



Faktorer som har betydning for sandflukt i Vestre Vågåvatn

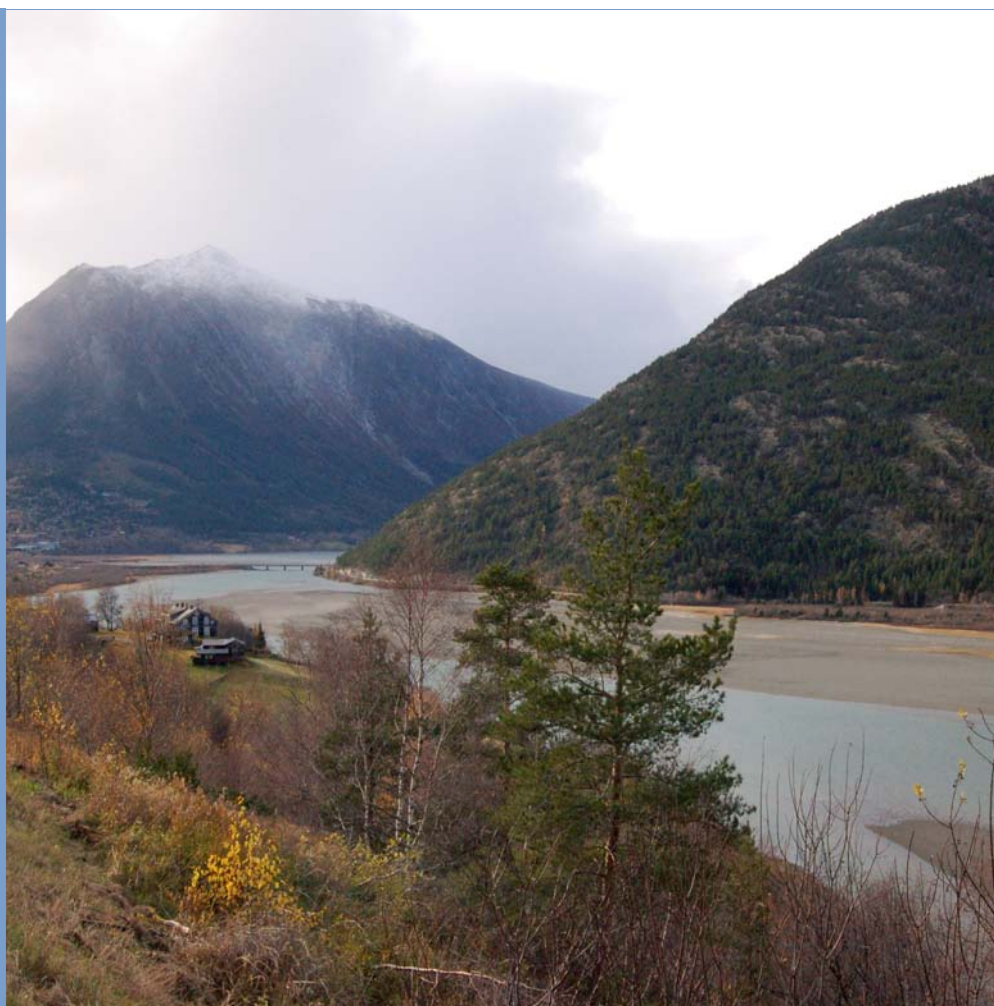
Jim Bogen

Truls Erik Bønsnes

Margrethe Elster

Hans Christian Olsen

7
2009



OPDRAGSRAPPORT A

Faktorer som har betydning for sandflukt i Vestre Vågåvatn

Rapport nr 7-2009

Faktorer som har betydning for sandflukt i Vestre Vågåvatn

Oppdragsgiver: NVE - Region øst

Redaktør: Margrethe Elster

Forfatter: Jim Bogen, Truls Erik Bønsnes, Margrethe Elster,
Hans Christian Olsen

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 35

ISSN 1503-0318

Forsidefoto: Otta nedstrøms Lom, Tronoddbrua i bakgrunnen (17. nov.2007).
Vannstand Vågåvatn: 361 m, (SK: 361.25) Vannføring ved utløpet: 74 m³/s. Foto: Yulia Kuznetsova.

Sammendrag: Rapporten omhandler sannsynlige årsaker til økte problemer med sandflukt i Ottaelva ved Lom de senere årene. Analyser av borkjerner viser at tilførselen av finmateriale til bunnsedimentene i Vågåvatn ikke har gjennomgått vesentlige endringer i de siste 100 år. Problemene oppstår som følge av den periodevise tørrleggingen av bankene i Ottaelva fra Skim og nedstrøms. Reguleringene oppstrøms i nedbørfeltet har ført til et endret avløpsregime med lavere maksimumsvannføringer om sommeren og at lavvannsføringen om vinteren har økt. Det har med tiden blitt færre og mer kortvarige oversvømmelser på elvesletten over deltaplattformen. Større kapasitet under høy vannføring ved utløpet av Vågåvatn kan være en forklaring på at det under dagens forhold må høyere vannføringer til for å oppnå samme vannstand som tidligere. På strekningen mellom Lom og Garmo er det sannsynlig at reduksjonen i vannstand/vannføring har medført elveløpsendringer og tilpasninger til det nye regimet noe som kan ha forårsaket en ytterligere reduksjon i oversvømmelseshyppigheten. Tronoddbrua og forbygningen av Bøvra har betydning for strømningsforhold og erosjon ved Lom men påvirker bare en mindre del av området som utsettes for vinderosjon.

Emneord: Sandflukt, sedimentasjon, vannstand

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

Juni 2009

Innhold

Forord	4
Sammendrag	5
1 Innledning	7
2 Sedimenttransport – tilførsel av sedimenter til området.....	8
2.1 Kornfordeling av suspensjonsmaterialet.....	9
2.2 Kornfordeling av sedimentene på deltaplattformen	9
3 Vannføringer og vannstand i Otta/Vågåvatn	13
3.1 Vannstandsutvikling i Vågåvatn	13
3.2 Vannføringsutvikling i Otta ved Lalm.....	14
3.3 Vannstandsutvikling og endring av erosjonsbasis	23
4 Sedimentasjonen i Vågåvatn	25
4.1 Feltarbeide og analyser	25
4.2 Resultater	26
5 Vindtransport av materiale	32
6 Oppsummering	34
7 Referanser	36

Forord

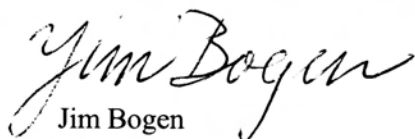
På oppdrag for NVE - Region øst har NVE, Hydrologisk avdeling, utført undersøkelse av sandfluktproblemer i vestre del av Vågåvatn.

Undersøkelsene har omfattet analyser av vannføring, sedimenttransport og sedimentasjon på Bøvras delta i Vågåvatn for å vurdere årsakene til økt sandflukt på deltaet i de senere år.

Arbeidet er blitt utført i perioden 1.5.2006 – 31.12.2007 .

Margrethe Elster har vært ansvarlig for oppdraget fra NVEs side, i tillegg har Halfdan Benjaminsen, Jim Bogen, Truls Erik Bønsnes og Hans Christian Olsen arbeidet på prosjektet.

Oslo, juni 2009



Jim Bogen

seksjonssjef



Margrethe Elster

prosjektleder

Sammendrag

Denne undersøkelsen drøfter ulike faktorerers betydning for sandflukt fra deltasletta mellom Garmo og Lom.

Materialet som utsettes for vinderosjon er sedimentert på deltasletta under høy vannstand. Det kommer hovedsakelig fra tilførsel fra breene i Bøvras nedbørfelt. Her er suspensjonstransporten målt til 133 000 tonn/ år. I Otta ved Skjåk er den målt til 34 000 tonn/ år. En betydelig andel av dette materialet sedimenterer på deltasletten og i Vågåvatn. Analyser av borkjerner fra Vågåvatnet viser at tilførselen av finmateriale ikke har gjennomgått vesentlige endringer i de siste 100 år.

En stor del av områdene som danner kildeområdene for sandflukt ligger på kotehøyder mellom 362 og 363.25 moh. Sandflukten foregår når bankene er utsatt for vinderosjon etter uttørking. Det er en utbredt oppfatning blant lokalbefolkningen at sandfluktproblemene har økt i senere år.

Vurderingene i denne rapporten konkluderer med at årsakene ligger i hydrauliske og hydrologiske endringer i elveløpene og i nedbørfeltet. Disse endringene kan ha ført til at oversvømmelsesfrekvensen er redusert samtidig som opptørkingsperiodens lengde har økt.

