

Til:

NVE Region Øst ved Roar Øvre

Fra:

Vannområdeutvalget Morsa ved Helga Gunnarsdóttir

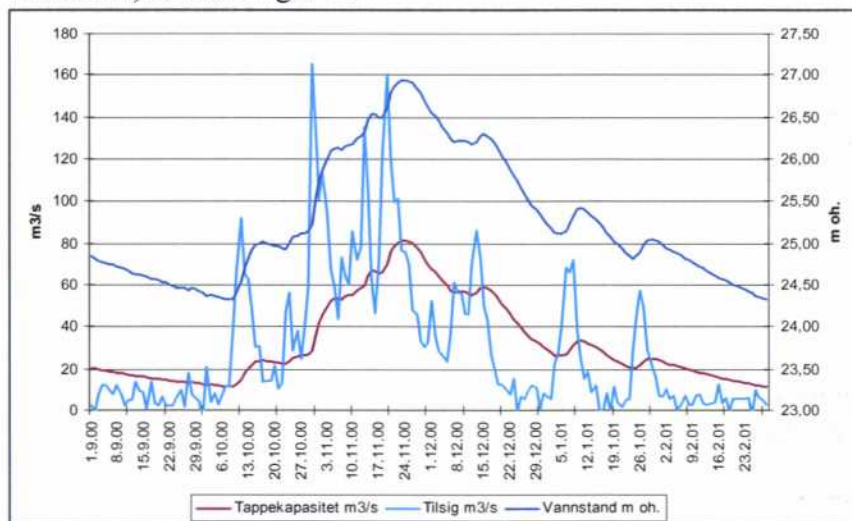
Dato: 26.03.2010**Notat: Konsekvenser av Vansjø-flommen 2000 med hovedvekt på vannkvaliteten****1 Innledning**

På anmodning fra henholdsvis Vansjø kommunene; Moss, Rygge, Råde og Våler og Vannområdeutvalget Morsa (brev datert 19.2.07) har NVE igangsatt arbeid med flomsonekart for Vansjø. På møte med Vansjøkommunene høsten 2009 ble Vannområdeutvalget Morsa anmodet om å sette sammen et notat som sammenstiller konsekvensene av flommen i 2000. I notatet legges hovedvekten på hvordan flommen påvirket vannkvaliteten. Andre forhold som er belyst er; effekt på avløpssystemet (pumpestasjoner), hvor mye jordbruksareal som ble oversvømt, skader på infrastruktur (landbruksrelatert) og avling, hvilke veier som var stengt og hvor lenge samt boliger som ble fraflyttet. Notatet belyser videre risiko for tap av P fra jordbruksarealer, hvordan og hvorfor flommen ikke lot seg regulere bort, samt hvilken betydning større utløpskapasitet ville hatt på flommens forløp.

Det faglige grunnlaget er grundig overvåkings- og undersøkelsesprogram i innsjøen som finansieres av KLIF tidligere SFT (Skarbøvik m flere, 2008, 2009, 2010), et notat av Øgaard (2009) om risiko for tap av fosfor ved flom i Vansjø, samt et notat fra GLB (2009) om flommens forløp og effekt av større utløpskapasitet. Vansjøkommunene har gitt opplysninger om konsekvenser på pumpestasjoner, veier, og boliger, samt jordbruksarealer og utbetalinger fra naturskadefondet. Notatene er vedlagt (vedlegg 1-4).

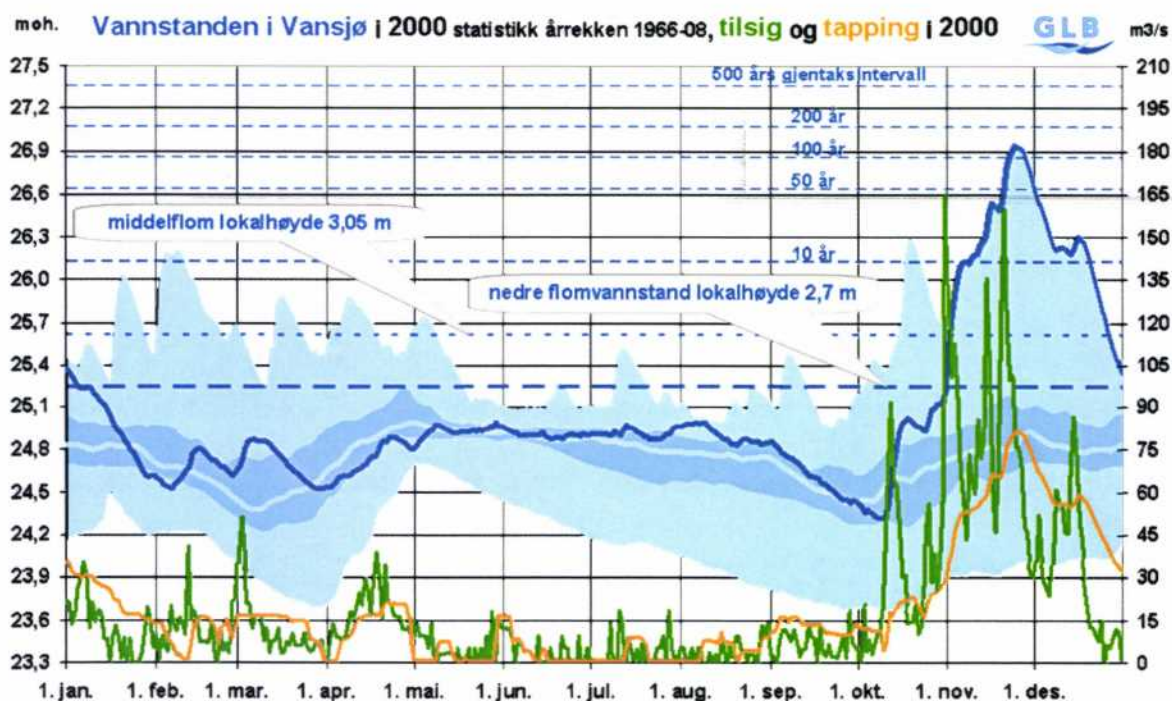
2 Beskrivelse av flomforløpet

Flommen høsten 2000 startet 23. oktober, da det kom ca 20 mm nedbør, og kulminerte 23. november på 26,94 m. I denne perioden kom det ca 400 mm nedbør mot normal 100 mm. Observert tilsig (totalt tilført vann til Vansjø), observert vannstand og tappekapasitet (maksimal tapping fra Vansjø ved observert vannstand) er vist i figur 1.

**Figur 1.** Observert tilsig, observert vannstand og maksimal tappekapasitet for Vansjø. GLB

Figur 1 viser tydelig at det stort sett i hele oktober og november er et mye høyere tilsig enn tappekapasiteten, som resulterer i nesten kontinuerlig stigende vannstand gjennom hele perioden. Høsten 2000 kulminerte flomvannstanden i Vansjø på 26.94 meter, en flomvannstand med beregnet gjentaksintervall mellom 100-150 år og den desidert høyeste flommen som er observert (60 cm høyere enn nest høyeste flom). Flomobservasjonene går fra 1903-1940 og fra 1966 – d.d. (NVE-rapport 3-2008).

Figur 2 viser observert tilsig, tapping og vannstand for Vansjø i 2000. Midlere flomvannstand og flomvannstander for ulike gjentaksintervaller er angitt med stiplede linjer. Merk at middelflom opptrer allerede på lokalhøyde 3,05 m mens HRV er på 2,95 m og nedre flomvannstand opptrer på lokalhøyde 2,7 m ved Rødsund bru. For ytterligere opplysninger vises det til GLBs notat (vedlegg 4).



Figur 2. Observert tilsig, tapping og vannstand samt beregnet vannstand for Vansjø i 2000. Midlere flomvannstand og flomvannstander for ulike gjentaksintervaller er angitt med stiplede linjer.

3 Virkninger av flommen

Flommen varte i over 3 måneder og hadde en rekke negative konsekvenser i lokalmiljøet og på vassdraget. I avsnittene nedenfor er det sammenstilt oversikt over konsekvenser av flommen på avløpsanlegg, jordbruksarealer, veier, boliger og vannkvaliteten.

3.1 Avløpsanlegg

I tabell 1 er det sammenstilt oversikt over pumpestasjoner for avløpsvann som ble satt ut av drift under flommen. Da flommen var på topp gikk kloakken fra drøyt 5000 mennesker rett ut i innsjøen eller Mosseelva. På bakgrunn av oversikt fra kommunene over hvor lenge pumpene sto stille, antall personekvivalenter (PE) og med en antatt fosforproduksjon på 1,6 g/døgn/person, er mengde fosfor tilført innsjøen og Mosseelva forsøkt beregnet. Da både dager uten drift og antatt fosforproduksjon er

et minimumsestimat må en kunne anta at tilført avløpsfosfor er i størrelsesorden 350-500 kg P. Ut i fra minimumsestimatet fordeler dette seg slik: 5 kg P til Storefjorden, 260 kg til vestre Vansjø og 85 kg P til Mosseelva. Fosfor fra urensset avløpsvann er meget lett tilgjengelig for alger. I tillegg til fosfor var det store mengder nitrogen og organisk materiale som også ble tilført innsjøen og Mosselva. En del av dette kan ha anriket sedimentene i innsjøen og bidratt til algeoppblomstringer de etterfølgende somre.

