Døgnverdier (kg/d).

5.3.3 Overføring av mer vann til våtmarka

Retensjonsverdiene i forrige kapittel er unektelig optimistiske, også ved høy tilrenning, og viser at fysisk/kjemiske prosesser som fungerer hele året igjennom er tilstrekkelige for å opprettholde en god retensjonseffekt. Spørsmålet om det ved en overføring av mer vann fra f.eks. Sandeelva kan påregnes å opprettholde en like god retensjon er imidlertid ikke enkelt å besvare.

Som nevnt i forrige kapittel er man avhengig av en betydelig oppmagasinering, og at man dermed får opprettholdt en lang oppholdstid for vannet når tilførslene er store. Tidligere er det også nevnt at forholdet mellom avrenningsområdet til våtmarka og våtmarka sammenliknet med hele nedbørfeltet og hele innsjøen er nokså likt. Forholdtallet for våtmarka er ca 16,7 og for innsjøen ca 14. Dette medfører altså at tilrenning til våtmark og innsjø relativt sett er likt, og som vi også observerer, vannmengden ut av våtmarka er svært stabil.

Tilførsel av mer vann fra Sandeelva vil forstyrre dette forholdet, og vannet vil strømme fortere igjennom våtmarka. All tidligere erfaring viser at dette vil medføre en nedgang i den prosentvise retensjonen. Hvor stor nedgangen vil være, og hva gevinsten vil være er det foreløping vanskelig å fastslå. Til dette hører også at vannkvaliteten i Sandeelva er bedre enn det vannet som normalt tilrenner våtmarka. Reduksjonspotensialet er derfor mindre. En studie av tilrenning på døgnbasis der en vil forsøke å estimere rene retensjonsprosesser i forhold til oppmagasineringseffekten vil kunne gi et bedre grunnlag for å vurdere effekten av en slik overføring.

5.3.4 Videre arbeid

Vi vil forsøke å få dekket opp periodene der vannføringsmåleren ut av våtmarka tidligere har vært ute av drift. Dette gjelder spesielt vår/forsommer situasjonen. Etter at vannstands nivåene per døgn er simulert, sammen med vanntilsg og avløp, vil dette også gi oss en mulighet for å verifisere Valeportverdiene.

Det er satt ned to sandspisser ved Vassbånnveien (figur 2) for å få en indikasjon på vanntilførselen av grunnvann gjennom året. Sandspissene står i leire som er relativt impermeabel, og det er derfor usikkert om vann fra disse sandspissene egner seg som representative vannkvalitetsmål. I alle tilfeller vil vi få målt grunnvannsnivået, som kan gi oss informasjon om variasjonen av grunnvanntilførselen i løpet av året.

I 1996 er det i vår/forsommerperioden benyttet ukentlige prøvetakinger. Dette for å minske måleusikkerhetene i en periode som er dårlig dekket opp i 1994-95.

5.3.5 Usikkerhetsvurderinger

Usikkerhetene knytter seg til flere forhold omkring vannmengde- og vannkvalitetsmålinger inn og ut av våtmarka.

Vannmengdemålingene inn i våtmarka er basert på vannføringstallene fra Semsbekken (stasj. E). For å verifisere disse dataene er det kjørt en modell (HBV-modellen) som ga en god overenstemmelse med observasjonene i de fleste tilfeller. I de tilfeller en ikke hadde observasjoner, og der en på forhånd viste at de observerte dataene var usikre, ble modellens estimerte verdier brukt. Da det for Grøftebekken (stasj. G) ble installert en vannføringsmåler i august 1995, har det vært to stasjoner å

verifisere mot hverandre. Siden avrenningen fra de andre feltene er beregnet på bakgrunn av Semsbekken vil en mindre feil i Semsbekken gi en 4 ganger større feil for alle feltene tilsammen. Etter at målingene i Grøftebekken tok til, er denne feilen redusert til det halve. Dreneringen av alle feltene er tegnet opp på bakgrunn av informasjon fra kommunene og berørte grunneiere. Usikkerheten i dette betegnes derfor som moderat.

Vannkvalitetsmålingene inn i våtmarka er mest usikre for de feltene der det er gjennomført stikkprøvetaking. Dette gjelder for stasjonene F og G. For de andre stasjonene er det vannføringsproposjonale blandprøvetakere. F og G utgjør 45% av det totale tilrenningsarealet.

Prøvetakeren i Semsbekken (E) pumper en delprøve over i en kanne som står i skyggen for sola, men ikke i kjøleskap. Dette kan medføre at det skjer en omsetning av nærings saltfraksjonene som er mest tilgjengelig. Dette kan medføre at ortofosfatandelen er noe underestimert men trolig ikke betydelig. Osygenfrihet i oppsamlingdunken er utelukket, og denitrifisering er dermed unngått. At noe ammonium kan forsvinne er imidlertid ikke utelukket. Ammoniumverdiene er forøvrig svært lave for alle stasjoner. Totalfraksjonene av næringsalter vil imidlertid være tilnærmet uberørt.

Det er montert vanlig V-overløp i Semsbekken. Alternativet ville vært et Krump-overløp som også er vanlig i slutførende bekker/elver. Ulempene med Krump-overløp er større usikkerhet i vannmengdemålingen ved lav vannføring. Fordelene er imidlertid at en får med seg alt sedimenterbart materiale som bekken fører med seg. Teoretisk sett kan det ved V-overløp sedimenteres partikler foran overløpet hvis oppstuvning. Det var lagt ut plast foran overløpet, dels for å holde dammen tett, og dels for å avdekke mulig sedimentasjon foran overløpet. Observasjoner viser ubetydelig sedimentasjon.

Vannmengdene ut av våtmarka måles i tunnelen med en elektromagnetisk vannføringsmåler. For å justere for avtaket mot veggene av tunnelen vil en laminær strøm gi en best tilpassing. Dette ville imidlertid kreve en lenger tunnel enn den som er montert på 30 cm. Den nedjusteringen av vanntilførselen på 12,5% som er gjort (vedlegg C) innebærer derfor en viss usikkerhet.

Ved enkelte tilfeller er det ved undervannsinnspeksjon avdekket at den vertikale bevegelsen av duken har vært så stor at noen gansge få av sandsekkene er falt av og duken har sluppet på bunnen. Dette har skjedd i forbindelse med isløsning, men hvor dette er rettet opp nærmest umiddelbart. Ved ett annet tilfelle ble tilsvarende forhold oppdaget på lav vannstand, hvor det også umiddelbart ble rettet opp. Dette kan ha medført at ikke alt vannet har gått igjennom tunnelen og at transporten ut er underestimert. Retensjonen kan dermed være overestimert. Periodene hvor dette har skjedd har imidlertid vært så korte at det neppe har hatt noen stor betydning for årsverdiene.

Som den eneste målingen på vanntilførselen ut av våtmarka, er dette Valeport-instrumentet sårbart. Når en i tillegg ikke har hatt muligheter til å verifisere verdiene ved modellkjøringer, er usikkerhetene vanskelig å vurdere. Modellsimuleringer vil imidlertid i det videre arbeid evt. verifisere disse målingene.

Vannkvaliteten ut av våtmarka er for 1994 målt ved en automatisk prøvetaker, som forøvrig ikke var vannføringsproposjonal men tidsproposjonal. For 1995 ble det gjennomført vanlig prøvetaking pga. liten variasjon i verdiene. Usikkerheten her blir derfor vurdert til å være relativt små.

6. Referanser

- Bakke R. 1992. Utvikling av Madlabekken rensepark. NOTAT.
- Berge, D. & E. Fjeld. 1995. Mobilization of nitrogen from drained wetlands. In: Newsletter 3/95, Nitrogen from mountains to fjords. pp 7-8.
- Brettum, P., R. T. Arnesen, D. Berge, M. Laake & B. Rørslett 1976. En undersøkelse av Borrevann, 1975. NIVA-rapport O-174/73. 119 p.
- Englund, J. O. Personlig meddelelse under møte med i mai 1995 NLH, Ås.
- Fleischer S., Gustafson A., Joelsson A., Pansar J., & Stibe L. 1994. Nitrogen removal in created ponds. *Ambio* 23 nr. 6, pp 349-357.
- Hoffmann, C. C. 1985. Nitrate reduction in a reedswamp receiving water from an agricultural watershed . Proc. 13th Nordic Symp. on sediments. Aneboda, Sweden. pp 41-62.
- Hvoslef, S. 1987. Vegetasjon på beskyttet strand - En økologisk og plantesosiologisk undersøkelse i Borrevann, Vestfold fylke. Cand. scient oppgave i spesiell botanikk. Universitetet i Oslo. 93p.
- Jørgensen, S. E., Hoffmann, C. C. & Mitch, W. J. 1988. Modelling nutrient retention by a reedswamp and a wet meadow in Denmark. In: Mitch, W. J., Straskraba, M. & Jørgensen, S. E. (Eds.) *Wetland modelling*. Elsevier. pp 133-151.
- Kadlec, R. H. 1987. Northern natural wetland water treatment systems. In Reddy & Smith (red.): *Aquatic plants for water treatment and resource recovery*. pp 83-97.
- Kadlec, R. H. & Knight, R. L. 1996. *Treatment wetlands*. Lewis publishers. 893 p.
- Kufel, L. 1982. The phosphorus turnover in reed bed. *Pol. Ecol. Stud.* 8:87-111.
- Larsen, D.P. & H.T. Mercier 1976. Phosphorus retention capacity of lakes. *J. Fish. Res. Board Can.*, 33(8): 1742-1750.
- Leonardsson, L. 1994. Våtmarker som kvävefällor. Svenska och u\internationalla erfarenheter. Naturvårdsverket, Stockholm 265 p.
- Müller, U. 1995. Vertical zonation and production rates of epiphytic algae on *Phragmites australis*. *Freshwater Biology*, 34:69-80.
- Nichols, D. S. 1983. Capacity of natural wetlands to remove nutrients from wastewater. *Journal WPCF*, 55(5): 495-505.
- Nixon, S. W. & V. Lee 1986. *Wetlands and Water Quality: A Regional Review of Recent Research in the United States on the Role of Freshwater and Saltwater Wetlands as Sources, Sinks, and Transformers of Nitrogen, Phosphorus, and Various Heavy Metals*, "Technical Report Y-86-2, prepared by University of Rhode Island for US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss.