Det er flere forskjellige faktorer som har påvirket vannstandsendingene på denne måten.

En plotting av vannstanden i Vågåvatn mot vannføringen ved Lalm nedstrøms utløpet i perioden 1928 – 2006 viser at relasjonen mellom vannføring og vannstand er endret i dette tidsrommet. Under dagens forhold må det høyere vannføringer til for å oppnå samme vannstand som tidligere. En endring i utløpsprofilen kan være en forklaring på dette. Tidligere beregninger utført av NVE viser at virkningene av endringer i utløpsprofilen kan ha ført til senkninger av vannstanden på mellom 0,1 og 0,55 m for vannføringer mellom 20 og 400 m³/s.

I samme periode har det foregått en endring i det hydrologiske regimet på grunn av magasinerings i feltet i tilknytning til kraftutbygginger. Maksimumsvannføringen ved Lalm er i middel redusert med ca 100 m³/s i samme periode samtidig som vintervannføringen har økt.

Vannstanden må minst opp til kote 363.25 for å sette sandarealene under vann. Før 1951 var vannstanden årvisst over dette nivået mens dette inntreffer mer sjelden under dagens forhold. Det er sannsynlig at reduksjonen i vannstand/vannføring også har medført elveløpsendringer og tilpasninger til det nye regimet på strekningen mellom Lom og Garmo. Slike tilpasninger kan ha medvirket til ytterligere reduksjon i oversvømmeshyppighet. Endringene i vannstandsregimet har innvirkning på hvor og hvordan sedimentene avsettes på deltaplattformen.

Modellberegninger utført i 2006 viser at sandområdene ved Lom oversvømmes når vannføringen overstiger 155 m³/s i elveløpet under dagens forhold. Beregningen er basert på en vannstand i Vågåvatn på kote 361.5 m.

Tronoddbrua og forbygningen av Bøvra har betydning for strømningsforhold og erosjon. Det kan ha medført en økt tilvekst på banken i området oppstrøms brua. Endringene i

dette området er imidlertid av lokal karakter og utgjør bare en mindre andel av det totale arealet som påvirkes av vinderosjon.

1 Innledning

I løpet av de siste tiårene har den periodevise tørrleggingen av bankene i Ottaelva fra Skim og nedstrøms ført til økte sandfluktproblemer for dem som bor og ferdes langs elva. Det er en utbredt oppfatning blant lokalbefolkningen at sandflukten har økt i senere år.

Det er fremsatt flere hypoteser om årsaken til dette.

I denne undersøkelsen er det tatt utgangspunkt i at ulik menneskelig påvirkning på vassdraget har endret elveløpet over tid. Det er flere inngrep i nedbørfeltet som er antatt å være av betydning:

- Vassdraget er påvirket av flere reguleringer fra begynnelsen av 1940-tallet og frem til i dag.
- Masseuttak ved Sundbrua i Vågå rundt 1970 har vært nevnt som en årsak til at vannstanden i Vågåvatn er påvirket. Det er hevdet at inngrepene ved Sundbrua medførte at Otta har gravet seg ned og bakover i løsmassene og dermed påvirket utløpsterskelen til Vågåvatn.
- Sedimentene som tilføres fra Finna ble pålagret på elveviften og hadde under naturlige forhold en innvirkning på vannstanden i Vågåvatn. Tiltak mot flom og erosjon ved utløpet til Finna har endret sedimentasjonsforholdene. Dette kan også ha hatt betydning for utløpsterskelen og dermed vannstanden i Vågåvatn.
- Det har også blitt antydnet at brufyllingene ved Tronoddbrua samt forbygningene og kanaliseringen på Bøvrås vifte har påvirket sedimentasjonsmønsteret for finstoff slik at mer masse nå avlagres vestover i Ottavatn (Skim).

Naturlige forhold som har innvirkning på problemet:

- Sandflukt er avhengig av sterk vind. Området er mye eksponert for vind, men når større deler av deltasedimentene er dekket av et vannspeil blir sandflukten mindre.
- Den vedvarende tilførselen av finsedimenter fra Otta og særlig Bøvra har betydning for sandflukten. Under høy vannstand pålagres finsedimenter på deltaplattformen. Når vannstanden er lav blir finsedimentene eksponert for vinderosjon. Det har derfor betydning at det er stor sesongmessig variasjon i vannføring/vannstand.

Metoden som er benyttet her, er å undersøke endringer i sedimentasjonsmønsteret kombinert med en analyse av langtidstidsvariasjoner i vannstanden i Vågåvatn og vannføring og sedimenttilførsel av finfordelt materiale fra Bøvra og Otta..

Langtidstidsvariasjoner i sedimenttransporten er undersøkt ved å analysere sjiktningen i de sedimentære lagene i bunnsedimentene i Vågåvatn. Det har i denne sammenhengen også vært aktuelt å analysere virkningen av reguleringspraksis. Det vil si trender i vannføringen og vannstand over lang tid, før og etter vassdragsreguleringene ble iverksatt.

2 Sedimenttransport – tilførsel av sedimenter til området

Tilførselen av finsedimenter fra Otta og særlig Bøvra danner kildemateriale for sandflukten. En stor del av områdene som er eksponert for sandflukt ligger på kotehøyder mellom 362 og 363.25 moh. Sandflukten foregår når bankene er utsatt for vinderosjon etter uttørking. Vannstanden må minst opp til kote 363.25 for å sette alle sandarealene under vann.

Bøvra tilfører store mengder sedimenter til deltaet i Otta/Vågåvatn. Sedimenttilførselen fra Otta er atskillig lavere og mesteparten av materialtransporten derfra ser ut til å sedimentere i Ottavatn oppstrøms Lom. Ved tidligere undersøkelser ble suspensjonstransporten i Otta ved Skjåk målt til om lag 34 000 tonn, mens den i Bøvra ved Lom i samme periode var på om lag 133 000 tonn (Skarbøvik, 1987).

Det er her foretatt en sammenstilling av eksisterende data fra forskjellige undersøkelser.

I Bøvra ved Fossberget ble det foretatt prøvetaking av suspensjonstransporten i perioden 28. april – 27. august 1970. Resultatene fra denne måleserien viste en transport på 60 000 tonn. På grunnlag av dette ble det estimert en årstransport på 75 000 tonn (Karlsen og Stene, 1978).

I løpet av to måneder sommeren 1984 (17. juni - 18. august) ble det målt 19 000 tonn i Bøvra ved Lom. Året etter var transporten fra Bøvra i løpet av ca fire måneder (14. mai - 4. september) om lag 133 000 tonn (Skarbøvik, 1987). Disse undersøkelsene viser at det er stor tilførsel av finmateriale inn i deltasystemet.

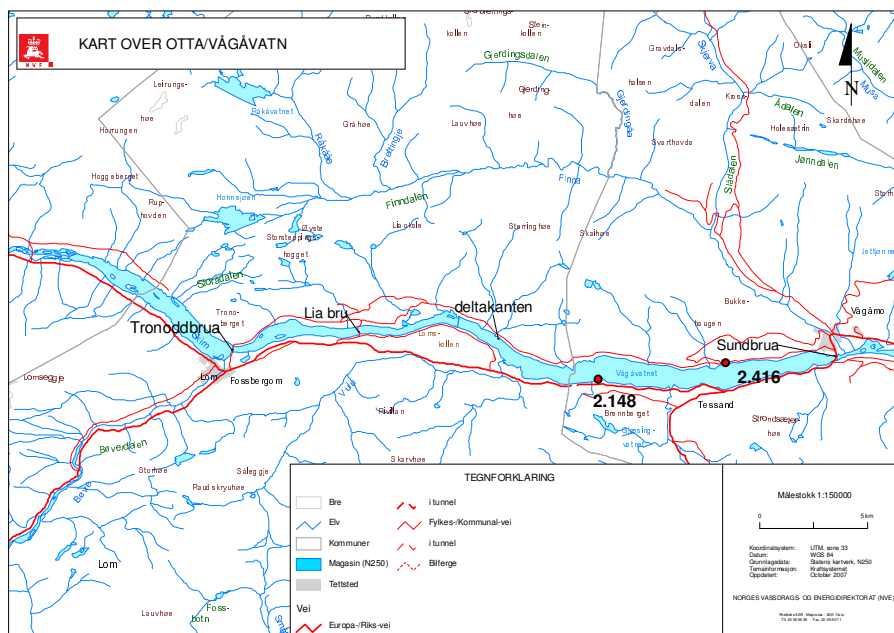


Fig. 2.1. Kart over undersøkelsesområdet.