Tabell 1. Oversikt over pumpestasjoner som ble satt ut av drift og antatte forforutslipp

Pumpestasjon	Periode*	Dager uten drift	Antall PE	Fosfor ut kg P
Våler til vestre Vansjø			2040	183
PA Rødsund	02.11-28.12	56	2040	$114240 \times 0,0016 = 183$
PA Sperrebotn	02.11-28-12	56	Rødsund	
Moss til Mosselva			1400	57
PA 256 Nore	50 cm	Ca 35	50	$1750 \times 0,0016 = 2,8$
PA 243 Eika	20-30 cm	Ca 25	1150	$28750 \times 0,0016 = 46,0$
PA 262 Fluav	20-30 cm	Ca 25	150	$3750 \times 0,0016 = 6,0$
PA 252 Holmen	20-30 cm	Ca 25	50	$1250 \times 0,0016 = 2,0$
PA 247 S. Elvegata	20-30 cm	Ca 25	Se PA 243	-
PA 249 Onstad	20-30 cm	Ca 25	Se PA 243	-
PA 246 Krappfoss	20-30 cm	Ca 25	Se PA 243	-
PA 245 N. Elvegata	20-30 cm	Ca 25	Se PA 243	-
Rygge til Mosseelva			500	30
P 430 Hananbukta	20.11-27.12	37	500	$18500 \times 0,0016 = 29,6$
P 431 Hananveien	20.11-27.12	37	Se P 430	
P 433 Storebaug	20.11-27.12	37	Se P 430	
Rygge til vestre Vansjø			950	77
P 412 Årvold	06.11-27.12	51	950	$48450 \times 0,0016 = 77,5$
Råde til Storefjorden			250	5,5
PA Karlshus		Ca 14	Ca 200	$2800 \times 0,0016 = 4,5$
PA Oksenøya		Ca 14	Ca 50	$700 \times 0,0016 = 1,1$
Totalt			5140	352,5

* Gjelder enten tidsperiode eller er relatert til flomtoppen

Siden flommen er det gjennomført tiltak på de fleste pumpestasjonene som gjør at de tåler høyere vannstand enn tidligere.

3.2 Jordbruksarealer

Direkte skader

I Våler kommune ble litt i underkant av 3000 daa jordbruksareal satt under vann. Per gårdsbruk varierte arealet mellom 5 og 300 daa. En oversvømmelse på 300 daa per gård vil i praksis si at hele gårdens jordbruksareal har vært oversvømmet. I de øvrige Vansjø-kommunene er oversvømte flomarealer på henholdsvis 720 daa i Moss, 485 daa i Rygge og 420 daa i Råde. Til sammen var det derfor ca 4600 daa dyrket mark som var direkte oversvømmet. I tillegg til dette var det store jordbruksarealer som i en lang periode var "vass-sjuke" dvs at grunnvannstanden var meget høy (sto opp til jordoverflaten).

Landbrukskontoret i Våler har sammenstilt oversikt over de som meldte om naturskade etter flommen i 2000, se vedlegg 1 og 2. Hver enkelt skade ble taksert av lensmannsskønnet våren 2001 og den totale innmeldte skaden var på ca kr 650.000. Ikke alle ble innvilget erstatning av styret i

Naturskadefondet. Dette fordi mange av takstene inneholdt erstatning for utgått høsthvete. Skader i høstsådd korn var ikke erstatningsberettiget. Totalt var det skader for ca kr 260.000 som ble innvilget erstatning. Dette gjelder skader på inndemningsanlegg, veier, broer og hydrotekniske anlegg. Ved en lignende flom før eller under vekstsesongen ville skadene bli mangedoblet.

3.3 Veier og boliger

Følgende oversikt er utarbeidet på bakgrunn av opplysninger fra kommunene.

Råde

Veien til Karlshus bruk, Oksenøyaveien og Langøyaveien var stengt i ca 14 dager

Rygge

I perioder under flommen ble Hananvegen i Rygge stengt ved Hananbukta. Omkjørings-alternativ via Hananbakken ble etablert og det var således kun en håndfull boliger som fikk sine biladkomster sperret.

Moss

Mens flommen var på topp gikk vannet inn på riksvei 120 til Våler ved Gashus, rett før Rødsund bro. Det ble laget sandsekkdemninger ved innfartsveien til Moss (ved Nesparken) og ved Mossefossen.

Våler

Følgende veier i Våler var stengt i ca en måned: Riksveg 120 var stengt ved Kjesebotn og fylkesveien gjennom Vassbygda var stengt ved Bjørnerød bru. Av kommunale veier var følgende stengt: Sønsterødveien ved Sperbund og ved båtutsettingsplassen ved Dillingøy, Mosserosveien ved Mosseros, Guthusveien stengt ved Guthus og Roosveien. Av private veier var følgende stengt: Gårdsveien til Lødeng og gårdsveien ved Kilen.

På de kommunale veiene ved Sperbund og Guthus ble det kjørt på masser slik at veiene ble kjørbare i løpet av noen dager. Ca 20 husstander fikk sin adkomst helt stengt lenger enn en uke.

En boligeiendom i Våler Mosserosenga ble fraflyttet i flere (ca 3) måneder.

4 Risiko for tap av fosfor fra jordbruksarealer ved flom i Vansjø

Det forefinnes ingen undersøkelser som viser hva flom i Vansjø faktisk betyr for tap av fosfor til Vansjø fra jordbruksarealer, og det er vanskelig å finne internasjonal litteratur som er relevant for forholdene rundt Vansjø. Bioforsk har utarbeidet et notat om temaet (vedlegg 3). Det bygger derfor på kunnskap Bioforsk har om delprosesser som kan være av betydning under en flomsituasjon.

Utlekkingsprosesser av fosfor fra jorda er viktigst når det gjelder tap av fosfor i forbindelse med flom i Vansjø. Ved oversvømmelse av jordbruksarealer kommer flomvann i direkte kontakt med jord som er mye mer fosforrik enn jord på udyrka arealer. I tillegg vil det på dyrka mark ofte være lite vegetasjon som beskytter jorda mot vannets påvirkning. Nedenfor følger et utdrag av notatet til Øgaard (2009) med oversikt over de viktigste prosessene.

Utløsning av fosfor fra planterester og gjødsel på jordoverflaten

Flom som oppstår like etter såing og gjødsling kan gi ekstra store fosfortap. Ved oversvømmelser av vegetasjonsdekket mark er det derfor stor risiko for å tape fosfor etter frost. Fosforkonsentrasjonen i

graset øker med økende P-AL tall i jorda og økende fosforgjødsling, slik at muligheten for tap av fosfor fra eng ved oversvømmelse er størst der P-AL tallene er høye.

Mulig effekt av oversvømmelse på frigjøring av P fra jord

Mengden fosfor som er i løsning i jord er styrt av likevektskonsentrasjonen. Ved flom kommer overflatejorda i kontakt med store mengder vann som har en lavere konsentrasjon av løst P enn likevektskonsentrasjonen i jorda. Følgelig vil jordpartiklene gi fra seg fosfor til flomvannet. I en laboratoriestudie er det vist at en betydelig mengde partikkelbundet fosfor ble løst når jorda kom i kontakt med mye vann (Øgaard, 1995). Jordas P-AL tall hadde stor betydning for mengden fosfor som ble løst ut.

Risiko for anaerobe forhold under flom

Et spørsmål i forbindelse med oversvømmelse av dyrka jord er om det oppstår anaerobe forhold som fremmer utløsningen av fosfor fra jorda på grunn av reduksjon og oppløsning av jernoksider. Biologiske oksygenforbrukende prosesser er viktig i forhold til om det oppstår anaerobe forhold. Temperatur og tilgang på lett omsettelig organisk materiale er viktig i forhold til hvor fort oksygenet brukes opp. I tillegg har oksygenutveksling med vannet/lufta betydning.

Ved flom i vinterhalvåret vil lav temperatur føre til at biologiske oksygenforbrukende prosesser er relativt langsomme. En kan derfor anta at reduksjon av jernoksider og tilhørende frigjøring av fosfor er av mindre betydning ved oversvømmelse i vinterhalvåret. I sommerhalvåret er det større risiko for frigjøring av fosfor fra jord på grunn av reduksjon av jernoksider, spesielt i jord med høyt innhold av organisk materiale som gir grunnlag for stor mikrobiell aktivitet.

Drenering av flomvann

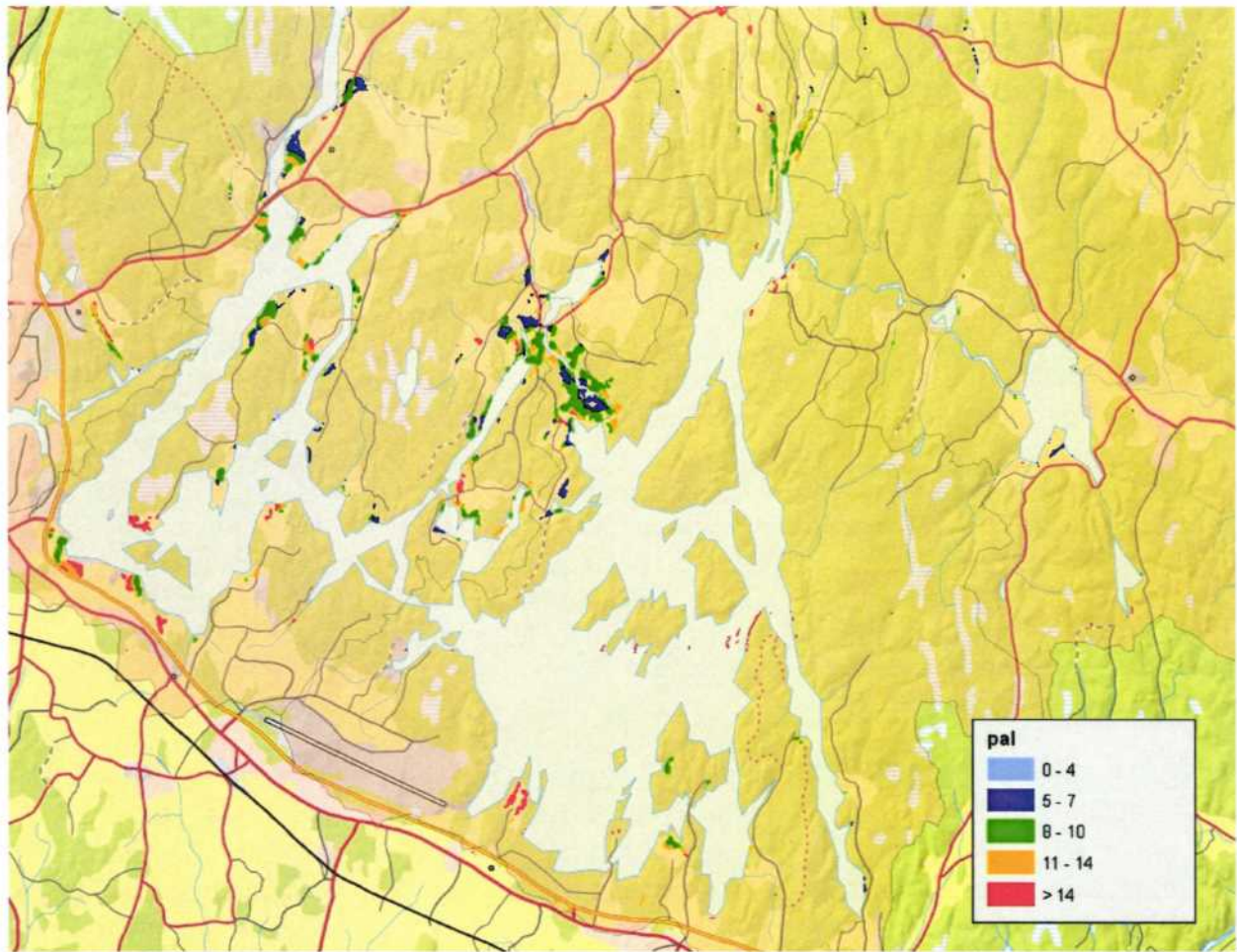
Det er mangelfull kunnskap om fosfortap til resipient i forbindelse med drenering av flomvann. Ved stående vann på leirjord vil jordstrukturen kollapse slik at jorda lett blir oppslemmet i vannet. Når overflatevann og porevann i jorda renner bort når en flom trekker seg tilbake, er det en risiko for at oppslemmet jordmateriale følger vannstrømmen. Med jorda følger også partikkelbundet fosfor. I jordas poresystem kan det foregå en intern erosjon ved gjennomstrømning av vann. Det forventes at gjennomstrømningen av poresystemene som drenering av oversvømmelsesvann vil medføre, vil kunne øke den interne erosjonen i jorda og tap av jordmateriale via grøftesystemet.