- Rognerud, S., D. Berge & M. Johannessen 1979. Telemarkvassdraget - Hovedrapport fra undersøkelsene i perioden 1975-1979. *NIVA-rapport O-70112*. Oslo.
- Semb, A. & K. Tørseth. 1994. Dry and wet nitrogen deposition. In Newsletter 1/1994. Nitrogen from Mountains to Fjords.
- SFT 1992. Overvaking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1991. Rapport 506/92.
- SFT 1993. Overvaking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1992. Rapport 533/93.
- SFT 1994. Overvaking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1993. Rapport 583/94.
- Sloey, W. E., F. L. Sprangler and C. W. Fetter Jr. 1978. Management of freshwater wetlands for nutrient assimilation, s. 321-340. In R. E. Good, D. F. Wigham and R. E. Simpson (eds.), Freshwater Wetlands: Ecological Processes and Management Potential. Academic Press, NY.
- Sprangler, F. L. , W. E. Sloey and C. W. Fetter Jr. 1976. Wastewater treatment by natural and artificial marches. NTIS; Springfield, VA, PB_2599-992. Environmental Protection Technology Series EPA-600/2-76-207.

Vedlegg A.

Temperatur- og nedbørdata for meteorologisk stasjon ved pumpestasjonen ved Borrevannet.
Temperaturen er målt som middeltemperatur utifra oppgitt maksimums og minimumstemperaturer.

Dato	Nedbør, mm	Temp. max	Temp. min	Temp. snitt
05/11/93	0,0	23,5	12	3,5
06/11/93	0,0	22,5	11	3,5
07/11/93	0,5	18	13	3
08/11/93	0,0	19	13	2,75
09/11/93	0,0	25	12,5	3,75
10/11/93	6,0	22,5	12	5,5
11/11/93	4,5	25	14	4,5
12/11/93	17,8	23	12,5	3
13/11/93	32,7	19,5	15	3,75
14/11/93	14,0	21,5	14,5	6,25
15/11/93	13,0	23,5	11	2,75
16/11/93	0,0	17,5	11,5	3,25
17/11/93	0,0	21,5	10,5	3,25
18/11/93	0,0	19	6,5	2,5
19/11/93	0,0	17	9,5	1,25
20/11/93	0,6	23	13	0
21/11/93	0,0	21	11	-1
22/11/93	0,0	20	11,5	-0,75
23/11/93	9,7	21	9	0,5
24/11/93	14,5	21,5	13,5	2
25/11/93	33,8	20,5	8,5	2
26/11/93	0,0	19	10	0,75
27/11/93	2,6	20,5	11,5	-1
28/11/93	0,0	20,5	10,5	-4,5
29/11/93	0,0	20,5	10	-3
30/11/93	0,0	17	9	-0,5
01/12/93	0,0	18	8,5	0,5
02/12/93	4,5	18	6,5	0,25
03/12/93	20,8	20	9,5	0,75
04/12/93	0,0	18	10,5	2,25
05/12/93	9,0	17,5	9,5	2
06/12/93	0,0	22	11	2
07/12/93	2,0	20,5	13	3,5
08/12/93	7,2	19	10	-1
09/12/93	0,0	18	6,5	-3,5
10/12/93	0,0			-6
11/12/93	2,6	19	8,5	-2,5
12/12/93	0,0	18	8	-3,75
13/12/93	0,0	17	6,5	-6
14/12/93	0,0	18	6,5	-10,25
15/12/93	0,0	17,5	6	-3,25
16/12/93	5,7	18	9,5	0
17/12/93	0,0	16	8	-5
18/12/93	0,0	14	9	-2,5
19/12/93	5,0	12,5	6,5	5,5
20/12/93	3,2	14	7,5	0,5
21/12/93	0,0	12	6	-0,75
22/12/93	0,0	14	7,5	0,5
23/12/93	0,0	14	7,5	-2

Dato	Nedbør, mm	Temp. max	Temp. min	Temp. snitt
24/12/93	8,0	14,5	2	-2
25/12/93	3,2	15	5	0
26/12/93	0,0	13	6	-1,75
27/12/93	0,0	14,5	9,5	-5,25
28/12/93	0,0	16,5	5,5	-6,75
29/12/93	15,0	14	4,5	-1,25
30/12/93	19,7	13,5	6	2,5
31/12/93	8,6	11,5	6,5	0,75
01/01/94	0,0	11,5	6	-3
02/01/94	0,0	16,5	3,5	-5
03/01/94	0,0	14	5	-5
04/01/94	3,1	14	8	-4,5
05/01/94	17,5	12	7	-2,75
06/01/94	8,5	10,5	7	0,5
07/01/94	18,0	9	8	0,5
08/01/94	4,0	10,5	9	-2,5
09/01/94	0,0	14	9	-4,75
10/01/94	0,3	10,5	9	-3
11/01/94	4,0	14,5	11,5	-2,5
12/01/94	4,0	14,5	10	-2
13/01/94	28,0	12,5	8	2
14/01/94	0,0	13	7	2,5
15/01/94	0,0	13,5	8,4	-0,25
16/01/94	0,0	11,5	9	-4,25
17/01/94	0,0	9,5	4	-9,5
18/01/94	0,0	7	0	-8,25
19/01/94	10,0	5	-1	-2
20/01/94	0,0	6,5	0	-2,25
21/01/94	0,0	6,5	0	4,5
22/01/94	0,0	9	-1,5	2,25
23/01/94	0,3	9,5	4,5	2,25
24/01/94	0,0	10,5	6	0,25
25/01/94	0,0	9	3,5	-1,25
26/01/94	8,2	5	0	-5,5
27/01/94	2,8	6	-3,5	-3,75
28/01/94	2,4	11	0	-3
29/01/94	3,5	9,5	0,5	-9,5
30/01/94	10,3	10	2	-4,25
31/01/94	0,0	13,5	4,5	-6,5
01/02/94	0,0	5,5	0,5	-5
02/02/94	23,2	5,5	-1	-2,5
03/02/94	14,5	6	-1	-4
04/02/94	0,0	5	-1	-7
05/02/94	0,6	4	2	-6,5
06/02/94	1,2	3,5	0	-5
07/02/94	0,0	4	2	-3
08/02/94	1,4	4	3	-3,25
09/02/94	0,0	4,5	2,5	-2
10/02/94	33,2	4	3	0

Dato	Nedbør, mm	Temp. max	Temp. min	Temp. snitt
11/02/94	0,2	3,5	2,5	-0,5
12/02/94	0,0	3	2,5	-6,5
13/02/94	0,5	5	2,5	-10,75
14/02/94	0,0	7	4	-14,5
15/02/94	0,0	6	3	-11,25
16/02/94	0,0	4	2	-13,25
17/02/94	0,0	7	0,5	-5
18/02/94	0,0	6,5	6	-5,25
19/02/94	0,0	6,5	-1	-7,5
20/02/94	0,0	4,5	2	-6
21/02/94	2,0	5	1,5	-3,75
22/02/94	4,0	3,5	1,5	-2,75
23/02/94	0,0	3,5	-1	-4,75
24/02/94	0,4	1	-1	-8
25/02/94	0,0	0	-2	-5,5
26/02/94	0,4	0	-1,5	-11,5
27/02/94	0,0	1	0	-9,75
28/02/94	0,0	3	1	-1,5
01/03/94	0,0	3	1	-5,75
02/03/94	0,0	2,5	-1	-5,5
03/03/94	5,2	2	-4	-2,5
04/03/94	8,0	-3	-6	-1,75
05/03/94	0,0	-1	-5	2
06/03/94	5,0	0	-1	3,5
07/03/94	0,0	2	-1	4
08/03/94	0,0	1,5	-1	1,25
09/03/94	0,0	2,5	-1	4,25
10/03/94	0,0	5,5	-1	4,25
11/03/94	0,0	4	0	4,25
12/03/94	0,0	5	-1	4,25
13/03/94	0,0	5	2	2,75
14/03/94	7,8	2	-4	2
15/03/94	0,0	-3	-4	3,5
16/03/94	0,0	-4	-8	3
17/03/94	0,0	-1	-4	2,5
18/03/94	0,0	-1	-6,5	2,75
19/03/94	0,0	-4	-8	0,25
20/03/94	0,0	-8	-12,5	-1,75
21/03/94	0,0	3,5	-10	-0,5
22/03/94	0,0	2	-2	-2,5
23/03/94	3,0	-2	-8	5
24/03/94	4,0	6	-11	4,5
25/03/94	0,0	7	4	4,5
26/03/94	0,0	5	-4	6,75
27/03/94	0,0	2,5	-4	3,75
28/03/94	0,0	2	-1	2,25
29/03/94	6,4	-1	-3	7,25
30/03/94	0,0	0	-4	6,5
31/03/94	0,0	1	-1	5,5