Kornfordeling av suspensjonsmaterialet

Hovedandelen av sedimentene i suspensjon er i siltfraksjonen. Det er liten forskjell i middelkornstørrelse målt i Bøvra ved Lom og ved Lia bru, se fig. 2.2. Bøvra er hovedkilde for sedimentene på deltaet og dette gjenspeiler seg i sedimentenes kornfordeling. Mye av materiale fra Otta avsettes trolig i Skim, eller oppstrøms (Skarbøvik, 1987). Det er for en stor del kornfordelingen i kildematerialet som er bestemmende for kornfordelingen av suspensjonstransporten.

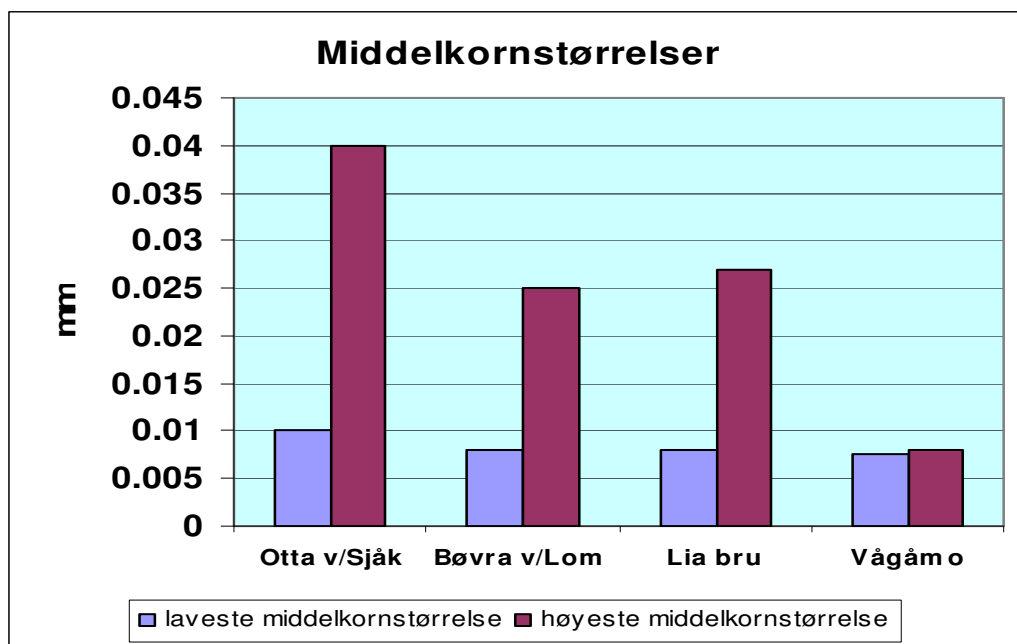


Fig. 2.2. Middelkornstørrelse av suspendert materiale ved ulike punkter i vassdraget i 1984-85.

2.1 Kornfordeling av sedimentene på deltaplattformen

I forbindelse med foreliggende undersøkelse ble det tatt sedimentprøver for kornfordeling på deltaplattformen i 2006 (fig. 2.3). Resultatene av kornfordelingsundersøkelsene er sammenliknet med tilsvarende undersøkelser foretatt av Elster og Skarbøvik i 1984 og 1985. Det ble tatt atskillig færre prøver i 2006 enn i 1984/85.

Middelkornstørrelsen på sedimentene antyder at mesteparten av sedimentene er i sandfraksjonen, men det er også områder med et vesentlig innslag av silt. Middelkornstørrelsen avtar nedstrøms (fig. 2.4, fig. 2.5 og fig. 2.6). Prøvene som er tatt i området ved Bøvrans utløp og i området ved Tronoddbrua viser til dels høye forekomster av grus, se fig. 2.7. Utover plattformen er det kun spredte forekomster av grus, med unntak av en lokalitet ved Odde ytterst på deltakanten. Dette er i utløpsområdet fra Vulua og har sannsynligvis sammenheng med sedimenttilførsel derfra. De høyeste forekomster av silt ble målt ved lokaliteter på strekningen oppstrøms Lia bru. Det var også tiltagende andel silt på lokalitetene like ovenfor deltaskråningen. Figur 2.4 antyder at det kan ha blitt

relativt sett en mindre andel av grove fraksjoner og en høyere andel finfraksjoner på bankene, ved Lom og Lia bru, fra 1985 til 2007.

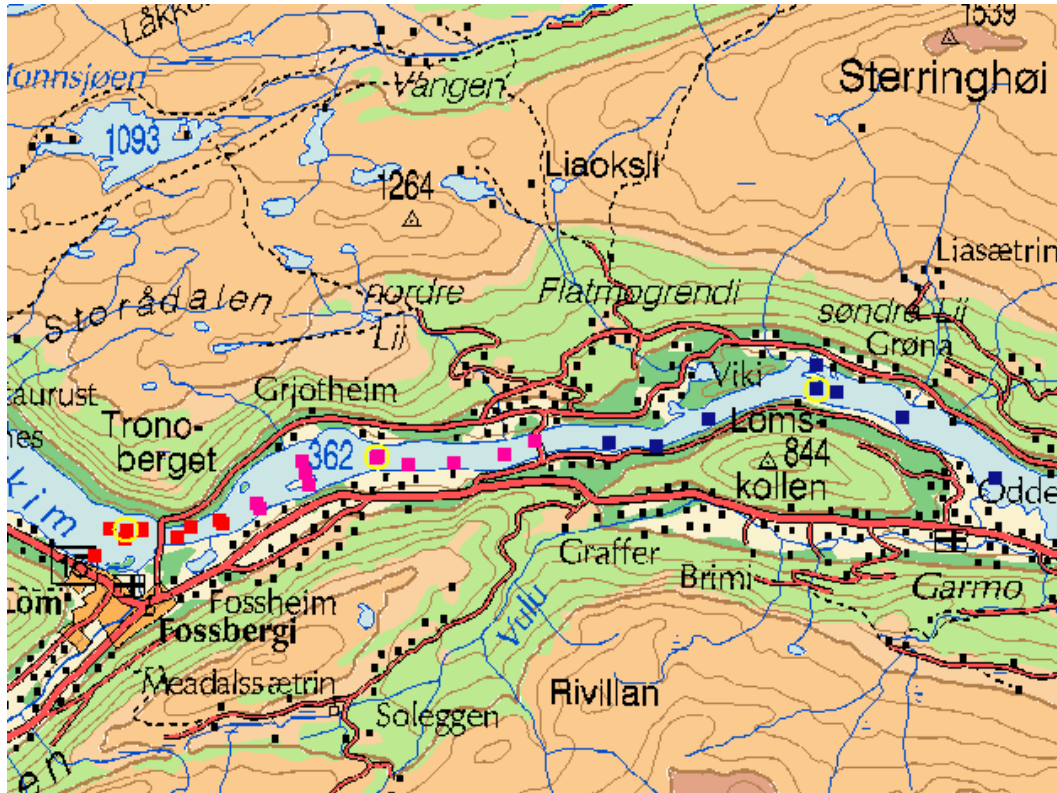


Fig. 2.3 Kart over prøvelokaliteter i 2006. Fargeforskjellene på markører henspiller på framstillingen av median korndiameter i fig 2.6.