Jordtype og P-AL nivå på flomutsatte arealer rundt Vansjø

Arealene som var oversvømt i 2000 flommen er tatt med i denne vurderingen. Jordtypekart og P-AL kart er sammenholdt med kart over flomsone høsten 2000. Bare en mindre del av de dyrka arealene som var oversvømt i 2000 består av organisk jord. En del av den organiske jorda mellom E6 og vestre Vansjø har imidlertid P-AL i klasse Høyt og Meget høyt og vurderes til å ha spesielt stor risiko for å tape fosfor ved en flomsituasjon. På Raet er det ellers en veksling mellom sandjord og leirjord på de flomutsatte arealene og P-AL tallene er for det meste i klassene Høyt og Meget høyt. Risiko for utlekking av fosfor ved oversvømmelse av disse arealene vurderes som høy.

De flomutsatte arealene i Våler kommune har hovedsakelig leirjord. P-AL tallene er for det meste i klassen Moderat høyt, men det er også arealer i klassene Middels og Høyt. Kun en liten del av arealene i Våler som ble oversvømt i 2000 har P-AL i klassen Meget høyt. Risikoen for tap av løst fosfor er derfor mindre her sammenlignet med sandjordsarealene langs Raet. På grunn av hovedsaklig leirjord er det imidlertid større risiko for tap av partikulært bundet fosfor på disse arealene. Hvor stor betydning dette har er avhengig av strømningsforholdene på de oversvømte arealene. Ved strøm er det risiko for at leirpartikler med fosfor slemmes opp i vannet og følger vannstrømmen. I jord anrikes fosfor på de minste partiklene, slik at leirpartiklene som følger med vannstrømmen vil ha høyere

fosforkonsentrasjon enn det en finner i en usortert jordprøve. I leirjord finner en også generelt en høyere total fosforkonsentrasjon enn i sandjord ved samme P-AL tall. Dette betyr at en ikke kun kan se på P-AL tallene når en skal vurdere risikoen for fosfortap.



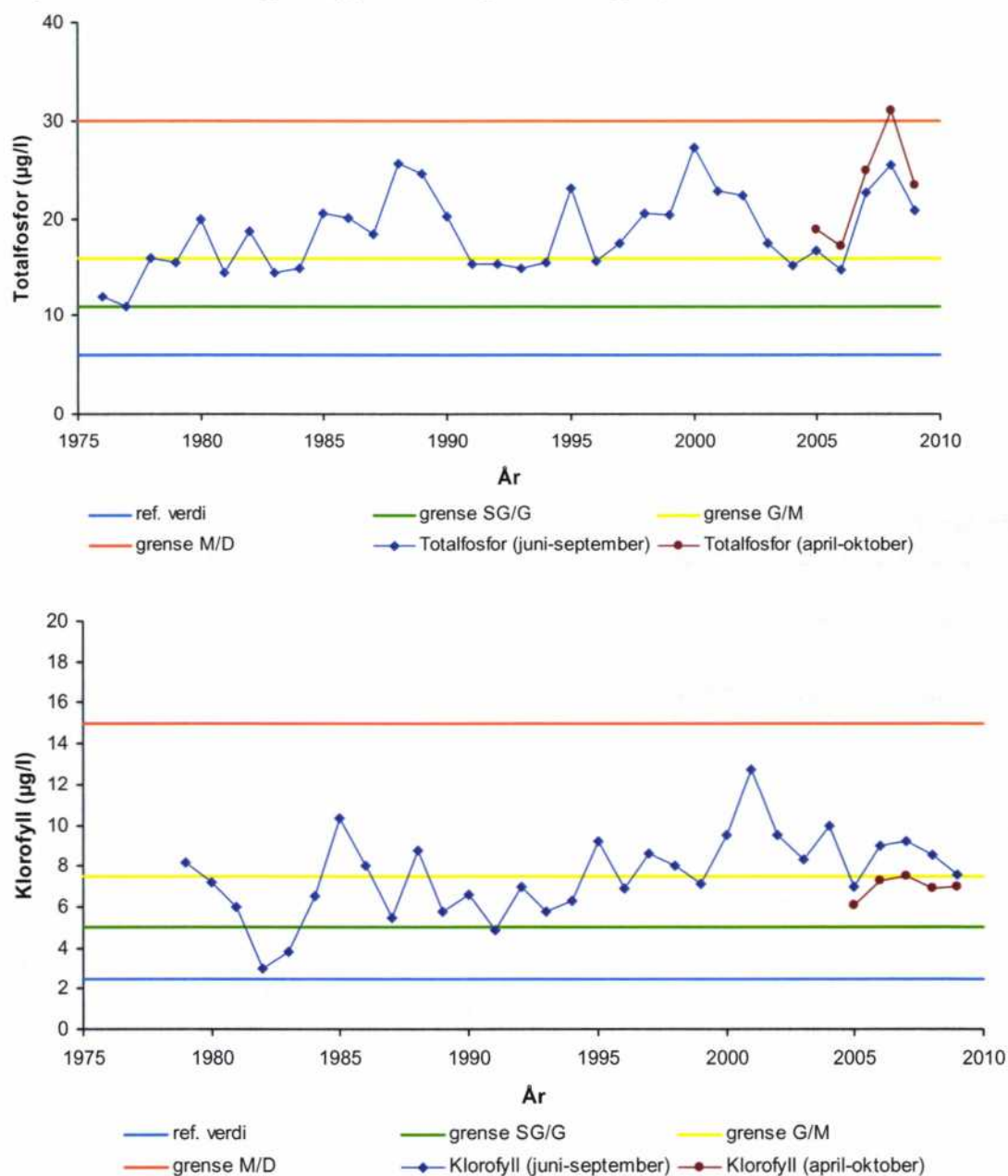
Figur 3. Kart med P-AL på arealer som var oversvømt i 2000. I tillegg til disse arealene var det store arealer som "stod i vann" opp til overflaten selvom de ikke direkte var oversvømt.

Så langt sammendrag av Øgaards notat. Som er oppsummering kan en slå fast at det er betydelig risiko for store tap av løst og partikkelbundet fosfor fra jordbruksarealer som oversvømmes av en innsjø. Basert på beregnet mengde løst fosfor som frigjøres til flomvann ved ulike P-AL tall (Tabell 1 i Øgaards notat) og daa flomareal kan en anslå at i størrelsesorden 1000 kg løst fosfor potensielt ble tilført Vansjø fra direkte oversvømte arealer. I tillegg til disse arealene var det omfattende arealer som "stod i vann" opp til overflaten selvom de ikke direkte var oversvømt. Også disse hadde et stort potensiale for å tilføre innsjøen løst fosfor. I tillegg til tap av løst fosfor var det også en betydelig transport av partikler som var anriket med fosfor.