Dato	Nedbør, mm	Temp. max	Temp. min	Temp. snitt
01/04/94	18,5	0	-3,5	6,5
02/04/94	25,8	-3	-7,5	6,25
03/04/94	0,6	-5	-8,5	6,5
04/04/94	2,1	2,5	-5	3,5
05/04/94	7,7	3	2	5
06/04/94	0,0	3,5	-2	5,25
07/04/94	1,0	1	-7	6,25
08/04/94	5,7	-2	-8	3,25
09/04/94	0,0	-4	-6	7
10/04/94	0,0	-4	-5	7,75
11/04/94	0,0	-1,5	-4	5,75
12/04/94	0,0	2	-1	6,75
13/04/94	0,0	2	-1	6,75
14/04/94	0,0	-3	-2	7,75
15/04/94	0,0	-1	-8,5	10
16/04/94	0,0	-1	-5	10
17/04/94	0,0	-2	-3	5,75
18/04/94	0,0	-1,5	-2,5	5,75
19/04/94	0,0	5	-1	5
20/04/94	0,0	4	1	5,5
21/04/94	0,0	1	-1,5	8,5
22/04/94	1,4	-1,5	-7	9,5
23/04/94	0,0	-14	-5	11,5
24/04/94	0,0	-12,5	-4	12,25
25/04/94	0,0	-5	1	13,25
26/04/94	0,0	-8,5	4	10
27/04/94	0,0	5	4	10
28/04/94	0,0	5,5	-1	10,5
29/04/94	0,0	4,5	0	14,25
30/04/94	5,2	4	-3,5	12,75
01/05/94	16,6	2,5	-5	9
02/05/94	0,0	-0,5	-10,5	9,75
03/05/94	0,0	3,5	-11	10,25
04/05/94	0,0	0	-6	11
05/05/94	0,0	-4,5	-14,5	12
06/05/94	0,0	0	-8,5	9,5
07/05/94	0,0	-2,5	-10,5	10
08/05/94	1,6	0	-10	10,5
09/05/94	0,0	-1,5	-3,5	12,25
10/05/94	0,0	-2	-6	15,5
11/05/94	0,0	-6	-8	18
12/05/94	0,0	-5,5	-7,5	17
13/05/94	0,0	-3	-7	15
14/05/94	0,0	-2	-4	14,25
15/05/94	0,0	-2	-4,5	10,5
16/05/94	0,0	0	-4	12,25
17/05/94	0,0	1	-1	10,75
18/05/94	0,0	1	-2	11,25
19/05/94	0,0	-2	-11	12,25

Dato	Nedbør, mm	Temp. max	Temp. min	Temp. snitt
20/05/94	0,0	-5,5	-16	12,25
21/05/94	0,0	-9	-20	12,25
22/05/94	0,0	-6,5	-16	13,25
23/05/94	0,0	-7	-19,5	13,5
24/05/94	0,0	-2,5	-7,5	16
25/05/94	0,0	-2,5	-8	16
26/05/94	0,0	-2,5	-12,5	13,5
27/05/94	0,0	-2,5	-9,5	12,25
28/05/94	0,0	-2,5	-5	12,75
29/05/94	0,0	-2	-3,5	12,25
30/05/94	1,8	-1,5	-8	12,75
31/05/94	0,4	-2	-14	15,5
01/06/94	0,0	1	-12	15,5
02/06/94	0,0	-4	-19	16,75
03/06/94	0,0	-4,5	-15	15,5
04/06/94	0,0	1	-4	16
05/06/94	0,0	-3	-8,5	16,75
06/06/94	4,0	-4	-7	17,25
07/06/94	0,7	1	-6	17
08/06/94	0,0	2	-5,5	15
09/06/94	0,0	3	1	15,25
10/06/94	0,0	7,5	-0,5	14,75
11/06/94	0,0	8	0	14,75
12/06/94	0,0	2,5	0	16
13/06/94	0,0	8,5	0	20,25
14/06/94	0,0	8,5	0	16,5
15/06/94	0,0			14
16/06/94	0,0	7	1,5	14
17/06/94	0,2	4	1,5	13
18/06/94	0,0	7	-3	10,5
19/06/94	14,3	9	-2	16,25
20/06/94	0,0	7	-1	16,5
21/06/94	0,0	8	-3	13,5
22/06/94	8,5	7	-1,5	16,75
23/06/94	0,0	4,5	-4	15,5
24/06/94	0,0	4	-7,5	15,25
25/06/94	0,0	4	-5	16,5
26/06/94	4,5	2	-7	16
27/06/94	0,0	8	2	16,5
28/06/94	0,0	8	1	16,5
29/06/94	0,0	9	0	18,5
30/06/94	0,0	10	3,5	17,5
01/07/94	0,0	8,5	-1	19
02/07/94	0,0	6,5	-2	17,5
03/07/94	0,0	11	3,5	17
04/07/94	0,0	11	2	19,5
05/07/94	0,0	8	3	21,5
06/07/94	0,0	8,5	4,5	21,25
07/07/94	0,0	9	3,5	21,5

Dato	Nedbør, mm	Temp. max	Temp. min	Temp. snitt
08/07/94	0,0	11	2	23,75
09/07/94	0,0	5	2	21,25
10/07/94	0,0	8,5	1,5	21,25
11/07/94	0,0	7,5	3	21,75
12/07/94	0,0	9	3,5	21,75
13/07/94	0,0	8,5	-2	23,5
14/07/94	0,0	12	2	21,75
15/07/94	0,0	12	3,5	21,75
16/07/94	0,0	12	-0,5	21
17/07/94	0,0	14,5	-1	21
18/07/94	2,1	13,5	0	20,5
19/07/94	0,0	9,5	6	21,25
20/07/94	0,0	14	6	21,25
21/07/94	0,0			21
22/07/94	0,0		-0,5	20
23/07/94	0,0	10	1,5	20
24/07/94	0,0	7,5	2,5	21
25/07/94	0,0	7	4	21,25
26/07/94	0,0	11	6	23
27/07/94	0,0	12,5	6,5	23,75
28/07/94	0,0	17,5	5,5	24
29/07/94	14,0	17,5	7	21,25
30/07/94	0,5	19,5	7	22,5
31/07/94	0,0	14,5	5,5	22,75
01/08/94	0,0	14	6	24,25
02/08/94	0,0	14	7	24,5
03/08/94	4,2	20,5	8	22,5
04/08/94	0,0	17,5	8	21,5
05/08/94	0,0	14,5	3,5	22
06/08/94	5,3	16	3,5	22,5
07/08/94	2,4	13,5	7	20,5
08/08/94	0,0	17,5	4,5	19
09/08/94	0,0	18	6	19
10/08/94	0,0	15,5	3,5	19,75
11/08/94	0,0	11	9	20,75
12/08/94	0,0	13	8	19,5
13/08/94	0,0	19	5,5	16,75
14/08/94	58,0	21,5	9,5	14,75
15/08/94	12,4	24,5	11,5	17,75
16/08/94	0,0	23	11	16,5
17/08/94	0,0	20,5	9,5	17
18/08/94	0,0	22	6,5	18,25
19/08/94	0,4	17,5	3,5	17,5
20/08/94	35,5	17	7,5	14
21/08/94	18,0	17,5	4	17
22/08/94	0,8	18,5	4	16,75
23/08/94	0,0	18	6,5	17,5
24/08/94	0,0	17	7,5	18
25/08/94	5,0	18	6,5	18,5

Dato	Nedbør, mm	Temp. max	Temp. min	Temp. snitt
26/08/94	5,1	21,5	5	17,75
27/08/94	21,5	21	6	16
28/08/94	7,5	23,5	8,5	13
29/08/94	13,3	21,5	10,5	15,25
30/08/94	0,4	18,5	8,5	13
31/08/94	0,0	18	6,5	13,75
01/09/94	0,0	18	7,5	15,75
02/09/94	0,0	18,5	6	15
03/09/94	0,0	19,5	6	15
04/09/94	17,8	21,5	9,5	16
05/09/94	0,0	21,5	9,5	15,75
06/09/94	6,5	23,5	10	15,75
07/09/94	0,0	22	9	13,75
08/09/94	7,3	19,5	12,5	14
09/09/94	1,5	22	11,5	12,75
10/09/94	32,5	24	10,5	14,5
11/09/94	18,6	22,5	11,5	14,75
12/09/94	0,1	20,5	9,5	12,5
13/09/94	0,0	23	7,5	13
14/09/94	11,0	22	7,5	14,25
15/09/94	0,0	22	7,5	11,5
16/09/94	37,0	21,5	10,5	10,5
17/09/94	1,5	27	13,5	10,5
18/09/94	0,6	24	9	11,5
19/09/94	0,0	20,5	7,5	8,5
20/09/94	0,0	19	9	9,5
21/09/94	0,0	19	7	9,75
22/09/94	0,0	13	8	10,75
23/09/94	0,0	22	10,5	11,5
24/09/94	0,0	23	10	14,25
25/09/94	0,0	17	10	10,75
26/09/94	0,0	21,5	12	9
27/09/94	0,0	20	11	11
28/09/94	2,5	20	10,5	8,25
29/09/94	0,0	22	11	9
30/09/94	0,0	20	12	6,25
01/10/94	7,6	20	13	6,75
02/10/94	0,0			7,5
03/10/94	0,0	22	15	7,5
04/10/94	0,0	24	11	7,5
05/10/94	0,0	24	14	5
06/10/94	0,0	24	11	7,25
07/10/94	6,5	23	11	10,5
08/10/94	0,3	28	11	9,5
09/10/94	0,0	28	15	11,75
10/10/94	0,0	28,5	14	9,5
11/10/94	0,0	30	13	9
12/10/94	0,0	32	15,5	10
13/10/94	0,0	27,5	15	11,75