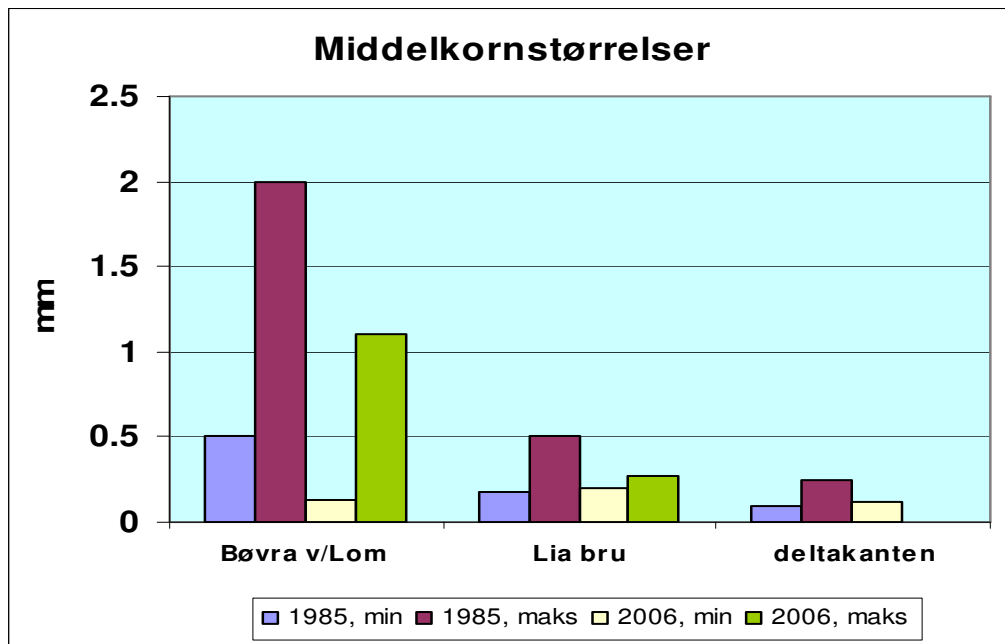


Fig. 2.4. Middelkornstørrelser, største og minste som er målt i henholdsvis 1985 og 2007 på tre steder. Deltakanten er rett oppstrøms Vuluas vifte v/Garmo.

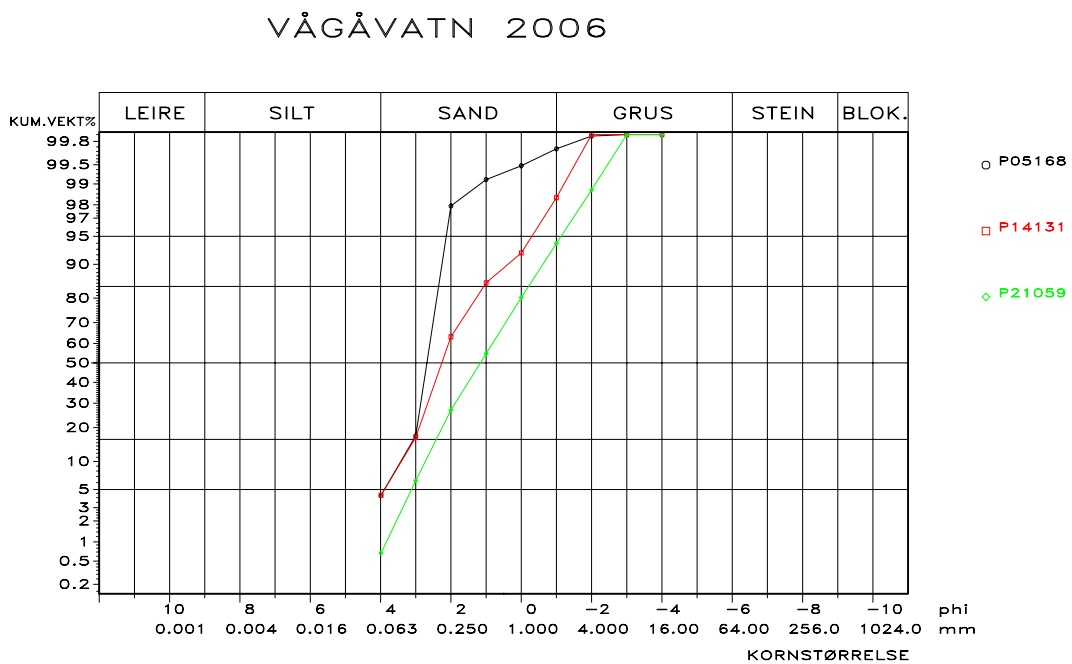


Fig.2.5. Tre prøver er fra ulike deler av deltaet som viser at sedimentene på bankene vesentlig består av sand. Kornfordelingsprøvene er tatt ved lokaliteter vist med gul ring i fig 2.3 (P1 rød markør, P2 rosa markør og P3 blå markør).

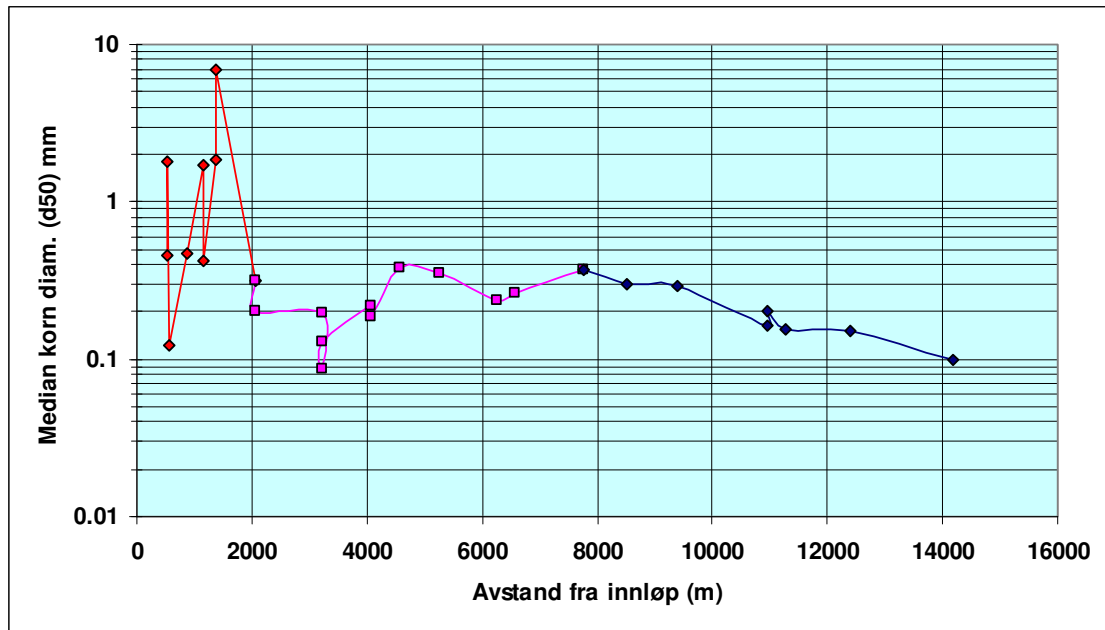


Fig. 2.6. Median korndiameter ved alle prøvelokaliteter (se fig 2.3) plottet i forhold til avstand fra Bøvra. Farger på markører samsvarer med farger i fig 2.3.

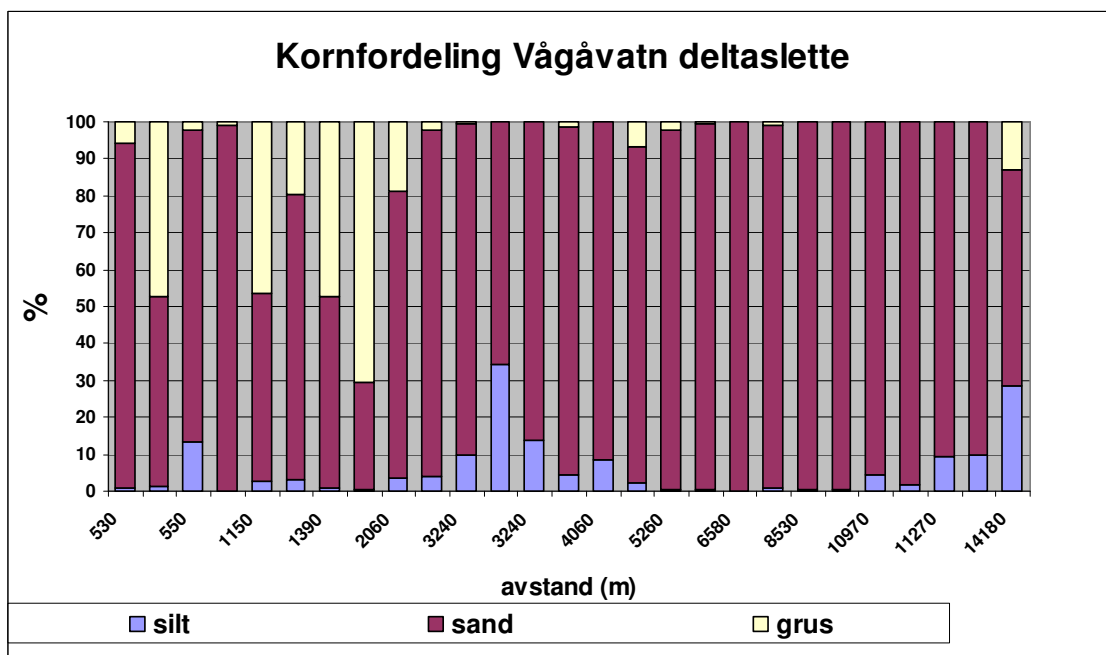


Fig. 2.7. Andel silt, sand og grus i prøver fra deltaområdet (2006) sortert etter avstand fra utløp Bøvra.