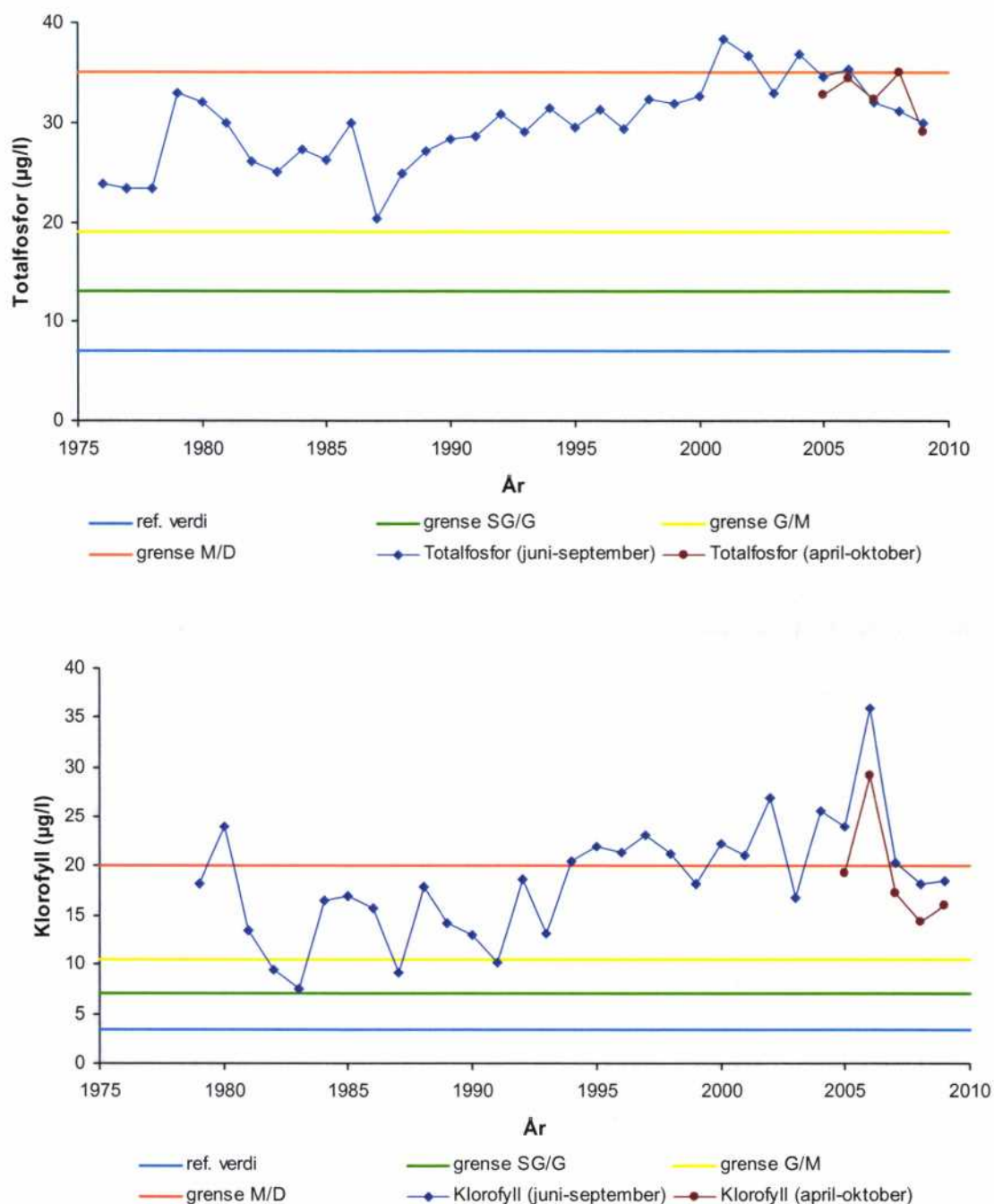
5 Konsekvenser for vannkvaliteten i Vansjø

Som forventet hadde flommen store konsekvenser for vannkvaliteten i innsjøen selv om alle konsekvensene ikke kom til syne umiddelbart. Figur 4 viser fosfor og klorofyllverdiene i Storefjorden fra 1976-2009 (Skarbøvik et al 2010). I Storefjorden ble de høyeste klorofyllverdiene som er målt noen gang, observert sommeren 2001, klorofyll er mål på algevekst. Fosforverdiene var imidlertid

relativt normale. Algesammensetningen var på sommeren dominert av cryptomonader og Gonyostomum semen og en oppblomstring av kiselalger på høsten.



Figur 4. Utvikling av fosfor og klorofyll i Storefjorden fra målingene startet til 2009.



Figur 5. Utvikling av fosfor og klorofyll i Vanemfjorden fra målingene startet til og med 2009.

Figur 5 viser klorofyll og fosforverdiene i Vanemfjorden, som er målestasjonen for det vestre Vansjø-bassenget. Her viser målingene at det skjedde en kraftig økning av fosforverdiene i 2001, mens klorofyllverdiene ikke var påfallende høye sommeren 2001. Algesammensetningen hadde imidlertid et økende innhold av blågrønnalger utover sommeren. Da det i begynnelsen av august 2001 ble tatt prøver av algegift viste det seg at vannet i vestre Vansjø inneholdt til dels store mengder algegift (Microcystin). På bakgrunn av dette frarådet kommunelegen befolkningen å bade i vestre Vansjø og Mosseelva (Nesparken).

Det var imidlertid særlig fra sommeren 2004 at de giftige blågrønnalgene slo til for fullt slik at de farget innsjøen irrgønn store deler av sommeren og hver sommer til og med sommeren 2007. I praksis kan en si at det var "badeforbud" i vestre Vansjø og Mosseelva (Nesparken) fra og med august 2001 til og med august 2007.

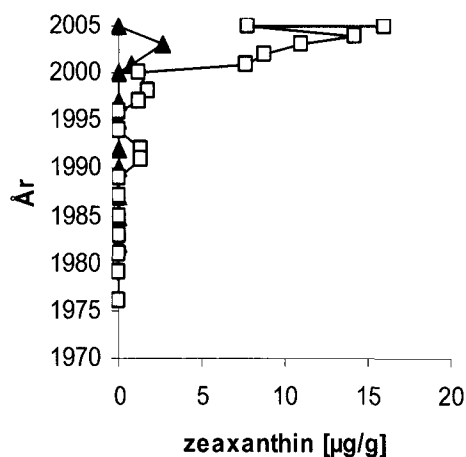


Figur 6. Algeblomst i vestre Vansjø sommeren 2004. Foto: Knut Bjørndalen

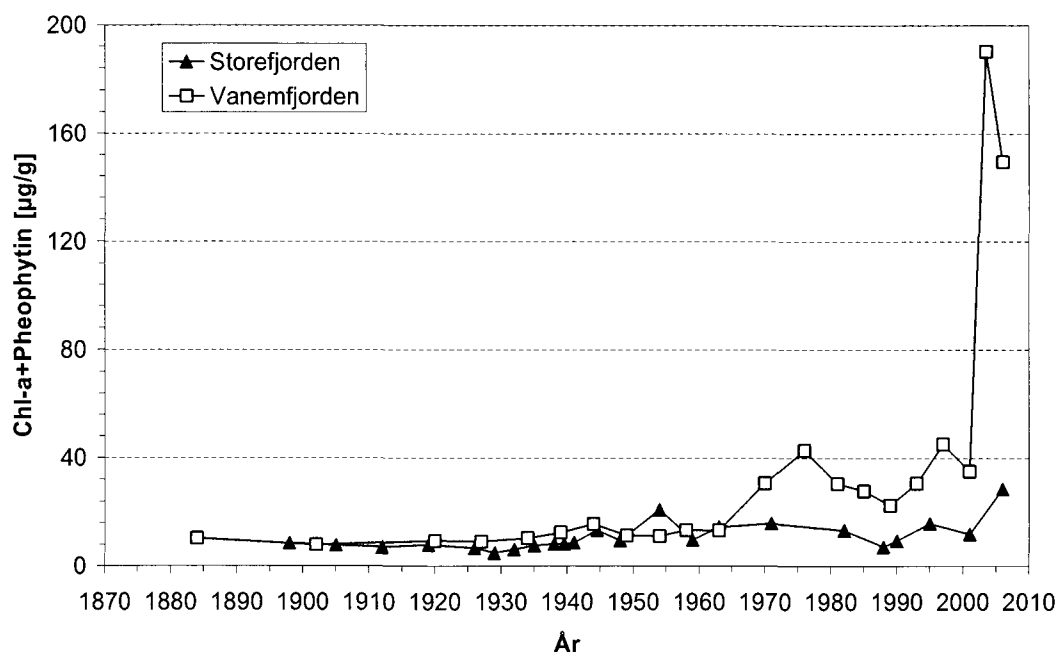
Som det framgår av langtidsseriene for klorofyll og fosfor i vestre Vansjø er det mye som tyder på at det skjedde en forverring av vannkvaliteten på 2000-tallet. I Vanemfjorden var fosforinnholdet svakt økende mellom 1985 og 2000. Flommen i 2000 medførte en kraftig økning. Etter 2001 har fosforkonsentrasjonen sunket igjen. Dette peker på at flomhendelser kan ha en eutrofieringseffekt som påvirker vannkvaliteten og motvirker tiltak i mange år (Skarbøvik et al 2010).

Rundt 2005 var ikke overvåkningsdata fra innsjøen entydige i retning av at endringene etter 2000 skyltes flommen. I 2005-2006 ble det imidlertid foretatt en undersøkelse av sedimentkjerner i begge Vansjøbassengene for å undersøke naturtilstanden og eutrofiutviklingen. Figur 7 og 8 viser eksempel på utvikling av noen av de undersøkte parametrene; zeaxanthin som er algepigmenter etter de mest eutrofe blågrønnalgeslektene og klorofyll a/Phelophytin.

For Storefjorden var endringene etter 2000 relativt svake, men tyder på en kortvarig økning av algerester. For Vanemfjorden viste de "målte parametrene en nærmest eksplosiv eutrofieringsutvikling etter år 2000: kraftig økning i akkumulasjonsrate og i % organisk karbon, svært lavt C/N forhold, kraftig økning i klorofyll og minimal nedbrytning i klorofyll, kraftig økning i næringskrevende algeklasser: grønnalger, euglenophyceer og *Microcystis*, samt store mengder av en vannloppeart som indikerer meget næringsrike forhold" (Lyche Solheim et al 2006).



Figur 7. Historisk utvikling (1975-2005) av zeaxanthin (algepigmenter etter de mest eutrofe blågrønnalgeslektene). Lyche Solheim et al 2006.



Figur 8. Historisk utvikling (ca 1880-2006) av total algebiomasse (klorofyll a og pheophytin) i de to Vansjøbassengene (Hobæk, A. et al 2009).

Disse resultatene og den videre utvikling i vestre Vansjø tyder på at innsjøen etter flommen 2000 "vippet over" til en mer eutrof tilstand med massive oppblomstringer av blågrønnalgen *Microcystis* (Jfr tilsvarende erfaringer fra Danmark) – en algesituasjon som tidligere ikke var påvist i innsjøen.