Dato	Nedbør, mm	Temp. max	Temp. min	Temp. snitt
14/10/94	0,0	27,5	15	11
15/10/94	0,0	27	16,5	11,5
16/10/94	0,0	27,5	16	7,5
17/10/94	0,0	31	16	3,25
18/10/94	0,0	27,5	16	2,25
19/10/94	0,0	27,5	16	4,75
20/10/94	0,0	27,5	14,5	2,75
21/10/94	0,0	26	16	3,25
22/10/94	0,0	27	14	3
23/10/94	5,3	29	13,5	7,5
24/10/94	16,2	29	13,5	10,25
25/10/94	5,0	26,5	15,5	8,75
26/10/94	6,0	25,5	14,5	7,75
27/10/94	3,0			8,75
28/10/94	1,2	28,5	13,5	6,25
29/10/94	0,0	29	13,5	7,75
30/10/94	12,2	30	16	4
31/10/94	3,0	28,5	19	6
01/11/94	22,0	29	19	4,25
02/11/94	1,4	26	16,5	5,5
03/11/94	0,0	28,5	16,5	2,5
04/11/94	0,0	30,5	15	6,25
05/11/94	0,0	31	17,5	6,75
06/11/94	0,0	29	20	5,75
07/11/94	0,0	28	17	6,5
08/11/94	0,0	27,5	15,5	7
09/11/94	0,0	27,5	16,5	6,75
10/11/94	3,0	27,5	17,5	2,25
11/11/94	6,5	25	16	0,25
12/11/94	0,0	25	13	1
13/11/94	0,0	25	13	-1,25
14/11/94	24,3	26	13,5	2,5
15/11/94	5,5	27,5	14	3,75
16/11/94	0,0	25,5	13,5	3,25
17/11/94	0,0	22	11,5	1
18/11/94	0,0	19	10,5	0,5
19/11/94	0,0	22,5	13	4
20/11/94	6,6	22,5	10,5	5,25
21/11/94	0,0	23	11	4
22/11/94	0,0	23,5	13	5,5
23/11/94	0,0	22	13	8,75
24/11/94	0,0	15	13	7,5
25/11/94	0,0	21	13	3,5
26/11/94	0,0	22,5	11	2
27/11/94	0,0	22,5	12,5	0,75
28/11/94	0,0	23	13	4,5
29/11/94	0,0	22	15	4,25
30/11/94	0,0	20,5	15	2,5
01/12/94	0,0	19	13	1,75

Dato	Nedbør, mm	Temp. max	Temp. min	Temp. snitt
02/12/94	0,0	17,5	8,5	3,25
03/12/94	0,0	19	11,5	1,75
04/12/94	5,0	18	8	2
05/12/94	0,0	19	8,5	1,5
06/12/94	9,6	21	10,5	2,25
07/12/94	8,4	16	14	2
08/12/94	22,5			5,25
09/12/94	16,5	19	13	2,75
10/12/94	0,0	18,5	13	5
11/12/94	2,6	19	12,5	3,5
12/12/94	1,2	17	10,5	1,75
13/12/94	0,0	18,5	9,5	-0,25
14/12/94	0,0	14,5	11	0
15/12/94	0,0	18	11	-2,75
16/12/94	3,2	18	11,5	1,25
17/12/94	8,6	18	7	-1,75
18/12/94	9,7	16,5	9,5	2,5
19/12/94	25,0	19	9,5	4
20/12/94	3,4	14	9	2
21/12/94	0,0	12	9	0
22/12/94	0,0			-2,5
23/12/94	0,0	14,5	8,5	1,25
24/12/94	1,5	13,5	3,5	5
25/12/94	0,0	14	5	4,5
26/12/94	3,0	14	5,5	4,5
27/12/94	6,9	16,5	5	2,25
28/12/94	1,2	18	5	-0,5
29/12/94	10,5	19	9,5	2
30/12/94	0,0	16,5	5	1,25
31/12/94	8,5	13	5	1,25
01/01/95	4,6	1,5	-4	-1,25
02/01/95	0	0,5	-2	-0,75
03/01/95	0	-1,5	-8,5	-5
04/01/95	0	-3	-9,5	-6,25
05/01/95	0	2	-3,5	-0,75
06/01/95	0	1,5	-0,5	0,5
07/01/95	1,5	1	-2	-0,5
08/01/95	3,5	4	1	2,5
09/01/95	0	5	-1	2
10/01/95	9	5	1	3
11/01/95	1,2	1,5	-3	-0,75
12/01/95	0	2,5	-5	-1,25
13/01/95	0	3	-5,5	-1,25
14/01/95	1	6	0,5	3,25
15/01/95	0	4	-1,5	1,25
16/01/95	0,1	7,5	-1	3,25
17/01/95	0,6	5	3	4
18/01/95	0,3	5,5	2	3,75
19/01/95	39,7	2	1	1,5

Dato	Nedbør, mm	Temp. max	Temp. min	Temp. snitt
20/01/95	9,5	4	0,5	2,25
21/01/95	25,8	4,5	3	3,75
22/01/95	5	4	2	3
23/01/95	12	3,5	-1,5	1
24/01/95	0	-0,5	-4,5	-2,5
25/01/95	0	2,5	-5,5	-1,5
26/01/95	0	-1	-7	-4
27/01/95	0	-1,5	-8	-4,75
28/01/95	0	-2	-7,5	-4,75
29/01/95	0	-5	-9,5	-7,25
30/01/95	0	-2	-11,5	-6,75
31/01/95	0	2	-10	-4
01/02/95	23,7	7	1	4
02/02/95	0	3	-3,5	-0,25
03/02/95	0	5	-6	-0,5
04/02/95	1,3	7	2	4,5
05/02/95	0	5	1	3
06/02/95	0	9	4,5	6,75
07/02/95	0	5	-1	2
08/02/95	0	1,5	-4	-1,25
09/02/95	0	-2	-4,5	-3,25
10/02/95	0	-2	-6	-4
11/02/95	0	-1	-9	-5
12/02/95	14,7	5,5	0	2,75
13/02/95	6	6,5	2,5	4,5
14/02/95	0	5,5	3	4,25
15/02/95	22	6,5	3	4,75
16/02/95	3,5	7	4	5,5
17/02/95	0	4,5	2	3,25
18/02/95	6,3	6	-2,5	1,75
19/02/95	0	5	2	3,5
20/02/95	6	6	0	3
21/02/95	0	3	-1	1
22/02/95	12,3	6	-1	2,5
23/02/95	12,5	5,5	2	3,75
24/02/95	2	7,5	-0,5	3,5
25/02/95	0	4,5	-3	0,75
26/02/95	0	1,5	-3	-0,75
27/02/95	0	3	-6	-1,5
28/02/95	2	8,5	2,5	5,5
01/03/95	0	7,5	3	5,25
02/03/95	0	6	-0,5	2,75
03/03/95	0	3	-2	0,5
04/03/95	3,4	2,5	1	1,75
05/03/95	3,5	4	-8	-2
06/03/95	7	4	1,5	2,75
07/03/95	4	7,5	0	3,75
08/03/95	0,8	7	0	3,5
09/03/95	0	7	0,5	3,75

Dato	Nedbør, mm	Temp. max	Temp. min	Temp. snitt
10/03/95	0,1	6	0	3
11/03/95	0	4	0	2
12/03/95	0	3,5	2	2,75
13/03/95	0	5	3	4
14/03/95	0	4,5	0	2,25
15/03/95	8,6	2,5	-1	0,75
16/03/95	13,2	6,5	-0,5	3
17/03/95	6,9	4	1	2,5
18/03/95	24	7,5	0,5	4
19/03/95	2,8	5,5	0	2,75
20/03/95	2	8,5	-1,5	3,5
21/03/95	0	8,5	1,5	5
22/03/95	0	7	1	4
23/03/95	0	10,5	3	6,75
24/03/95	0	12	4	8
25/03/95	0	8	0	4
26/03/95	0	7	-1	3
27/03/95	1,5	5,5	0	2,75
28/03/95	0	5,5	-2,5	1,5
29/03/95	0	8	0	4
30/03/95	0	8	-4	2
31/03/95	8,8	11	3,5	7,25
01/04/95	2	12	0	6
02/04/95	0	12	0,5	6,25
03/04/95	0	7,5	-1,5	3
04/04/95	0	7	-1,5	2,75
05/04/95	0	7	0	3,5
06/04/95	0,7	14,5	0,5	7,5
07/04/95	4,9	8,5	5,5	7
08/04/95	0,8	9,5	3	6,25
09/04/95	0	11	0	5,5
10/04/95	0,2	4,5	-1,5	1,5
11/04/95	0	10	-0,5	4,75
12/04/95	1	11,5	6,5	9
13/04/95	0	16,5	2	9,25
14/04/95	0	15,5	2,5	9
15/04/95	1,3	9,5	6	7,75
16/04/95	9	11	2	6,5
17/04/95	0	5	-0,5	2,25
18/04/95	0,8	10,5	-1,5	4,5
19/04/95	0	12	4	8
20/04/95	0	12	2	7
21/04/95	3,8	10	0,5	5,25
22/04/95	0,8	11,5	1,5	6,5
23/04/95	0,3	16,5	6,5	11,5
24/04/95	0	23	8,5	15,75
25/04/95	11,7	20,5	10,5	15,5
26/04/95	12	11	2,5	6,75
27/04/95	23	4	1	2,5