3 Vannføringer og vannstand i Otta/Vågåvatn

Vannstandsforholdene i Vågåvatn har betydning for hvor mye av sedimentene på deltaplattformen som eksponeres for vinderosjon.

Det er registrert vannstand i selve Vågåvatn i to perioder, 1928 til 1951 ved Tessand (st nr 2.148) og fra 1978 til dd ved Sande på nordsiden av sjøen (st nr 2.416). Disse måleseriene har hittil ikke vært mulig å sammenligne pga forskjellige høydegrunnlag. Sommeren 2007 foretok NVE nye oppmålinger slik at st nr 2.148 kan sammenlignes direkte med st nr 2.416. Vind og indre svingninger i sjøen kan imidlertid fremdeles være en liten feilkilde.

Nedbørfeltet er påvirket av flere kraftutbygginger. Reguleringen av Tesse og reguleringen av Breidalsvatn og Raudalsvatnet ble startet opp på 1940-tallet. Skjåk I kom i 1965 og de seneste årene har det kommet ytterligere utbygginger i nedbørfeltet. Magasinering av vann medfører et endret avrenningsmønster nedstrøms magasinet. Vann blir holdt tilbake slik at flommer blir dempet, mens det i perioder med lavt tilsig blir sluppet mer vann enn tidligere. Dette har medført at det har blitt færre store flommer og at lavvannsføringen om vinteren har økt.

3.1 Vannstandsutvikling i Vågåvatn

I årene fra 1942 og fram til 1951 steg minimumsvannstanden i Vågåvatn som følge av økt vintervannføring, se fig. 3.1. Først med tilsig fra Tesse-reguleringen, men senere (etter 1951) også fra Øvre Otta. Senere reguleringer har etter hvert også bidratt til en økning av vintervannføringen i Øvre Otta ved innløpet til Vågåvatn. Disse endringene fant sted i perioden fram til slutten av 60 tallet som følge av økt magasinering i feltet.

Vintervannføringen og minimumsvannføringen inn og ut av Vågåvatn har økt i perioden fra 1942 og fram til 70 tallet som følge av økt magasinering i feltet. (jfr. fig. 3.3 og fig. 3.13). En ytterligere økning i ble registrert i enkeltår på 80- og 90-tallet. Samtidig er minimumsvannstanden i perioden 1978 til 2006 noe lavere i forhold til den første fasen etter regulering (1942-1951), se fig. 3.1. Maksimumsvannstandene i sommerhalvåret (se fig. 3.2) var høyere og varigheten av høye vannstander var lengre i perioden med observasjoner før 1942 og fram til 1951, enn det som er tilfelle etter 1978, (se varighetskurve i fig. 3.4). Vannstander over kote 363 forekommer svært sjelden i dag, jfr. fig. 3.9. Kurven for perioden 1928 til 1951 er imidlertid preget av høyere vintervannstander som følge av Tesse-reguleringen i 1942, dvs at under uregulerte forhold var det i middel lengre varighet på de laveste vannstandene, se differensiering av denne kurven i fig. 3.5.

Dette betyr at varigheten på de forskjellige vannstandene i Vågåvatn i perioden 1978 - 2006, er endret i forhold til det som var tilfelle før regulering og i den første reguleringsfasen. En viktig grunn til dette er at vannstandshevningen om våren inntreffer noe senere og ikke stiger like raskt og høyt som før. Vannstanden kommer også tidligere ned på lavere nivåer utover sommeren og høsten, men synker ikke like lavt som før 1942.

Se endringene illustrert ved sammenligning av døgnmiddel vannstander og vannstandens flerårsmiddel i perioden 1928 til 1951 og 1978 til 2006, fig. 3.9 og fig. 3.10ab.

I fig. 3.11 er det vist flerårs maks, min og middel for vannstanden i Vågåvatn i to perioder, 1978 til 1998 og 1999 til 2006. Dette sier ingenting om varigheten av vannstander i enkeltår, men inkluderer forekomsten av alle vannstander i disse to periodene.

Forholdet mellom vannføring i Otta ved Lalm (stnr 2.25 Lalm) og vannstand i Vågåvatn har gjennomgått en endring siden de første tilgjengelige vannstandsregistreringene i Vågåvatn i 1928, se fig. 3.12. Vannstander lavere enn kote 360.5 er ikke målt etter 1942, se fig. 3.2, fig. 3.9 og fig. 3.12 (SK høydegrunnlag korrigert i 2007). Under dagens regime (etter 1978) stiger ikke vannstanden like raskt ved økning av vannføringen som før 1951. Også ved høyere vannstander er vannføringen under dagens forhold større enn det som var normalt før 1951. Større kapasitet ved utløpet kan være forklaringen på at vannstanden ikke stiger like mye som tidligere og at vannstander over kote 363 inntreffer mer sjelden i dag enn før 1951.

I perioden rundt 1970 ble det gjennomført ulike tiltak i vassdraget, bl.a. masseuttak nedstrøms brua ved Vågåmo i regi av Statens vegvesen. I etterkant av masseuttakene ble det foretatt hydrologiske målinger og beregninger (utført av NVE) for å kvantifisere innvirkningen på vannstanden i Vågåvatn. Disse undersøkelsene viste at (sitert fra rettsbok 1976): "Ved en vannføring på 20 m³/s ved utfallsosen i Vågåvatn blir senkningen av vannstanden i Vågåvatn 10 cm, ved 100 m³/s ca 35 cm og ved 400 m³/s ca 55 cm". I rettsdokumenter står det imidlertid også at disse senkninger ikke er bevirket av masseuttak alene. Tiltak som har vært foretatt i Finna som opprenskninger og forbygninger har også hatt en medvirkende årsak.

Det er korrigert for disse endringene og produsert et datasett som beskriver forholdene slik de ville vært uten senkning, se varighetskurver i fig. 3.6. Se også maks og minimumsvannstandene med innlagte korreksjoner i fig. 3.7.

Det fremgår at det allikevel ville vært kortere varighet på de høyeste vannstandene sammenliknet med uregulerte forhold. Se varighetskurver i fig. 3.8 som viser konstruert kurve sammenliknet med kurve for perioden 1928 – 1952.

3.2 Vannføringsutvikling i Otta ved Lalm

I perioden etter 1942 økte minimumsvannføringen i Otta (stnr 2.25 Lalm) fra i underkant av 10 m³/s til opp mot 40 m³/s. Det har imidlertid vært store variasjoner fra år til år, jfr. fig. 3.3. Flerårsmiddel ved samme stasjon viser endringen i tre perioder, 1906 – 1941, 1941 – 1969 og 1970 -2006, se fig. 3.13. Dette viser økningen i vintervannføring, men også en gjennomsnittlig lavere sommervannføring etter 1941. Endringen i vannføringsregime skyldes tilsigsendringer fra Øvre Otta og Tessa.

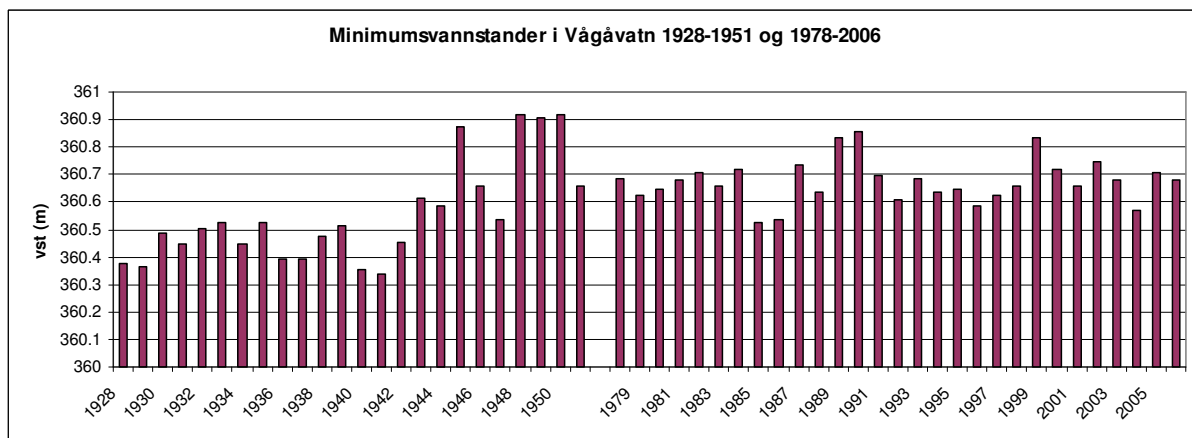


Fig. 3.1. Minimumsvannstander i Vågåvatn i periodene 1928-1951 og 1978 til 2006.