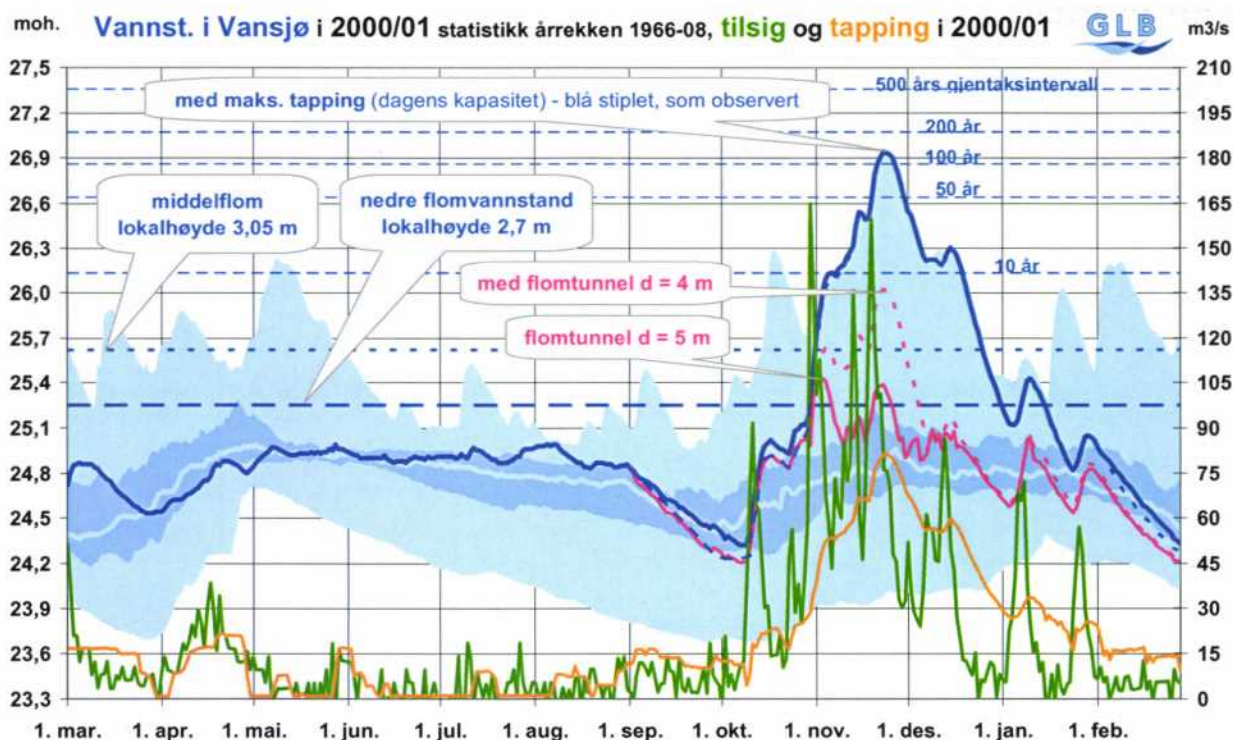
Somrene 2007-2009 ble det påvist en nedgang i mengden med blågrønnalger. Dette skyldes mest sannsynlig økt erosjon pga nedbør og påviste ras i nedbørfeltet som medførte dårligere lysforhold for blågrønnalgene. Både *Microcystis* og *Anabaena* er avhengig av gode lysforhold. En slik nedgang i mengden av disse blågrønnalgene kan imidlertid være en kortvarig hemning av algeveksten pga

mangel på lys, men fosfortransporten ut i vassdraget kan gi et generelt økt potensial for økt algevekst og algemengde.

6 Effekt av økt utløpskapasitet fra Vansjø

Glommen og Lågen Brukseierforening (GLB) som forestår reguleringen av Vansjø har på oppdrag fra Vannområdeutvalget Morsa utarbeidet et kort notat, se vedlegg 4. Notatet fokuserer på flommen i 2000 og hva som er mulig å oppnå ved bedre regulering (nedtapping før flom) og hvilken effekt en flomtunnel på henholdsvis 4 og 5 meters diameter ville hatt. På sikt kan disse resultatene også utvides til å vise effekt av å utvide løpet i Mosseelva eventuelt i kombinasjon med en kort tunnel.

Notatet viser at en nedtapping før flommen ville hatt ubetydelig effekt. Selv om man hadde klart å senke vannstanden i september ned til den laveste observerte vannstand siden 1966 (23.67 moh. – 1.12 m) ville kulminasjonsvannstanden høsten 2000 bare blitt ca 3 cm lavere enn den observerte. Dette understreker det som under forsøkene med manøvreringsreglementet har vært GLBs budskap: At det ikke er mulig å regulere seg vekk fra flommene i Vansjø. Den eneste muligheten for å unngå flom er å utvide utløpskapasiteten.



Figur 9. Observert tilsig, tapping og vannstand samt beregnet vannstand for Vansjø 1.1.2000-28.2.2001. Beregnede verdier er utført med full tapping, med og uten bruk av flomtunnell (4 el 5 m diameter). Midlere flomvannstand og flomvannstander for ulike gjentakintervaller er angitt med stiplede linjer.

Dagens tappekapasitet varierer mellom 25 og 60 m³/s avhengig av vannhøyde. En flomtunnel på 4 meter i diameter ville økt kapasiteten med 36 m³/s og en tilsvarende tunnel på 5 m i diameter ville økt kapasiteten med 65 m³/s. Kulminasjon av flommen høsten 2000 ved bruk av flomtunnel med 4 meter i diameter er beregnet til 26.04 moh. (3,49 m) dvs 90 cm under den observerte vannstanden og under 10 års flom. Ved bruk av flomtunnel med 5 meter i diameter gir beregningen en kulminasjonsvannstand

på 25.34 moh. (2,79 m) eller 1,60 meter under den observerte vannstanden, hvilket er i nærheten av nedre flomvannstand (2,70 m).

7 Kostnader for å bedre vannkvaliteten Vansjø

I perioden 1999-2009 er det gjennomført avløpstiltak for 360 millioner i den delen av Morsa-kommunene som drenerer til Vansjø. Det har ført til en fosforreduksjon på ca 1,7 tonn fosfor.

I jordbruket er det dessuten gjennomført tiltak for over 100 millioner kroner i samme periode med en effekt på ca 5 tonn redusert fosfor. I tillegg til dette kommer store administrative kostnader hos kommunale og regionale myndigheter.

I forvaltningsplan for vannregion Glomma med tiltaksprogram er det beregnet at det skal gjennomføres avløpstiltak i nedbørfeltet til Vansjø for ytterligere ca 250 millioner. Jordbrukstiltakene er anslått å koste ca 15 millioner i årlige tiltak og ca 30 millioner i investeringer. Totalt vil derfor avløps- og jordbrukstiltak i perioden 1999-2015 bli på nærmere en milliard kroner. Tiltak for å dempe flom i Vansjø og erosjon i elvene er grovt anslått til henholdsvis 70 og 73 millioner.

Det er grunn til å anta at hvis en hadde unngått oversvømmelsene rundt Vansjø høsten 2000 ville en tidligere sett resultater av de meget kostbare tiltakene som er gjennomført. Sannsynligvis ville en heller ikke fått de massive oppblomstringene av giftige blågrønnalger som hjemsøkte innsjøen og førte til "badeforbud" syv år på rad. Sett i lys av det og andre kostnader knyttet til samfunnssikkerhet og beredskap er det mulig at det er samfunnsøkonomisk lønnsomt å finne en permanent løsning på flomproblemene i Vansjø.

Vedlegg 1

TAKSTER OG ERSTATNING VED FLOM I VANSJØ 2000

Navn	Takst	Innvilget erstatning	Type skade	Utbetalt
Arne Rognlien	119.531	75.422	Demning	Ja
Eilert Paulshus	24.707	2.097	Dyrket mark/vei	Ja
Hans Guthus	2.400	0		
Knut Erik Hersleth	6.300	0		
Otto Roer	37.607	28.566	Vei	Ja
Tore Ørmen	4.750	0		
Øivind Weel	12.317	7.070	Vei	
Alf Hovland	48.305	0		
Erik Aastorp	91.025	48.387	Demning	Ja
Kristian Navestad	2.200	0		
Trond Pettersen	8.000	0 (hytte-eiendom)		
Øivind Aannerød	30.600	1.445	Dyrket mark	
Anna Weel Johnsen	1.125	0		
Asbjørn Lundebø	7.741	0		
Frode Lippert	27.396	0		
Karl Edv. Thalberg	10.783	5.766	Dyrket mark	Ja
Ola B. Simonsen	12.800	8.000	Bro	Ja
Stein Dramstad	11.200	0		
Trygve Wetlesen	9.650	4.803	Hydroteknisk	
Arne Hermansen	26.775	0		
Dillingøy Fellesvei	24.729	17.600	Vei	Ja
Gunnar Kjærnes	14.092	0		
Ole H. Aannerød	8.065	510	Hydroteknisk	
Sven Toverud	5.005	0		
Øivind Paulshus	91.000	60.585	Demning	Ja
Totalt		260.251		

I tabellen over er listet opp de som meldte om naturskade etter flommen 2000. Hver enkelt skade ble taksert av lensmannsskjønnen våren 2001. Ikke alle ble innvilget erstatning av styret i naturskadefondet. Dette fordi mange av takstene inneholdt erstatning for utgått høsthvete. Skader i høstsådd korn var ikke erstatningsberettiget.

Skadene som fikk erstatning, er skader på inndemningsanlegg, veier, broer og hydrotekniske anlegg.

Vedlegg 2

Oversvømt areal ved flom i 2000.

Gårdsnavn	Da		Gårdsnavn	Da
Rød	137		Mosseros	220
Augerød / Kjesebotn	127		Guthus	120
Lødeng	5		Toverød	100
Texnes	160		Brønnerød	60
Sperbund	52		Tokerød	80
Veker	26		Bothner / Johnsrød	120
Bjerkeli	4		Kilen	10
Sønsterød	28		Bratterød	50
Ånnerød	41		Hauger	110
Kjærsund	57		Navestad	90
Kjærnes / Blixxøya	300		Lunder	60
Bjørnerød	280		Tangen	20
Grepperød	110		Roos	60
Mosseros	300		Syverød	50
Rødsenga	80		Paulshus	80

Areal under vann ved flom i 2000. Arealet er beregnet ut fra flybilder tatt den 25.11.2000.