Dato	Nedbør, mm	Temp. max	Temp. min	Temp. snitt
28/04/95	5	12	1,5	6,75
29/04/95	0	12	0,5	6,25
30/04/95	0	14	2,5	8,25
01/05/95	0	16	1,5	8,75
02/05/95	0	21	6	13,5
03/05/95	0	20,5	8,5	14,5
04/05/95	0	19,5	8	13,75
05/05/95	0	21,5	7	14,25
06/05/95	0	19,5	9	14,25
07/05/95	0	20,5	9	14,75
08/05/95	0	16	8	12
09/05/95	0	17	5,5	11,25
10/05/95	0	15	5,5	10,25
11/05/95	0	12,5	4,5	8,5
12/05/95	7,8	14	3	8,5
13/05/95	5,6	15	1	8
14/05/95	0	11	4	7,5
15/05/95	0	12,5	2	7,25
16/05/95	0	16,5	3	9,75
17/05/95	0,6	14,5	1,5	8
18/05/95	0	14,5	6	10,25
19/05/95	0	15,5	4,5	10
20/05/95	0,7	12,5	3	7,75
21/05/95	2,9	14,5	3	8,75
22/05/95	0	17	5	11
23/05/95	0	16,5	5	10,75
24/05/95	0	18,5	9,5	14
25/05/95	0	22	8	15
26/05/95	0	23,5	8	15,75
27/05/95	0	20	8,5	14,25
28/05/95	3	16	12	14
29/05/95	7,3	18	12,5	15,25
30/05/95	7,7	22	13	17,5
31/05/95	13,8	20,5	14	17,25
01/06/95	4,4	22,5	15,5	19
02/06/95	3,8	21,5	12,5	17
03/06/95	0,5	22	12,5	17,25
04/06/95	0	21	8,5	14,75
05/06/95	0	23	10,5	16,75
06/06/95	0	21	10,5	15,75
07/06/95	0	21	13	17
08/06/95	4,5	17	12	14,5
09/06/95	12	18,5	8,5	13,5
10/06/95	1,7	21	8,5	14,75
11/06/95	0	19	12,5	15,75
12/06/95	16,2	17	10	13,5
13/06/95	9	23,5	11	17,25
14/06/95	16	15	12	13,5
15/06/95	28,4	19,5	13	16,25

Dato	Nedbør, mm	Temp. max	Temp. min	Temp. snitt
16/06/95	0,7	18,5	12	15,25
17/06/95	5	20,5	10	15,25
18/06/95	5,4	19,5	11,5	15,5
19/06/95	6,8	24	11	17,5
20/06/95	0	23,5	9	16,25
21/06/95	0	19	12,5	15,75
22/06/95	3	21	11	16
23/06/95	0	25	11,5	18,25
24/06/95	0	28	15	21,5
25/06/95	0	29	15,5	22,25
26/06/95	0	28,5	15	21,75
27/06/95	0	27	14	20,5
28/06/95	0	30	13	21,5
29/06/95	0	25	15,5	20,25
30/06/95	0	19	12	15,5
01/07/95	15	20,5	7,5	14
02/07/95	0	19,5	8,5	14
03/07/95	0	22	12	17
04/07/95	0	21	8	14,5
05/07/95	11,5	21,5	8,5	15
06/07/95	0,9	24,5	12	18,25
07/07/95	0	20,5	15	17,75
08/07/95	1,2	21,5	12	16,75
09/07/95	0	25	10	17,5
10/07/95	0	24	12	18
11/07/95	0	25,5	15	20,25
12/07/95	0	25,5	15	20,25
13/07/95	0	26	12	19
14/07/95	0	27	17	22
15/07/95	23,2	17,5	18	17,75
16/07/95	25,3	18,5	15,5	17
17/07/95	2,3	24	13,5	18,75
18/07/95	0	23,5	13,5	18,5
19/07/95	0	24,5	11,5	18
20/07/95	1	22,5	11	16,75
21/07/95	4,3	22	11,5	16,75
22/07/95	0	22	10	16
23/07/95	3,2	23,5	8	15,75
24/07/95	1,8	23	14	18,5
25/07/95	0,8	24,5	12,5	18,5
26/07/95	0	25,5	11	18,25
27/07/95	0	26	12,5	19,25
28/07/95	0	27	14	20,5
29/07/95	0	27,5	16	21,75
30/07/95	0	27,5	15,5	21,5
31/07/95	0	29	15,5	22,25
01/08/95	0	29	19	24
02/08/95	0	29	17	23
03/08/95	0	28	19	23,5

Dato	Nedbør, mm	Temp. max	Temp. min	Temp. snitt
04/08/95	0	25	17	21
05/08/95	0	26,5	12	19,25
06/08/95	0	28	16	22
07/08/95	0	22,5	12,5	17,5
08/08/95	0	20,5	9	14,75
09/08/95	0	23,5	10,5	17
10/08/95	0	26,5	14	20,25
11/08/95	0	26	12	19
12/08/95	0	26,5	13	19,75
13/08/95	0	27,5	12,5	20
14/08/95	0	25,5	14	19,75
15/08/95	0	26	13,5	19,75
16/08/95	0	28	15,5	21,75
17/08/95	0	27	14,5	20,75
18/08/95	0	26,5	17,5	22
19/08/95	0	27	15,5	21,25
20/08/95	0	24	16	20
21/08/95	0	26	16	21
22/08/95	0	29,5	16	22,75
23/08/95	0	26,5	14	20,25
24/08/95	0	25	15	20
25/08/95	0,3	22	14,5	18,25
26/08/95	5,7	21,5	13	17,25
27/08/95	0	21,5	8,5	15
28/08/95	0	19	10,5	14,75
29/08/95	0	18	9	13,5
30/08/95	0	18,5	9	13,75
31/08/95	0	19,5	8,5	14
01/09/95	0,3	21	11	16
02/09/95	8,2	18,5	10,5	14,5
03/09/95	0,8	16,5	10,5	13,5
04/09/95	22,2	18	14	16
05/09/95	6,4	19,5	13,5	16,5
06/09/95	5	19	12	15,5
07/09/95	1,2	18,5	12	15,25
08/09/95	0,7	18	13	15,5
09/09/95	2,3	15	13,5	14,25
10/09/95	2,5	13,5	10,5	12
11/09/95	19,5	17	11,5	14,25
12/09/95	8	17	13	15
13/09/95	1,2	15	13	14
14/09/95	4,7	19	13	16
15/09/95	8,7	16	10,5	13,25
16/09/95	21,4	16	10	13
17/09/95	0,2	16	10,5	13,25
18/09/95	0	16	9	12,5
19/09/95	0	14	4	9
20/09/95	0	14,5	5,5	10
21/09/95	0	16,5	5,5	11

Dato	Nedbør, mm	Temp. max	Temp. min	Temp. snitt
22/09/95	0	18	8	13
23/09/95	0	16	7	11,5
24/09/95	3,1	16	7	11,5
25/09/95	30	13	6	9,5
26/09/95	0	15	7	11
27/09/95	0	14	4,5	9,25
28/09/95	11	10,5	5,5	8
29/09/95	12,5	9,5	4,5	7
30/09/95	0,3	12	5	8,5
01/10/95	0,3	10	1,5	5,75
02/10/95	2,5	13	5	9
03/10/95	0,4	14	8,5	11,25
04/10/95	0,5	14,5	12	13,25
05/10/95	13,8	15,5	12,5	14
06/10/95	8	15	8	11,5
07/10/95	7	15,5	12,5	14
08/10/95	0,4	14,5	4,5	9,5
09/10/95	0,5	17,5	9	13,25
10/10/95	0	18,5	11	14,75
11/10/95	0	16	8	12
12/10/95	0	14	8	11
13/10/95	0	13,5	7,5	10,5
14/10/95	0	13	8,5	10,75
15/10/95	0	12,5	9,5	11
16/10/95	1	13,5	11	12,25
17/10/95	0	14,5	11,5	13
18/10/95	3	16	8	12
19/10/95	0	15,5	8,5	12
20/10/95	0	12,5	6	9,25
21/10/95	0	10	2,5	6,25
22/10/95	0	10,5	2	6,25
23/10/95	4	13,5	10,5	12
24/10/95	0	14	11,5	12,75
25/10/95	0	13	11,5	12,25
26/10/95	7,1	14	7	10,5
27/10/95	2	14	10	12
28/10/95	3,5	12,5	6	9,25
29/10/95	0	9	0	4,5
30/10/95	0	7,5	-0,5	3,5
31/10/95	5	6	5	5,5
01/11/95	6,8	5	0	2,5
02/11/95	0,5	7	-1	3
03/11/95	0	5	-1	2
04/11/95	0	3,5	-1,5	1
05/11/95	0	3	-5	-1
06/11/95	2	8	0	4
07/11/95	0	5	-2	1,5
08/11/95	0	5	-0,5	2,25
09/11/95	5,6	8	0,5	4,25

Dato	Nedbør, mm	Temp. max	Temp. min	Temp. snitt
10/11/95	0	2,5	-0,5	1
11/11/95	0	2	0	1
12/11/95	0	1,5	-2	-0,25
13/11/95	0	-0,5	-3,5	-2
14/11/95	0	1,5	-5	-1,75
15/11/95	0	4	1	2,5
16/11/95	2,3	3,5	-1,5	1
17/11/95	0	0	-2	-1
18/11/95	0	2	-5	-1,5
19/11/95	0	4,5	-2	1,25
20/11/95	0	1,5	-5,5	-2
21/11/95	0	4,5	-5,5	-0,5
22/11/95	0	5,5	2	3,75
23/11/95	1,8	8	0	4
24/11/95	2,8	10,5	5,5	8
25/11/95	0	10	8,5	9,25
26/11/95	0	9	7	8
27/11/95	0	7,5	3,5	5,5
28/11/95	5,6	4	-1	1,5
29/11/95	3,2	3	0	1,5
30/11/95	0	7,5	1,5	4,5
01/12/95	0	-3	0	-1,5
02/12/95	0	1	-1	0
03/12/95	0	2	-1	0,5
04/12/95	0,3	2	1	1,5
05/12/95	0	0	-3,5	-1,75
06/12/95	0	-1	-3,5	-2,25
07/12/95	0,6	0	-2,5	-1,25
08/12/95	15,8	1	-0,5	0,25
09/12/95	3	2	-0,5	0,75
10/12/95	0	5	0,5	2,75
11/12/95	0	3	0	1,5
12/12/95	0	3,5	0	1,75
13/12/95	0	4	0	2
14/12/95	0	0,5	-3	-1,25
15/12/95	0	0	-2,5	-1,25
16/12/95	0	-1	-6	-3,5
17/12/95	0	-4	-6,5	-5,25
18/12/95	0	0	-6	-3
19/12/95	3	-3	-8,5	-5,75
20/12/95	0	-4,5	-10	-7,25
21/12/95	0	-2,5	-10	-6,25
22/12/95	0	-7	-12,5	-9,75
23/12/95	0	-9	-10,5	-9,75
24/12/95	0	-9,5	-15	-12,25
25/12/95	0	-7,5	-15	-11,25
26/12/95	0	-6	-13,5	-9,75
27/12/95	0	-9,5	-17	-13,25
28/12/95	0	-10	-14,5	-12,25

Dato	Nedbør, mm	Temp. max	Temp. min	Temp. snitt
29/12/95	0	-2	-16	-9
30/12/95	0	-6,5	-13	-9,75
31/12/95	0	-4,5	-10,5	-7,5

Vedlegg B.