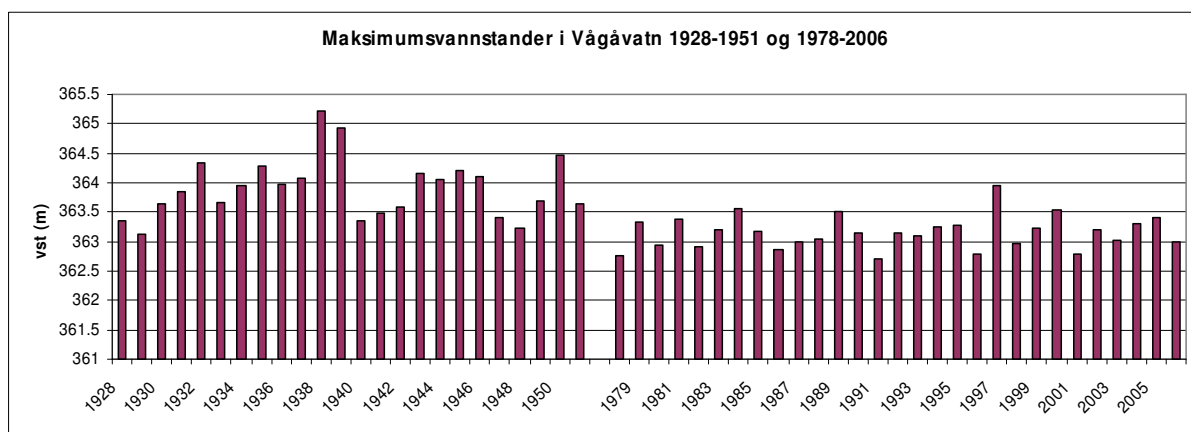


Fig. 3.2. Maksimumsvannstander i Vågåvatn i periodene 1928-1951 og 1978 til 2006.

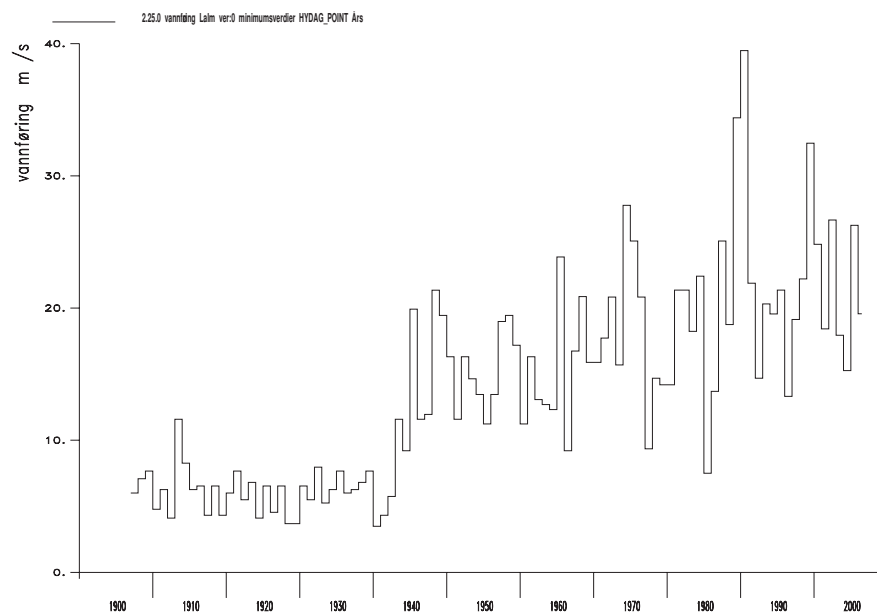


Fig. 3.3. Minimumsvannføringer i Otta ved Lalm.

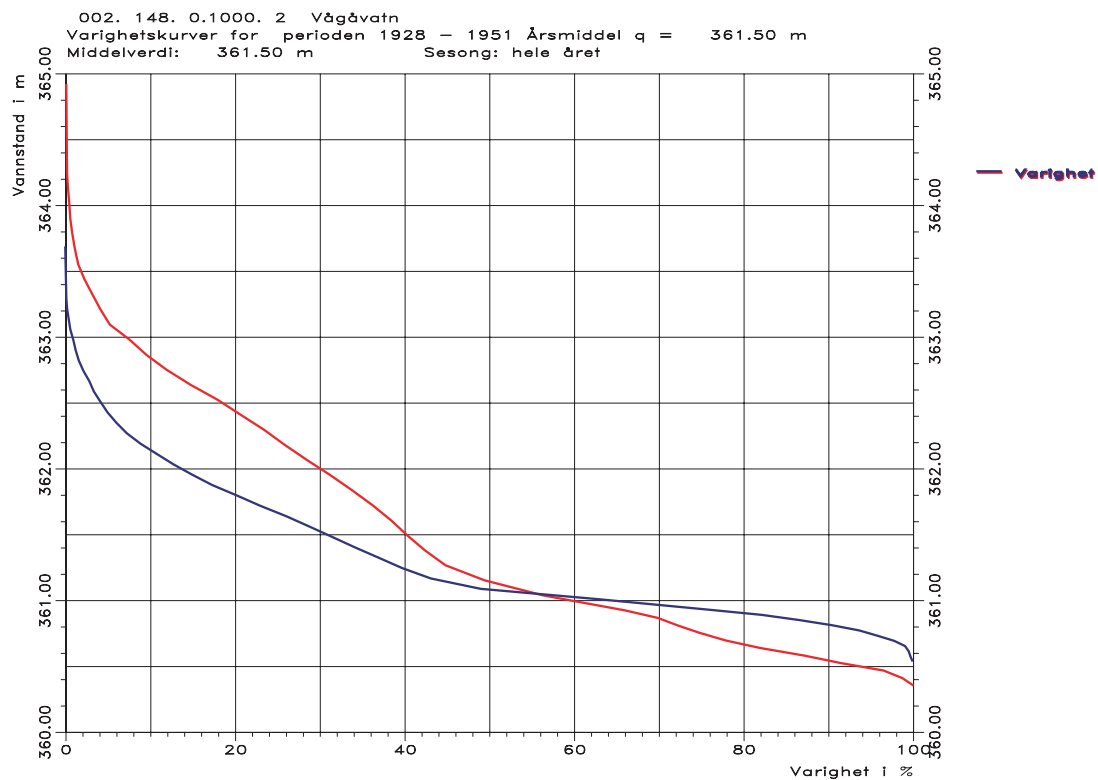


Fig. 3.4. Varighetskurver for vannstand i Vågåvatn i perioden 1928 til 1951 (rød kurve) og 1978 til 2006 (blå kurve).