Noe av arealet er målt opp på kart og noe er kvalifisert beregnet (gjettet) på landbrukskontoret i Våler. Dette gir til sammen 2937 da dyrket mark under vann.

Notat

Sak: Risiko for tap av fosfor ved flom i Vansjø

Til: Helga Gunnarsdottir

Fra: Anne Falk Øgaard

Kopi til:

Dato: 30.11.2009

Ved flom kan det skje både erosjons- og sedimentasjonsprosesser på jordbruksarealer. Disse prosessene er imidlertid mest aktive ved flom i elver hvor strømningshastigheten er stor. Høy vannhastighet over åkerarealer kan gi erosjon, mens redusert vannhastighet der flomvann kommer inn over elvesletter kan gi sedimentasjon av jordpartikler og dermed fjerne fosfor fra vannet. Ved oversvømmelse langs en innsjø er sedimentasjon på oversvømte arealer sannsynligvis av mindre betydning fordi en her ikke får reduksjon av vannhastighet på samme måte som en får på elvesletter. Erosjon er sannsynligvis heller ikke av betydning på grunn av lav vannhastighet. Utlekkingsprosesser av fosfor fra jorda er derfor antagelig viktigst når det gjelder tap av fosfor i forbindelse med flom i Vansjø. Ved oversvømmelse av jordbruksarealer kommer flomvann i direkte kontakt med jord som er mye mer fosforrik enn jord på udyrka arealer. I tillegg vil det på dyrka mark ofte være lite vegetasjon som beskytter jorda mot vannets påvirkning.

Vi har ingen undersøkelser som viser hva flom faktisk betyr for tap av fosfor til Vansjø fra jordbruksarealer, og det er vanskelig å finne internasjonal litteratur som er relevant for forholdene rundt Vansjø. Dette notatet bygger derfor på kunnskap vi har om delprosesser som kan være av betydning under en flomsituasjon.

Utløsning av fosfor fra planterester og gjødsel på jordoverflaten

Flom som oppstår like etter såing og gjødsling kan gi ekstra store fosfortap. Dette gjelder spesielt der gjødsla spres på overflaten som ved grasdyrking og høstkorn. Gjødsel fosfor er lett løselig og vil oppløses i flomvannet.

Ved frysing av planterester/vegetasjonsdekke sprenges planteceller og fosfor i plantene kan vaskes ut (Uhlen 1989). Ved oversvømmelser av vegetasjonsdekket mark er det derfor stor risiko for å tape fosfor etter frost. Fosforkonsentrasjonen i graset øker med økende P-AL tall i jorda og økende fosforgjødsling (Upubl. data; Uhlen 1989), slik at muligheten for tap av fosfor fra eng ved oversvømmelse er størst der P-AL tallene er høye.

Fosfor i jord

Det totale fosforinnholdet i dyrka mineraljord er i størrelsesorden 1000 mg P/kg jord, dvs. 200-250 kg P/daa i matjordlaget. Variasjonsbredden er imidlertid stor, men generelt finner en et høyere totalfosforinnhold i leirjord enn i sandjord. 20-50 % av fosforet er organisk bundet, og P-AL ("plantetilgjengelig" P) utgjør i størrelsesorden 10-20 % av total P. Ved økende P-AL tall, øker P-AL andelen av total P, dvs ved høye P-AL tall er en større andel av total P lett tilgjengelig enn ved lave P-AL tall. Det aller meste av fosforet i jorda er partikkelbundet. Fosfor løst i jordvæsken utgjør bare 0.01 - 0.1 kg P/daa i plogsjiktet. En betydelig del av fosforet i mineraljord med pH < 7 er bundet til jernoksider. Ved et redokspotensialet på <100 mV vil jernet reduseres og fosforet vil da kunne frigjøres. I organisk jord blir tilført fosfor svakt bundet, slik at overskudd av gjødsel fosfor blir lett vasket ut.

Mulig effekt av oversvømmelse på frigjøring av P fra jord

Selv om en i jord finner lite fosfor i jordvæska, betyr ikke dette at det er ubetydelig mengder vannløselig fosfor i jord. Mengden fosfor som er i løsning i jord er styrt av likevektsskonsentrasjonen. For fosfor er likevektsskonsentrasjonen lav (0.1-5 mg P/l), slik at ved vanlige fuktighetsforhold er det aller meste av fosforet partikkelbundet. Ved flom kommer overflatejorda i kontakt med store mengder vann som har en lavere konsentrasjon av løst P enn likevektsskonsentrasjonen i jorda. Følgelig vil jordpartiklene gi fra seg fosfor til flomvannet. Mengden fosfor som går ut i vannet vil avhenge av hvor stor del av overflatejorda som står i god kontakt med vannet og jordas innhold av lett tilgjengelig fosfor (P-AL). I en laboratoriestudie er det vist at en betydelig mengde partikkelbundet fosfor ble løst når jorda kom i kontakt med mye vann (Øgaard, 1995). Jordas P-AL tall hadde stor betydning for mengden fosfor som ble løst ut. I en sandjord fra Råde med P-AL 38 var ca 10 % av total P vannløselig når jorda ble fortynnet i vann.

Mengden jord som står i god kontakt med flomvannet er sannsynligvis avhengig av hvor løs og ujevn overflatejorda er ved oversvømmelse. Sannsynligvis vil en vegetasjonsdekket jord gi fra seg mindre løst fosfor til flomvannet enn en jord som har en løs og ujevn overflate etter jordarbeiding.

Ut i fra laboratoriestudiet som er nevnt ovenfor og ligningen (Ligning 1) som er utarbeidet fra dette (Øgaard og Krogstad, 1995) kan det gjøres et overslag på fosfortapet ved utlekking til flomvann. Den store usikkerheten her er hvor mye av overflatejorda som står i god kontakt med flomvannet, slik at fosfor raskt kan frigjøres direkte til flomvannet uten å gå via diffusjonsprosesser i jordas porer. I beregningene som er gjort her er det antatt at den øverste centimeteren med jord gir fra seg like mye løst fosfor som i laboratoriestudiet beskrevet ovenfor. Dette forutsetter antagelig at det har vært jordarbeiding etter høsting. En cm jordlag tilsvarer ca 10.000 kg jord/daa.

Ligning 1: $y = 0.25 \times x + 0.42$,

hvor y er mengden løst fosfor som frigjøres (mg P/100 g jord), og x er jordas P-AL tall.

Potensialet for mengde løst fosfor som kan frigjøres fra ett cm jordlag ved ulike P-AL tall er beregnet ved hjelp av ligningen ovenfor (Tabell 1). Fordi ligningen ovenfor er basert på et laboratoriestudie, må nødvendigvis usikkerheten i beregningene være stor. Laboratoriestudier viser at frigjøringen av fosfor går raskt. Noen få timer med god kontakt mellom jord og vann er tilstrekkelig for å frigjøre det vannløselige fosforet.

Tabell 1. Beregnet mengde løst fosfor som frigjøres til flomvannet ved ulike P-AL tall. Usikkerhet i parentes.

P-AL mg P/100g jord	Frigjort P mg P/kg jord	Frigjort P g P/daa*
5	17 (+/- 8)	170 (+/- 80)
10	29 (+/- 15)	290 (+/- 150)
15	42 (+/- 21)	420 (+/- 210)
20	54 (+/- 27)	540 (+/- 270)

* Forutsetter 10.000 kg jord per daa står i god kontakt med flomvannet

Det må understrekes at disse beregningene ikke kan brukes som annet en antydning på hva flom kan bety for frigjøring av løst fosfor. For P-AL 10 og høyere er tallene i overkant av det som en har målt som middel tap av totalfosfor per år fra jordbruksarealer i Bioforsk Jord og miljø sine overvåkingfelt med korn som dominerende vekst. Sammenlignet med dette er potensialet for frigjøring av løst fosfor ved flom betydelig. Løst fosfor er biotilgjengelig, mens når det gjelder totalfosfor, vil en del av det partikkelbundne fosforet ikke være biotilgjengelig. Flom om våren/sommeren kan derfor være spesielt uheldig, fordi det er risiko for stor tilførsel av løst fosfor i en periode hvor algene er aktive.

I beregningene ovenfor er det forutsatt at porevannet står i ro under oversvømmelsen, slik at fosforet tapes til overvannet kun ved direkte kontakt mellom jord og overvann. Hvis det derimot er trykk av drens vann fra bakenforliggende arealer, vil det oppstå et vannsig oppover i jordprofilen som vil bidra til økt transport av fosfor til overvannet (Eggestad et al. 2007).

Risiko for anaerobe forhold under flom

En betydelig del av fosforet i jord er bundet til jernoksider. Et spørsmål i forbindelse med oversvømmelse av dyrka jord er om det oppstår anaerobe forhold som fremmer utløsningen av fosfor fra jorda på grunn av reduksjon og oppløsning av jernoksider. Biologiske oksygenforbrukende prosesser er viktig i forhold til om det oppstår anaerobe forhold. Temperatur og tilgang på lett omsettelig organisk materiale er viktig i forhold til hvor fort oksygenet brukes opp. I tillegg har oksygenutveksling med vannet/lufta betydning.

Ulike undersøkelser gir ulike svar om hvorvidt en får anaerobe forhold under stående vann. En polsk undersøkelse ved sommerflom på engarealer på organisk jord med ulik gjødslingshistorie, viste at flom førte til redusert redokspotensial og betydelig mobilisering av fosfat både i jordvæska og i overliggende overflatevann (Banach et al. 2009). Frigjøringen av fosfor var størst på arealet med høyest fosforgjødslingsnivå. Braskerud og Løvstad (2002) undersøkte redokspotensialet gjennom ett år i en fangdam. Siden det her er stående vann over jordsedimenter, kan denne undersøkelsen gi en antydning om hva en kan forvente i en flomsituasjon. Denne undersøkelsen ga imidlertid et helt annet resultat enn den polske undersøkelsen. I fangdammen ble det i løpet av et år registrert kun en kort periode med redokspotensialet mindre enn 100 mV, dvs. under det redokspotensialet hvor reduksjon av jern kan foregå.