Parametere HBV-modellen

START	2	borre			
	2	0	1	PNO	Number of precipitation stations
	2	0	Pstasjon	PID1	Identification for precip station
1	2	0	25.	PHOH1	Altitude precip station 1
	2	0	1.0	PWGT1	Weight precipitation station 1
	2	0	1	TNO	Number of temperature stations
	2	0	Tstasjon	TID1	Identification for temp station 1
	2	0	25.	THOH1	Altitude temp station 1
	2	0	1.0	TWGT1	Weight temp station 1
	2	0	1	QNO	Number of discharge stations
	2	0	Qstasjon	QID	Identification for discharge
station	2	0	1.	QWGT	Scaling factor for discharge
	2	0	1.026	AREAL	Catchment area [km2]
	2	4	0.0001	MAGDEL	Regulation reservoirs [1]
	2	5	10.000	HYP SO (1,1),	low point [m]
	2	6	15.000	HYP SO (2,1)	
	2	7	20.000	HYP SO (3,1)	
	2	8	25.000	HYP SO (4,1)	
	2	9	30.000	HYP SO (5,1)	
	2	10	35.000	HYP SO (6,1)	
	2	11	40.000	HYP SO (7,1)	
	2	12	45.000	HYP SO (8,1)	
	2	13	50.000	HYP SO (9,1)	
	2	14	55.000	HYP SO (10,1)	
	2	15	60.000	HYP SO (11,1),	high point
	2	16	0.000	HYP SO (1,2),	Part of total area below
HYP SO (1,1) = 0	2	17	0.100	HYP SO (2,2)	
	2	18	0.200	HYP SO (3,2)	
	2	19	0.300	HYP SO (4,2)	
	2	20	0.400	HYP SO (5,2)	
	2	21	0.500	HYP SO (6,2)	
	2	22	0.600	HYP SO (7,2)	
	2	23	0.700	HYP SO (8,2)	
	2	24	0.800	HYP SO (9,2)	
	2	25	0.900	HYP SO (10,2)	
	2	26	1.000	HYP SO (11,2),	Part of total area below
HYP SO (11,1) = 1	2	27	0.000	BREPRO(1),	Glacier area, part of total
area, below HYP SO(1,1) (=0.0)	2	28	0.000		
	2	29	0.000		
	2	30	0.000		
	2	31	0.000		
	2	32	0.000		
	2	33	0.000		
	2	34	0.000		
	2	35	0.000		
	2	36	0.000		
	2	37	0.000	BREPRO(11),	Glacier area, part of total
area, below HYP SO(11,1)	2	38			
	2	39	270.000	NDAG	Day no for conversion of glacier
snow to ice					

2	40	1.000	TX	-1,2 1.0	Threshold temperature
for snow/ice/rain [C]					
2	41	0.000	TS	-1,2 0.0	Threshold temperature
for no melt [C]					
2	42	5.000	CX	3,6 4	Melt index
[mm/deg/day]					
2	43	0.005	CFR	0,0.01 0.005	Refreeze efficiency
[1]					
2	44	0.100	LV	0.05,0.1 0.1	Max rel. water
content in snow [1]					
2	45	1.100	PKORR	1.05,1.2 1.05	Precipitaion
correction for rain [1]					
2	46	1.250	SKORR	1.15,1.5 1.2	Additional
precipitation corection for snow at gauge [1]					
2	47		GRADALT		Altitude for change in prec.
grad. [m]					
2	48		PGRAD1		Precipitation gradient above
GRADALT [1]					
2	49	0.020	CALB	0.02	Ageing factor for albedo
[1/day]					
2	50	0.500	CRAD	0.5	Radiation melt component
[1]					
2	51	0.25	CONV	0.25	Convection melt component
[1]					
2	52	0.25	COND	0.25	Condensation melt component
[1]					
2	60	1.1	CEVPL		lake evapotranspiration
adjustment fact [1]					
2	61	0.5	ERED		evapotranspiration red. during
interception [1]					
2	62	30.0	ICEDAY		Lake temperature time constant
[d]					
2	63	-0.600	TTGRAD	-0.6,-1.0	Temperature gradient
for days without precip [deg/100 m]					
2	64	-0.600	TVGRAD	0,-0.6	Temperature gradient for
days with precip [deg/100 m]					
2	65	1.0	PGRAD	0.03 1.0,1.1	Precipitation
altitude gradient [1/100 m]					
2	66	1.500	CBRE		Melt increase on glacier ice
[1]					
2	67	0.700	EP	EP(1),	Pot evapotranspiration,
Jan [mm/day] or [1]					
2	68	0.700	EP	EP(2),	Pot evapotranspiration,
Feb [mm/day] or [1]					
2	69	0.700	EP	EP(3)	
2	70	1.000	EP	EP(4)	
2	71	1.300	EP	EP(5)	
2	72	1.400	EP	EP(6)	
2	73	1.300	EP	EP(7)	
2	74	1.100	EP	EP(8)	
2	75	1.000	EP	EP(9)	
2	76	0.900	EP	EP(10)	
2	77	0.700	EP	EP(11)	
2	78	0.700	EP	EP(12)),	Pot evapotranspiration,
Dec [mm/day] or [1]					
2	79	100.00	FC	75,300 150	Maximum soil water
content [mm]					

2	80	0.70	FCDEL	0.7,1.0 1.0	Pot.evapotr when
content = FC*FCDEL [1]					
2	81	2.00	BETA	1,4, 2	Non-linearity in soil
water zone [1]					
2	82	50.00	INFMAX	50	maximum infiltration capacity
[mm/day]					
2	83				
2	84				
2	85	0.50	KUZ2	0.1,0.5 0.3	Quick time constant
upper zone [1/day]					
2	86	5.00	UZ1	10,40 20	Threshold quick runoff
[mm]					
2	87	0.15	KUZ1	0.05,0.15 0.1	Slow time constant
upper zone [1/day]					
2	88	0.30	PERC	0.5,1.0 0.6	Percolation to lower
zone [mm/day]					
2	89	0.02	KLZ	0.005,0.02,0.01	Time constant
lower zone [1/day]					
2	90	0.00	ROUT	(1),	Routing constant (lake area,
km2)					
2	91	0.00	ROUT	(2),	Routing constant (rating
curve const)					
2	92	0.00	ROUT	(3),	Routing constant (rating
curve zero)					
2	93	0.00	ROUT	(4),	Routing constant (rating
curve exp)					
2	94	0.00	ROUT	(5),	Routing constant (drained
area ratio)					
2	95	0.50	DECAY	(1),	Feedback constant
2	96	0.00	DECAY	(2),	Feedback constant
2	97	0.00	DECAY	(3),	Feedback constant
2	98	0.17	CE		Evapotranspiration constant
[mm/deg/day]					
2	99	0.0	DRAW		"draw up" constant
[mm/day]					
2	100	60.0	LAT		Latitude
[deg]					
2	101	-0.6	TGRAD(1)		Temperature gradient Jan
[deg/100m]					
2	102	-0.6	TGRAD(2)		Temperature gradient Feb
[deg/100m]					
2	103	-0.6	TGRAD(3)		Temperature gradient Mar
[deg/100m]					
2	104	-0.6	TGRAD(4)		Temperature gradient Apr
[deg/100m]					
2	105	-0.6	TGRAD(5)		Temperature gradient May
[deg/100m]					
2	106	-0.6	TGRAD(6)		Temperature gradient Jun
[deg/100m]					
2	107	-0.6	TGRAD(7)		Temperature gradient Jul
[deg/100m]					
2	108	-0.6	TGRAD(8)		Temperature gradient Aug
[deg/100m]					
2	109	-0.6	TGRAD(9)		Temperature gradient Sep
[deg/100m]					
2	110	-0.6	TGRAD(10)		Temperature gradient Oct
[deg/100m]					