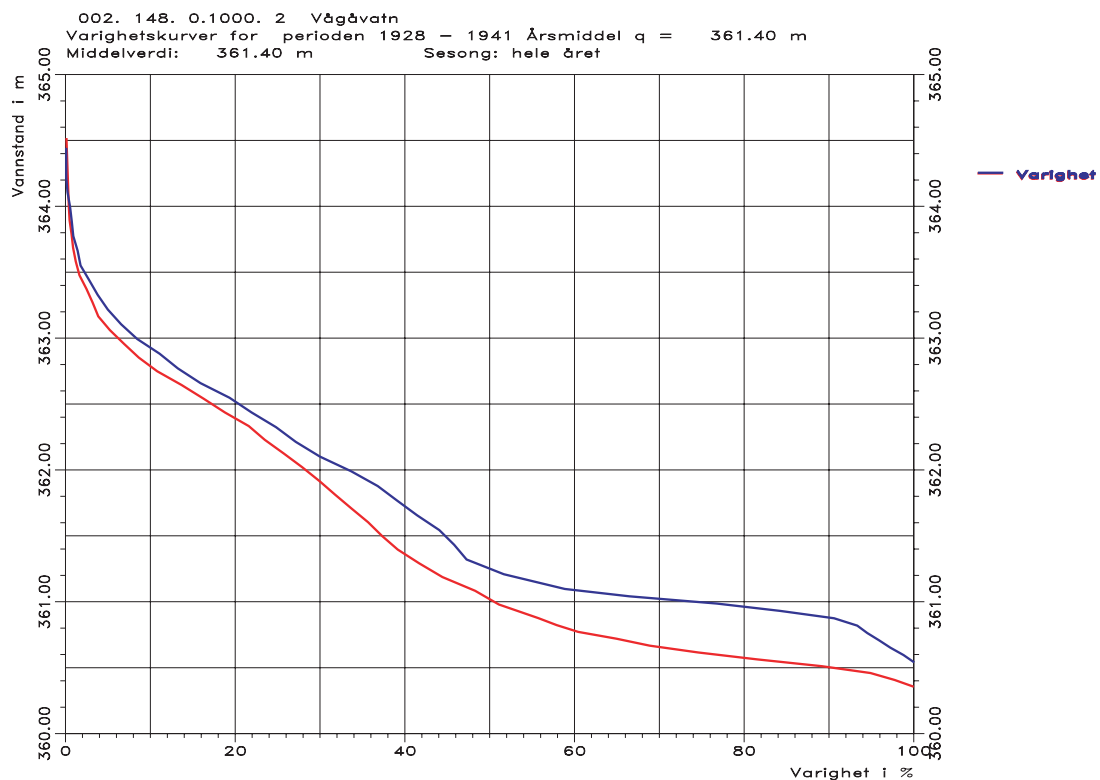


Fig. 3.5. Varighetskurver for vannstand i Vågåvatn i perioden 1928 til 1941 og 1942 til 1951. Periodene er henholdsvis før (rød kurve) og etter (blå kurve) at Tesse og Øvre Otta reguleringene ble iverksatt.

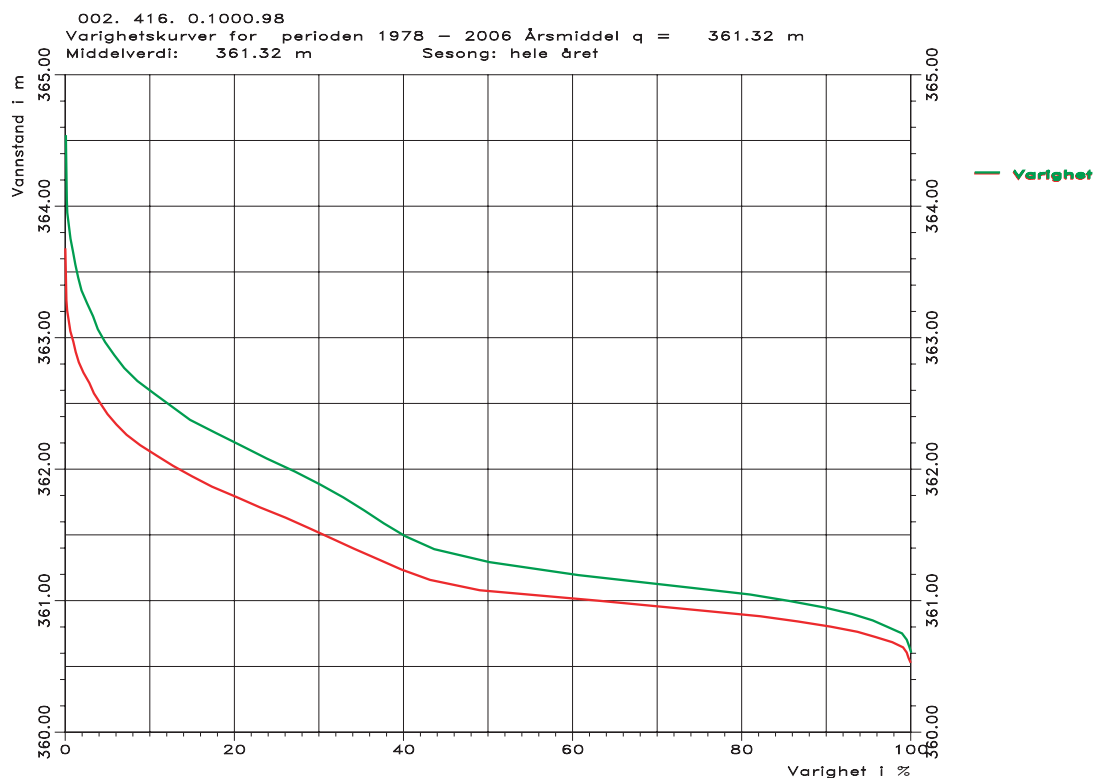


Fig. 3.6. Varighetskurver for vannstand i Vågåvatn i perioden 1978 – 2006 (rød kurve) og konstruert kurve (grønn kurve) hvor vannstanden er korrigert i forhold til beregninger fra 1975.

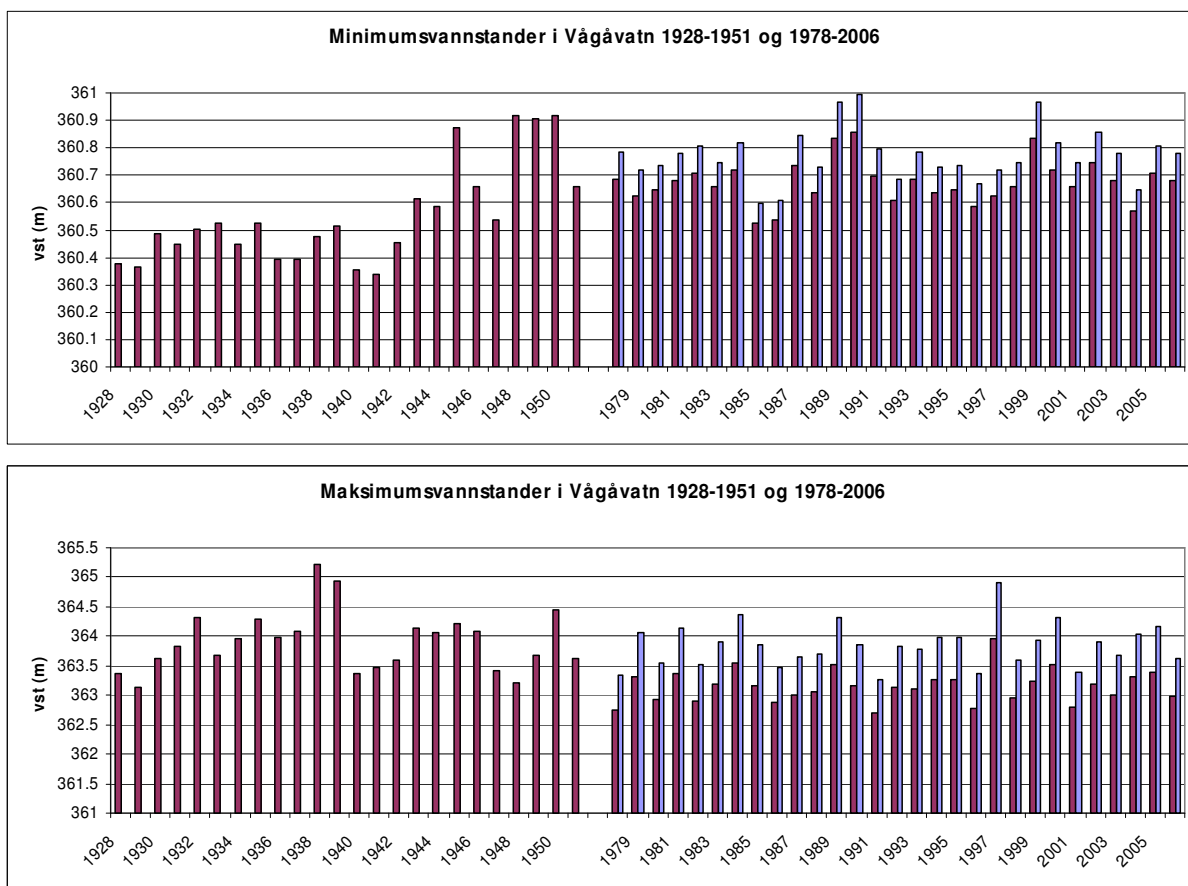


Fig. 3.7. Minimum og maksimumsvannstander i Vågåvatn i periodene 1928-1951 og 1978 til 2006. Blå søyler indikerer korreksjoner av vannstanden i forhold til at en gitt senkning ikke hadde funnet sted.