Ved oversvømmelse vil vanndybden være liten sammenlignet med en innsjø, og det kan også være en strøm i vannet som tilfører nytt oksygenrikt vann. Ved flom i vinterhalvåret vil lav temperatur føre til at biologiske oksygenforbrukende prosesser er relativt langsomme. En kan derfor anta at reduksjon av jernoksider og tilhørende frigjøring av fosfor er av mindre betydning ved oversvømmelse i vinterhalvåret. I sommerhalvåret er det større risiko for frigjøring av fosfor fra jord på grunn av reduksjon av jernoksider, spesielt i jord med høyt innhold av organisk materiale som gir grunnlag for stor mikrobiell aktivitet.

Drenering av flomvann

Det er mangelfull kunnskap om fosfortap til resipient i forbindelse med drenering av flomvann. Ved stående vann på leirjord vil jordstrukturen kollapse slik at jorda lett blir oppslemmet i vannet (Eggestad et al. 2007). Når overflatevann og porevann i jorda renner bort når en flom trekker seg tilbake, er det en risiko for at oppslemmet jordmateriale følger vannstrømmen. Med jorda følger også partikkelbundet fosfor. I jordas poresystem kan det foregå en intern erosjon ved gjennomstrømning av vann. Det forventes at gjennomstrømningen av poresystemene som drenering av oversvømmelsesvann vil medføre, vil kunne øke den interne erosjonen i jorda og tap av jordmateriale via grøftesystemet.

Jordtype og P-AL nivå på flomutsatte arealer rundt Vansjø

Arealene som var oversvømt i 2000 flommen er tatt med i denne vurderingen. Jordtypekart og P-AL kart er sammenholdt med kart over flomsonen høsten 2000. Bare en mindre del av de dyrka arealene som var oversvømt i 2000 består av organisk jord. En del av den organiske jorda mellom E6 og vestre Vansjø har imidlertid P-AL i klasse Høyt og Meget høyt og vurderes til å ha spesielt stor risiko for å tape fosfor ved en flomsituasjon. På raet er det ellers en veksling mellom sandjord og leirjord på de flomutsatte arealene og P-AL tallene er for det meste i klassene Høyt og Meget høyt. Risiko for utlekking av fosfor ved oversvømmelse av disse arealene vurderes som høy.

De flomutsatte arealene i Våler kommune har hovedsakelig leirjord. P-AL tallene er for det meste i klassen Moderat høyt, men det er også arealer i klassene Middels og Høyt. Kun en liten del av arealene i Våler som ble

oversvømt i 2000 har P-AL i klassen Meget høyt. Risikoen for tap av løst fosfor er derfor mindre her sammenlignet med sandjordsarealene langs raet. På grunn av hovedsaklig leirjord er det imidlertid større risiko for tap av partikulært bundet fosfor på disse arealene. Hvor stor betydning dette har er avhengig av strømningsforholdene på de oversvømte arealene. Ved strøm er det risiko for at leirpartikler med fosfor slemmes opp i vannet og følger vannstrømmen. I jord anrikes fosfor på de minste partiklene, slik at leirpartiklene som følger med vannstrømmen vil ha høyere fosforkonsentrasjon enn det en finner i en usortert jordprøve. I leirjord finner en også generelt en høyere total fosforkonsentrasjon enn i sandjord ved samme P-AL tall. Dette betyr at en ikke kun kan se på P-AL tallene når en skal vurdere risikoen for fosfortap.

Litteratur

- Banach, A.M., Banach, K., Visser, E.J.W., Stepniewska, Z., Smits, A.J.M.; Roelofs, J.G.M. & Lamers, L.P.M. 2009. Effects of summer flooding on floodplain biogeochemistry in Poland; implications for increased flooding frequency. *Biogeochemistry*, 92: 247-262.
- Braskerud, B. & Løvstad Ø. 2002. Tilbakeholding av algetilgjengelig fosfor i konstruerte våtmarker. Rapport nr. 83/02, Jordforsk. 34 s.
- Eggestad, H.O., Sveistrup, T., Øgaard, A.F. & Kitterød, N.O. 2007. Effekter av flom/oversvømmelser på vannkvalitet, med fokus på sediment og fosfor - en litteraturgjennomgang. *Bioforsk Rapport*, 48/2007. 18 s.
- Uhlen, G. 1989. Surface runoff losses of phosphorus and other nutrient elements from fertilized grassland. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences*, 3: 47-55.
- Øgaard, A.F. 1995. Effect of phosphorus fertilization and content of plant-available phosphorus (P-AL) on algal-available phosphorus in soils. *Acta Agric. Scand., Sect. B, Soil and Plant Sci.*, 45: 242-250.
- Øgaard, A.F. & Krogstad, T. 1995. Grunnlag for estimering av fosforavrenning fra dyrka mark. Rapport nr.1/95, Inst. for jord- og vannfag, NLH. 12s.

Vedlegg 4



Vansjø – effekt av flomtuell

Høsten 2000 kulminerte flomvannstanden i Vansjø på 26.94 moh. (4.39 m lokal høyde), en flomvannstand med beregnet gjentaksintervall mellom 100-150 år og den desidert høyeste flommen som er observert (60 cm høyere enn nest høyeste flom). Flomobservasjonene går fra 1903-1940 og fra 1966 – d.d. (NVE-rapport 3-2008).

I dette notatet er det beskrevet hvordan effekten av alternative flomtuneller kunne påvirket flommen i 2000. Det er også beskrevet effekten av flomtuneller mer generelt.

Alternative flomtuneller

I beregningen er det benyttet to alternative tuneller, en med 4 meter i diameter og en med 5 meter. Tunellens lengde vil trolig være i intervallet 2.7 – 3.5 km og det regnes med en økt tappekapasitet på ca 36 m³/s ved alternativet med 4 meter i diameter og ca 65 m³/s ved alternativet på 5 meter. Tappekapasitet ved ulike flomvannstander er gitt for de to tunell-alternativene i tabell 1.

Tabell 1. Tappekapasitet for Vansjø i dag og ved to alternative flomtuneller

Vannstand Vansjø		Dagens tappe- kapasitet (m ³ /s)	Tappekapasitet ved flomtuell 4 m diameter	Tappekapasitet ved flomtuell 5 m diameter
moh.	lokal høyde (m)			
26.30	3.75	59	95	124
26.05	3.50	50	86	115
25.80	3.25	43	79	108
25.55	3.00	37	73	102
25.30	2.75	31	67	96
25.05	2.50	25	61	90
			(økt kapasitet 36 m ³ /s)	(økt kapasitet 65 m ³ /s)

2000-flommen

Flommen høsten 2000 startet 23. oktober, da det kom ca 20 mm nedbør, og kulminerte 23. november på 26.94 moh. (4.39 m). I denne perioden kom det ca 400 mm nedbør mot normalt 100 mm. Observert vannstand og tilsig (totalt tilført vann til Vansjø), samt beregnet vannstand ved bruk av flomtuneller, er vist i figur 1. Figuren viser at det i hele oktober og november er overveiende betydelig høyere tilsig enn tappekapasiteten (det tappes tilnærmet maksimalt i denne perioden). Dette resulterer i nesten kontinuerlig stigende vannstand fra begynnelsen av oktober til 23. november.

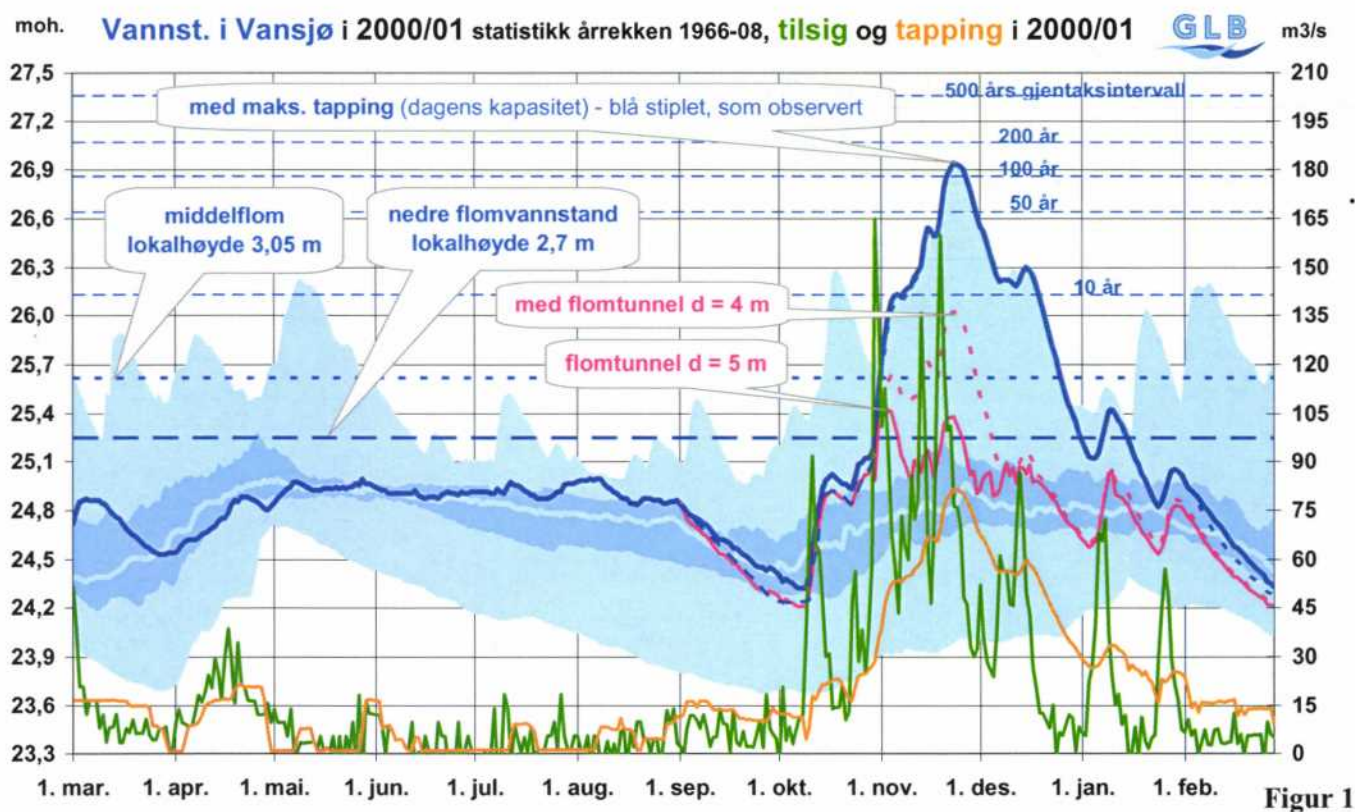
Effekten av to ulike flomtuneller er også vist i figur 1. Her vises observert vannstand og beregnet vannstandsutvikling ved maksimal tapping fra 1. september. Beregningene er gjort uten flomtuell, og med flomtuell (4 og 5 m diameter). Det er lagt til grunn for beregningene at flomtunellene åpnes først når vannstanden passerer 25.05 moh. (2.50 m). Som man ser av figuren kunne vannstanden vært senket noe mer (13 cm) ved full tapping fra 1. september. På grunn av liten tappekapasitet ved lav vannstand øker imidlertid vannstanden raskere når vannstanden er lav ved flommens start enn når den er høy. Da

nivået for 10-års flom ble passert 6. november (26.13 moh.- 3.58 m) ville vannstanden vært 26.08 moh. (3.53 m) dersom det hadde vært tappet maksimalt fra 1. september. Kulminasjonen 23. november ville blitt den samme som den observerte selv med full tapping fra 1. september.