2	111	-0.6	TGRAD(11)	Temperature gradient Nov
[deg/100m]				
2	112	-0.6	TGRAD(12)	Temperature gradient Dec
[deg/100m]				
2	113	20.0	SPDIST	Uniformly distributed snow acc
[mm]				
2	114	30.0	SMINI	120Initial soil moisture content
[mm]				
2	115	0.0	UZINI	Initial upper zone content
[mm]				
2	116	20.0	LZINI	30Initial lower zone content
[mm]				
2	121	2	VEGT(1,1)	Vegetation type 1, zone 1
2	122	1	VEGT(2,1)	Vegetation type 2, zone 1
2	123	0.0	VEGA(1)	Vegetation 2 area, zone 1
[1]				
2	124	0.0	LAKE(1)	Lake area, zone 1
[1]				
2	125	2	VEGT(1,2)	Vegetation type 1, zone 2
2	126	1	VEGT(2,2)	Vegetation type 2, zone 2
2	127	0.0	VEGA(2)	Vegetation 2 area, zone 2
[1]				
2	128	0.0	LAKE(2)	Lake area, zone 2
[1]				
2	129	2	VEGT(1,3)	Vegetation type 1, zone 3
2	130	1	VEGT(2,3)	Vegetation type 2, zone 3
2	131	0.0	VEGA(3)	Vegetation 2 area, zone 3
[1]				
2	132	0.0	LAKE(3)	Lake area, zone 3
[1]				
2	133	2	VEGT(1,4)	Vegetation type 1, zone 4
2	134	1	VEGT(2,4)	Vegetation type 2, zone 4
2	135	0.0	VEGA(4)	Vegetation 2 area, zone 4
[1]				
2	136	0.0	LAKE(4)	Lake area, zone 4
[1]				
2	137	2	VEGT(1,5)	Vegetation type 1, zone 5
2	138	1	VEGT(2,5)	Vegetation type 2, zone 5
2	139	0.0	VEGA(5)	Vegetation 2 area, zone 5
[1]				
2	140	0.0	LAKE(5)	Lake area, zone 5
[1]				
2	141	2	VEGT(1,6)	Vegetation type 1, zone 6
2	142	1	VEGT(2,6)	Vegetation type 2, zone 6
2	143	0.0	VEGA(6)	Vegetation 2 area, zone 6
[1]				
2	144	0.0	LAKE(6)	Lake area, zone 6
[1]				
2	145	2	VEGT(1,7)	Vegetation type 1, zone 7
2	146	1	VEGT(2,7)	Vegetation type 2, zone 7
2	147	0.0	VEGA(7)	Vegetation 2 area, zone 7
[1]				
2	148	0.0	LAKE(7)	Lake area, zone 7
[1]				
2	149	2	VEGT(1,8)	Vegetation type 1, zone 8
2	150	1	VEGT(2,8)	Vegetation type 2, zone 8
2	151	0.0	VEGA(8)	Vegetation 2 area, zone 8
[1]				

2	152	0.0	LAKE(8)	Lake area,	zone 8
[1]					
2	153	2	VEGT(1,9)	Vegetation type 1,	zone 9
2	154	1	VEGT(2,9)	Vegetation type 2,	zone 9
2	155	0.0	VEGA(9)	Vegetation 2 area,	zone 9
[1]					
2	156	0.0	LAKE(9)	Lake area,	zone 9
[1]					
2	157	2	VEGT(1,10)	Vegetation type 1,	zone 10
2	158	1	VEGT(2,10)	Vegetation type 2,	zone 10
2	159	0.0	VEGA(10)	Vegetation 2 area,	zone 10
[1]					
2	160	0.0	LAKE(10)	Lake area,	zone 10
[1]					
FINIS					
-START 2GROSET					
2	0	1	PNO	Number of precipitation stations	
2	0	M>sstrand	PID1	Identification for precip station	
1					
2	0	940.	PHOH1	Altitude precip station 1	
2	0	1.0	PWGT1	Weight precipitation station 1	
2	0	1	TNO	Number of temperature stations	
2	0	M>sstrand	TID1	Identification for temp station 1	
2	0	940.	THOH1	Altitude temp station 1	
2	0	1.0	TWGT1	Weight temp station 1	
2	0	1	QNO	Number of discharge stations	
2	0	Grosettjern	QID	Identification for discharge	
station					
2	0	1.	QWGT	Scaling factor for discharge	
2	0	6.51	AREAL	Catchment area	
[km2]					
2	4	0.050	MAGDEL	Regulation reservoirs	
[1]					
2	5	939.000	HYP SO (1,1),	low point	[m]
2	6	953.000	HYP SO (2,1)		
2	7	965.000	HYP SO (3,1)		
2	8	978.000	HYP SO (4,1)		
2	9	991.000	HYP SO (5,1)		
2	10	1004.000	HYP SO (6,1)		
2	11	1015.000	HYP SO (7,1)		
2	12	1025.000	HYP SO (8,1)		
2	13	1036.000	HYP SO (9,1)		
2	14	1056.000	HYP SO (10,1)		
2	15	1121.000	HYP SO (11,1),	high point	
2	16	0.000	HYP SO (1,2),	Part of total area below	
HYP SO (1,1) = 0					
2	17	0.100	HYP SO (2,2)		
2	18	0.200	HYP SO (3,2)		
2	19	0.300	HYP SO (4,2)		
2	20	0.400	HYP SO (5,2)		
2	21	0.500	HYP SO (6,2)		
2	22	0.600	HYP SO (7,2)		
2	23	0.700	HYP SO (8,2)		
2	24	0.800	HYP SO (9,2)		
2	25	0.900	HYP SO (10,2)		
2	26	1.000	HYP SO (11,2),	Part of total area below	
HYP SO (11,1) = 1					

2	27	0.000	BREPRO(1),	Glacier area, part of total
area, below HYPSON(1,1) (=0.0)				
2	28	0.000		
2	29	0.000		
2	30	0.000		
2	31	0.000		
2	32	0.000		
2	33	0.000		
2	34	0.000		
2	35	0.000		
2	36	0.000		
2	37	0.000	BREPRO(11),	Glacier area, part of total
area, below HYPSON(11,1)				
2	38			
2	39	270.000	NDAG	Day no for conversion of glacier
snow to ice				
2	40	0.000	TX	Threshold temperature for
snow/ice [C]				
2	41	-1.000	TS	Threshold temperature fo no melt
[C]				
2	42	5.000	CX	Melt index
[mm/deg/day]				
2	43	0.050	CFR	Refreeze efficiency
[1]				
2	44	0.080	LV	Max rel. water content in snow
[1]				
2	45	0.900	PKORR	Precipitaion correction for rain
[1]				
2	46	1.250	SKORR	Additional precipitation
corection for snow at gauge [1]				
2	47		GRADALT	Altitude for change in prec.
grad. [m]				
2	48		PGRAD1	Precipitation gradient above
GRADALT [1]				
2	49	0.020	CALB	Ageing factor for albedo
[1/day]				
2	50	0.000	CRAD	Radiation melt component
[1]				
2	51	1.000	CONV	Convection melt component
[1]				
2	52	0.000	COND	Condensation melt component
[1]				
2	60	1.1	CEVPL	lake evapotranspiration
adjustment fact [1]				
2	61	0.5	ERED	evapotranspiration red. during
interception [1]				
2	62	30.0	ICEDAY	Lake temperature time constant
[d]				
2	63	-0.600	TTGRAD	Temperature gradient for days
without precip [deg/100 m]				
2	64	-0.600	TVGRAD	Temperature gradient for days
with precip [deg/100 m]				
2	65	0.030	PGRAD	Precipitation altitude gradient
[1/100 m]				
2	66	1.500	CBRE	Melt increase on glacier ice
[1]				
2	67	0.700	EP	EP(1), Pot evapotranspiration,
Jan [mm/day] or [1]				

2	68	0.700	EP	EP(2), Pot evapotranspiration,
Feb	[mm/day]	or [1]		
2	69	0.700	EP	EP(3)
2	70	1.000	EP	EP(4)
2	71	1.300	EP	EP(5)
2	72	1.400	EP	EP(6)
2	73	1.300	EP	EP(7)
2	74	1.100	EP	EP(8)
2	75	1.000	EP	EP(9)
2	76	0.900	EP	EP(10)
2	77	0.700	EP	EP(11)
2	78	0.700	EP	EP(12)), Pot evapotranspiration,
Dec	[mm/day]	or [1]		
2	79	170.00	FC	Maximum soil water content
[mm]				
2	80	0.70	FCDEL	Pot.evapotr when content =
FC*FCDEL	[1]			
2	81	2.00	BETA	Non-linearity in soil water zone
[1]				
2	82	50.00	INFMAX	maximum infiltration capacity
[mm/day]				
2	83			
2	84			
2	85	0.40	KUZ2	Quick time constant upper zone
[1/day]				
2	86	30.00	UZ1	Threshold quick runoff
[mm]				
2	87	0.10	KUZ1	Slow time constant upper zone
[1/day]				
2	88	0.60	PERC	Percolation to lower zone
[mm/day]				
2	89	0.01	KLZ	Time constant lower zone
[1/day]				
2	90	0.00	ROUT	(1), Routing constant (lake area,
km2)				
2	91	0.00	ROUT	(2), Routing constant (rating
curve const)				
2	92	0.00	ROUT	(3), Routing constant (rating
curve zero)				
2	93	0.00	ROUT	(4), Routing constant (rating
curve exp)				
2	94	0.00	ROUT	(5), Routing constant (drained
area ratio)				
2	95	0.50	DECAY	(1), Feedback constant
2	96	0.00	DECAY	(2), Feedback constant
2	97	0.00	DECAY	(3), Feedback constant
2	98	0.17	CE	Evapotranspiration constant
[mm/deg/day]				
2	99	0.0	DRAW	"draw up" constant
[mm/day]				
2	100	60.0	LAT	Latitude
[deg]				
2	101	-0.6	TGRAD(1)	Temperature gradient Jan
[deg/100m]				
2	102	-0.6	TGRAD(2)	Temperature gradient Feb
[deg/100m]				
2	103	-0.6	TGRAD(3)	Temperature gradient Mar
[deg/100m]				

2	104	-0.6	TGRAD(4)	Temperature gradient Apr
[deg/100m]				
2	105	-0.6	TGRAD(5)	Temperature gradient May
[deg/100m]				
2	106	-0.6	TGRAD(6)	Temperature gradient Jun
[deg/100m]				
2	107	-0.6	TGRAD(7)	Temperature gradient Jul
[deg/100m]				
2	108	-0.6	TGRAD(8)	Temperature gradient Aug
[deg/100m]				
2	109	-0.6	TGRAD(9)	Temperature gradient Sep
[deg/100m]				
2	110	-0.6	TGRAD(10)	Temperature gradient Oct
[deg/100m]				
2	111	-0.6	TGRAD(11)	Temperature gradient Nov
[deg/100m]				
2	112	-0.6	TGRAD(12)	Temperature gradient Dec
[deg/100m]				
2	113	20.0	SPDIST	Uniformly distributed snow acc
[mm]				
2	114	120.0	SMINI	Initial soil moisture content
[mm]				
2	115	0.0	UZINI	Initial upper zone content
[mm]				
2	116	30.0	LZINI	Initial lower zone content
[mm]				
2	121	2	VEGT(1,1)	Vegetation type 1, zone 1
2	122	0	VEGT(2,1)	Vegetation type 2, zone 1
2	123	0.0	VEGA(1)	Vegetation 2 area, zone 1
[1]				
2	124	0.9	LAKE(1)	Lake area, zone 1
[1]				
2	125	2	VEGT(1,2)	Vegetation type 1, zone 2
2	126	0	VEGT(2,2)	Vegetation type 2, zone 2
2	127	0.0	VEGA(2)	Vegetation 2 area, zone 2
[1]				
2	128	0.3	LAKE(2)	Lake area, zone 2
[1]				
2	129	2	VEGT(1,3)	Vegetation type 1, zone 3
2	130	0	VEGT(2,3)	Vegetation type 2, zone 3
2	131	0.0	VEGA(3)	Vegetation 2 area, zone 3
[1]				
2	132	0.0	LAKE(3)	Lake area, zone 3
[1]				
2	133	2	VEGT(1,4)	Vegetation type 1, zone 4
2	134	0	VEGT(2,4)	Vegetation type 2, zone 4
2	135	0.0	VEGA(4)	Vegetation 2 area, zone 4
[1]				
2	136	0.0	LAKE(4)	Lake area, zone 4
[1]				
2	137	1	VEGT(1,5)	Vegetation type 1, zone 5
2	138	0	VEGT(2,5)	Vegetation type 2, zone 5
2	139	0.0	VEGA(5)	Vegetation 2 area, zone 5
[1]				
2	140	0.0	LAKE(5)	Lake area, zone 5
[1]				
2	141	1	VEGT(1,6)	Vegetation type 1, zone 6
2	142	0	VEGT(2,6)	Vegetation type 2, zone 6

2	143	0.0	VEGA(6)	Vegetation 2 area, zone 6
[1]				
2	144	0.0	LAKE(6)	Lake area, zone 6
[1]				
2	145	1	VEGT(1,7)	Vegetation type 1, zone 7
2	146	0	VEGT(2,7)	Vegetation type 2, zone 7
2	147	0.0	VEGA(7)	Vegetation 2 area, zone 7
[1]				
2	148	0.0	LAKE(7)	Lake area, zone 7
[1]				
2	149	1	VEGT(1,8)	Vegetation type 1, zone 8
2	150	0	VEGT(2,8)	Vegetation type 2, zone 8
2	151	0.0	VEGA(8)	Vegetation 2 area, zone 8
[1]				
2	152	0.0	LAKE(8)	Lake area, zone 8
[1]				
2	153	1	VEGT(1,9)	Vegetation type 1, zone 9
2	154	0	VEGT(2,9)	Vegetation type 2, zone 9
2	155	0.0	VEGA(9)	Vegetation 2 area, zone 9
[1]				
2	156	0.0	LAKE(9)	Lake area, zone 9
[1]				
2	157	1	VEGT(1,10)	Vegetation type 1, zone 10
2	158	0	VEGT(2,10)	Vegetation type 2, zone 10
2	159	0.0	VEGA(10)	Vegetation 2 area, zone 10
[1]				
2	160	0.0	LAKE(10)	Lake area, zone 10
[1]				

FINIS

Vedlegg C.

Beregninger av strøm gjennom tunnelen i duken

Hastighetsforhold i røret

Dimensjoner

Rørets lengde: 0.3 m

Rørets radius: $R=0.45$ m

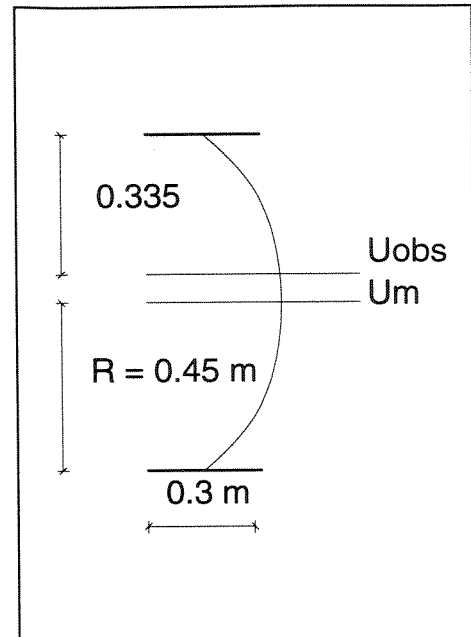
Typisk hastighet: $V = 0.1$ m/s

Vannets kinematiske viskositet (10°C): $\nu = 1.3 \cdot 10^{-6}$ m²/s

Strømningsområde:

$$\text{Reynolds tall: } \mathcal{R} = \frac{VR}{2\nu} = \frac{0.1 \cdot 0.45}{2 \cdot 1.3 \cdot 10^{-6}} = 17000$$

Strømningen ligger klart i det turbulente området - først ved hastigheter godt under 1 cm/s nærmer vi oss det laminære området ($\mathcal{R} < 600$).



Beregningsmåte 1 - forenklet beregning

Benytter et forenklet hastighetsprofil:

$$\frac{U(y)}{U_m} = \left(\frac{y}{R} \right)^{\frac{1}{8}}$$

hvor U_m er maksimalhastigheten i profilet og y avstanden fra veggen.

Integrerer over tverrsnittet for å finne middelhastigheten:

$$\begin{aligned} V &= \frac{U_m}{\pi R^2} \int_0^R (R-y) \cdot 2\pi \left(\frac{y}{R} \right)^{\frac{1}{8}} \cdot dy \\ &= 2U_m \left[\frac{8}{9} \left(\frac{y}{R} \right)^{9/8} - \frac{8}{17} \left(\frac{y}{R} \right)^{17/8} \right] \\ &= 2 \cdot \frac{8}{9} U_m - 2 \cdot \frac{8}{17} U_m = 1.78 U_m - 0.94 U_m = 0.84 U_m \end{aligned}$$

Når vi observerer 0.115 m fra rørets senterlinje, blir forholdet mellom observert hastighet U_{obs} og senterlinjehastigheten U_m :

$$U_{obs} = U_m \left(\frac{0.335}{0.45} \right)^{\frac{1}{8}} = 0.96 U_m$$

- og mellom observert hastighet og middelhastigheten:

$$V = 0.84 \cdot U_m = 0.84 \frac{U_{obs}}{0.96} = 0.875 \cdot U_{obs}$$

Beregningsmåte 2 - tradisjonell rørhydraulikk

(etter Engelund & Pedersen: Hydraulikk. Det private ingeniørfond, København 1982)

Antar at røret er "glatt" hydraulisk (det vil si at det laminære grenseskikt er dypere enn ujevnheter i veggen).

I følge Blasius formel er friksjonsfaktoren f da:

$$f = \frac{0.0557}{R^{0.25}} = 0.005$$

"Friksjonshastigheten" U_F blir:

$$\sqrt{\frac{2}{f}} = 3.7 + 2.45 \ln \frac{U_F \cdot d}{4\nu}$$
$$\ln \frac{U_F \cdot d}{4\nu} = \frac{16.3}{2.45}$$
$$U_F = \frac{4\nu}{d} e^{6.7} = 0.005 \text{ (m/s)}$$

Dybden av det laminært grensesjikt er:

$$\delta = 11.7 \frac{\nu}{U_F} = 0.003 \text{ (mm)}$$

Forutsetninger om glatt rør gjelder dermed dersom korntørrelsen er mindre enn 1 mm.

Hastighetsprofilen for et glatt rør er (tilnærmet)

$$\frac{U(y)}{U_F} = 5.7 + 2.45 \ln \frac{U_F \cdot y}{\nu}$$

Middelhastigheten er (finnes med integrasjon over tverrsnittet):

$$\frac{V}{U_F} = 2 + 2.45 \ln \frac{U_F \cdot R}{\nu}$$

Kontrollregning for den aktuelle situasjonen: $\frac{V}{U_F} = 2 + 2.45 \ln \frac{0.005 \cdot 0.9}{2 \cdot 1.3 \cdot 10^{-6}} = 20$
 $\Rightarrow V = 0.1 \text{ (m/s)}$

Forholdet mellom senterhastighet og friksjonshastighet:

$$\frac{U_m}{U_F} = 5.7 + 2.45 \ln \frac{U_F \cdot 0.45}{\nu} = 24$$

Forholdet mellom middelhastighet og senterhastighet blir dermed:

$$V = 20 \cdot U_F = 20 \cdot \frac{U_m}{24} = 0.83U_m$$

Hastighet i målepunktet:

$$\frac{U_{obs}}{U_F} = 5.7 + 2.45 \ln \frac{U_F \cdot 0.045}{\nu} = 23$$

Dermed får vi for forholdet mellom middelhastighet og målt hastighet:

$$V = 0.87U_{obs}$$

Oppsummering

Vi ser at de to beregningsmåtene gir omtrent samme resultat, og det teoretiske hastighetsprofilen endrer seg så lite omkring målepunktet at mindre unøyaktigheter her spiller mindre rolle. Usikkerheten er først og fremst knyttet til at flensen er så kort at det er tvilsomt om det blir etablert et stabilt hastighetsprofil som tilsvarer de teoretiske profilene - Nikuradse brukte i sine berømte forsøk en tilløpsstrekning på 50 ganger rørdiameteren for å være sikker på å ha uniform strøm. Det er svært vanskelig å beregne hvordan og hvilken retning dette vil påvirke resultatene, det må eventuelt undersøkes ved direkte målinger.

Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,
oppgi løpenummer 3514-96

ISBN 82-577-3057-2