Kulminasjon ved bruk av flomtunell med 4 meter i diameter er beregnet til 26.04 moh. (3.49 m - 90 cm under den observerte). Ved bruk av flomtunell med 5 meter i diameter gir beregningen en kulminasjonsvannstand på 25.34 moh. (2.79 m - 1.60 meter under den observerte).

Som en kuriositet kan det nevnes at selv om man hadde klart å senke vannstanden i september ned til den laveste observerte vannstand siden 1966 (23.67 moh. – 1.12 m) ville kulminasjonsvannstanden bare blitt ca 3 cm lavere enn den observerte høsten 2000.

Det ble 23. november observert et fall fra Rødsund i Vansjø til Mossefossen dam på 2.6 m. Gitt at vannstanden med flomtunell ble senket 1.6 m i Vansjø ville vannføringen i Mosseelva blitt redusert med nesten 50 m³/s til ca 32 m³/s. Da ville fallet antagelig ha vært ca 1.7 m.



Observert tilsig, tapping og vannstand samt beregnet vannstand for Vansjø 1.1.2000-28.2.2001.

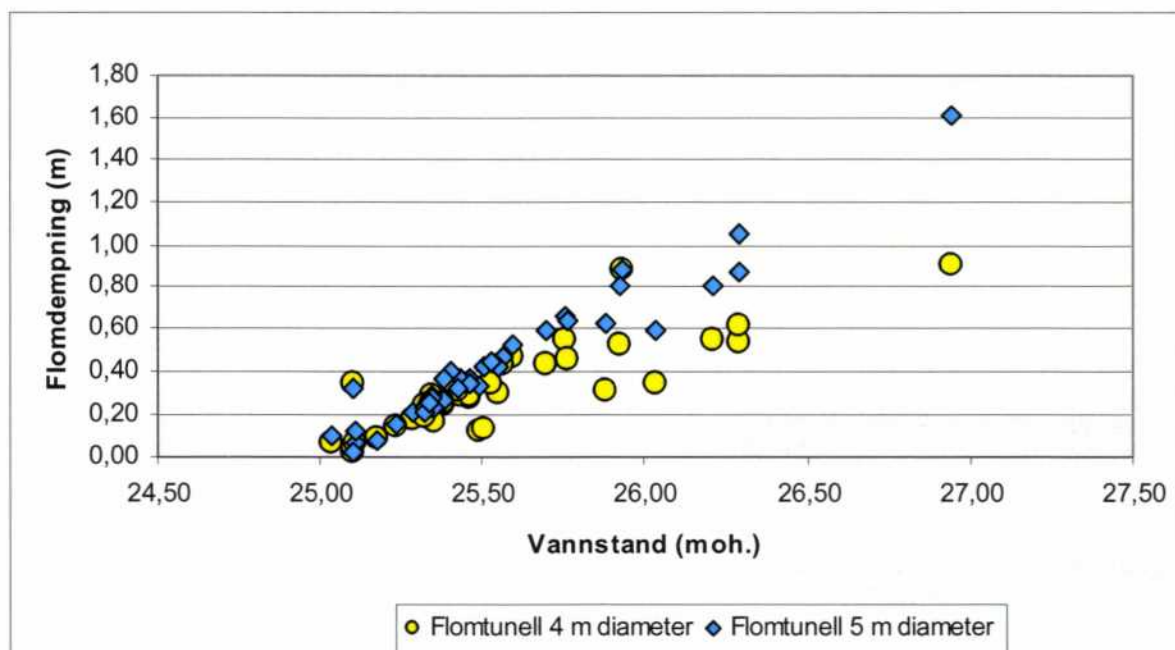
Beregnete verdier er utført med full tapping, med og uten bruk av flomtunell (4 el 5 m diameter).

Midlere flomvannstand og flomvannstander for ulike gjentakintervaller er angitt med stiplede linjer.

Flommer generelt

En tilsvarende beregning som er gjort for 2000-flommen er gjort for hele årrekken fra 1970-2008. For hvert års maksimale vannstand er det sammenlignet observert vannstand med beregnede vannstander ved bruk av flomtuneller med 4 og 5 meter i diameter. Beregnet flomdempning ved bruk av de to tunnelalternativene er plottet opp mot årlig maksimal observert vannstand i figur 2. Figuren viser en nokså lineær sammenheng mellom den observerte flomvannstanden og den dempingen man kunne oppnådd

ved bruk av flomtueller. Grovt sett kan man si at for observerte vannstander over 25 moh. (2.45 m) ville bruk av flomtuell med 5 meter diameter gitt ca 80 cm lavere flomvannstand per meter observert vannstand over 25 moh. (2.45 m). Flomtuell med 4 meter diameter ville gitt ca 45 cm lavere flomvannstand per meter observert vannstand over 25 moh. (2.45 m). For eksempel ville en observert flomvannstand på 26 moh. (3.45 m) blitt dempet med ca 80 cm med 5 meter diameter på tuellen og ca 45 cm med 4 meter diameter på tuellen.



Figur 2. Beregnet flomdempning ved bruk av flomtueller med 4 og 5 meter i diameter. Beregningen er gjort på perioden 1970-2008. Hvert årlige observerte maksimum, med tilhørende beregnet dempning, er vist i figuren.

Flomberegninger

Gjentaksintervaller for flommer og flomvannstander er gjengitt i tabell 2. Disse er basert på NVE's flomberegning (NVE-rapport 3-2008) uten bruk av flomtuell. For verdiene med bruk av flomtuell er det gjort egne flomfrekvensanalyser av tilsiget for ulike varigheter (tabell 3). Det er deretter beregnet hvor stor vannstandstigning tilsiget ville gitt. Denne vannstandsstigningen er lagt til 25.00 moh. (2.45 m) for å få flomvannstand for de ulike gjentaksintervallene i tabell 2.

I praksis vil nok bruk av flomtueller gi en noe bedre dempning av flommene enn det beregningene gir fordi man vil ha mulighet til å åpne tuellen før vannstanden når 25 moh. (2.45 m) når man forventer stort tilsig.

Tabell 2. Flomstørrelser og flomvannstander for Vansjø for ulike gjentakintervaller.

moh. / m ³ /s	Midlere flom	5-års flom	10-års flom	20-års flom	50-års flom	100-års flom	200-års flom	500-års flom
Rødsund bru	25,62 3,07	25,90 3,35	26,13 3,58	26,36 3,81	26,64 4,09	26,86 4,31	27,07 4,52	27,36 4,82
Mosseelva	46	55	62	68	75	80	85	92
Kulminasjonsvannstander gitt flomtunell				D=5 m	25,57 3,02	25,71 3,16	25,86 3,31	26,04 3,49
				D=4 m	25,89 3,34	26,04 3,49	26,26 3,71	26,48 3,93

Tabell 3. Gjentakintervaller for flomtilsig av ulik varighet. Den varigheten som oppnår størst stigning for hvert gjentakintervall er markert med fet skrift.

tilsig i m ³ /s	Flomstigning i m gitt ca. 3 km flomtunnel med diameter på 5 m og vannstand nær kote 25,0 når flommen starter											
gjentak	varighet 1-døgn		varighet 3-døgn		varighet 5-døgn		varighet 7-døgn		varighet 9-døgn		varighet 11-døgn	
år	m ³ /s	m	m ³ /s	m	m ³ /s	m	m ³ /s	m	m ³ /s	m	m ³ /s	m
500	290	0,46	230	0,88	190	0,98	170	1,04	155	0,95	140	0,93
200	265	0,40	210	0,76	175	0,84	155	0,86	140	0,81	125	0,69
100	240	0,35	190	0,65	160	0,71	140	0,68	125	0,59	115	0,50
50	215	0,29	175	0,56	145	0,57	125	0,49	115	0,43	105	0,31
tilsig i m ³ /s	Flomstigning i m gitt ca. 3 km flomtunnel med diameter på 4 m og vannstand nær kote 25,0 når flommen starter											
gjentak	varighet 1-døgn		varighet 3-døgn		varighet 5-døgn		varighet 7-døgn		varighet 9-døgn		varighet 11-døgn	
år	m ³ /s	m	m ³ /s	m	m ³ /s	m	m ³ /s	m	m ³ /s	m	m ³ /s	m
500	290	0,53	230	1,05	190	1,26	170	1,40	155	1,48	140	1,45
200	265	0,47	210	0,93	175	1,12	155	1,22	140	1,26	125	1,20
100	240	0,41	190	0,82	160	0,98	140	1,04	125	1,04	115	1,02
50	215	0,36	175	0,73	145	0,84	125	0,86	115	0,89	105	0,85

Lillehammer, 20. november 2009, Hans-Chr.Udnæs / Jens Kr. Tingvold