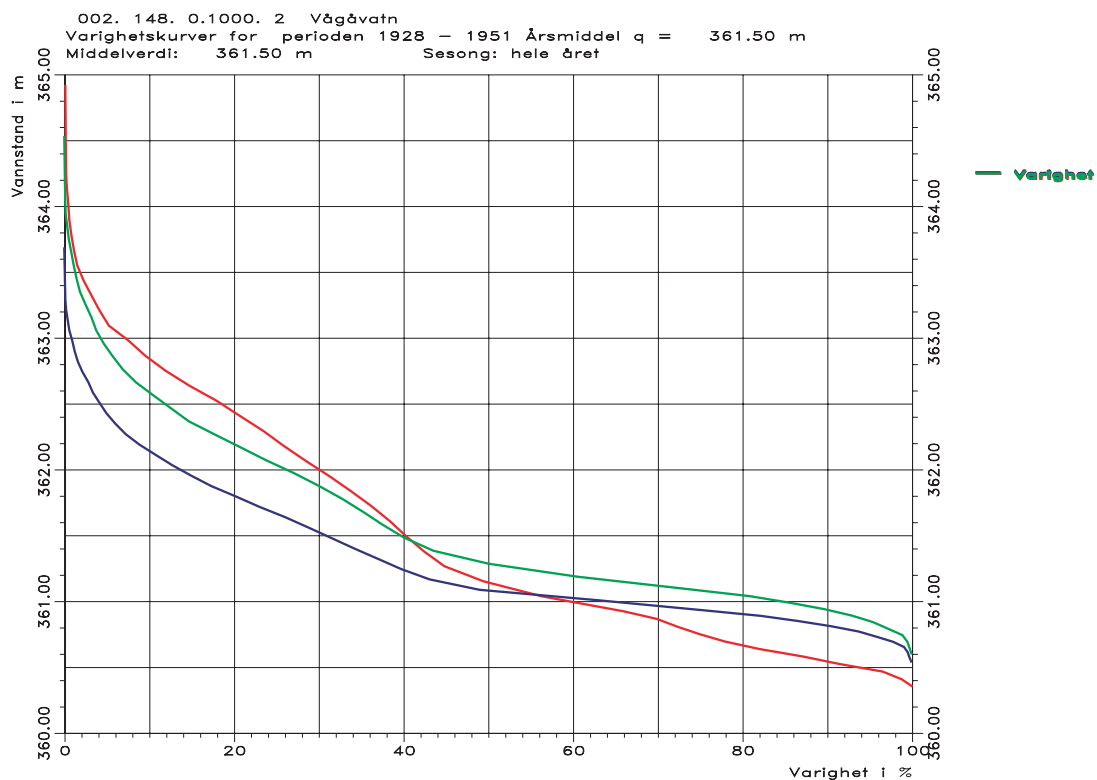


Fig. 3.8. Konstruert varighetskurve for vannstand i Vågåvatn (grønn kurve) i perioden 1978-2006, sammenlignet med kurve med observerte data i samme periode (blå kurve) og observerte data for perioden 1928 – 1951 (rød kurve).

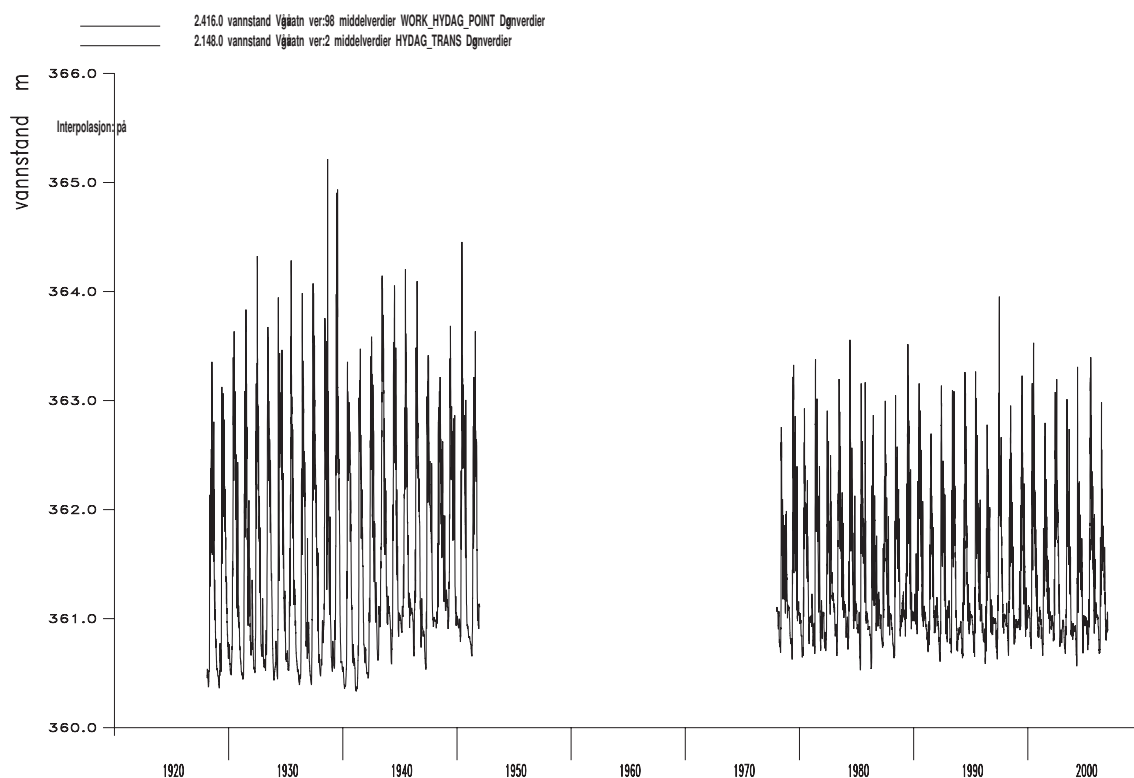


Fig. 3.9. Døgnmiddel vannstand i Vågåvatn for periodene 1928 til 1951 og 1978 til 2006.

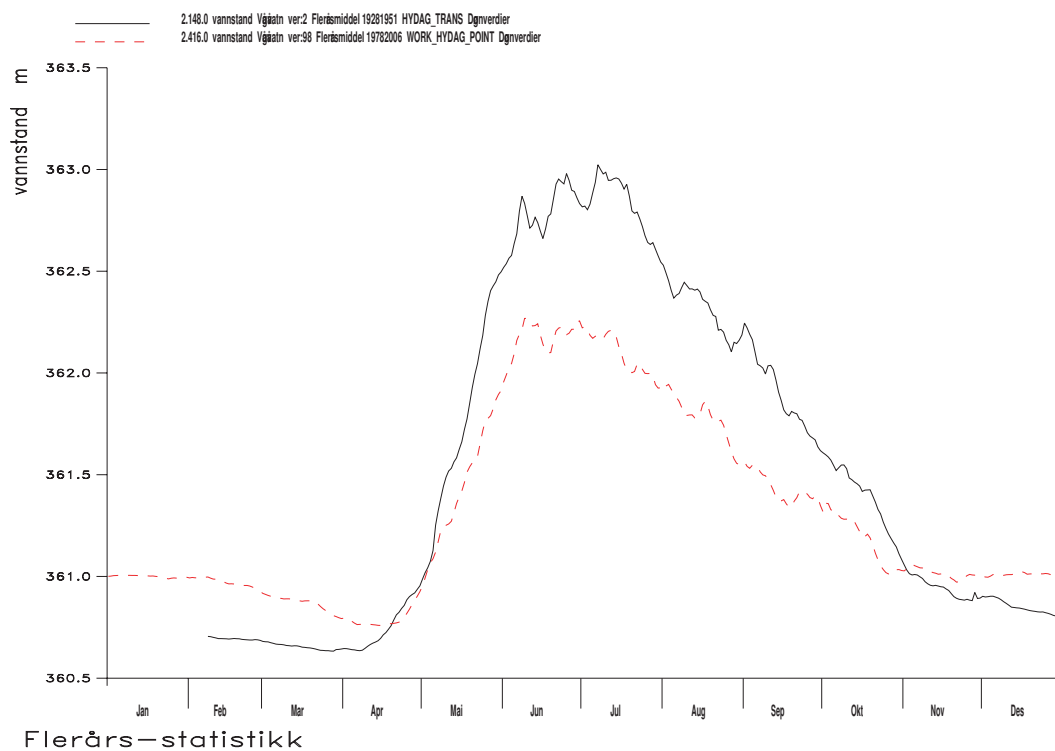


Fig. 3.10. Vannstandens flerårsmiddel i Vågåvatn for periodene 1928 til 1951 (sort) og 1978 til 2006 (rød).

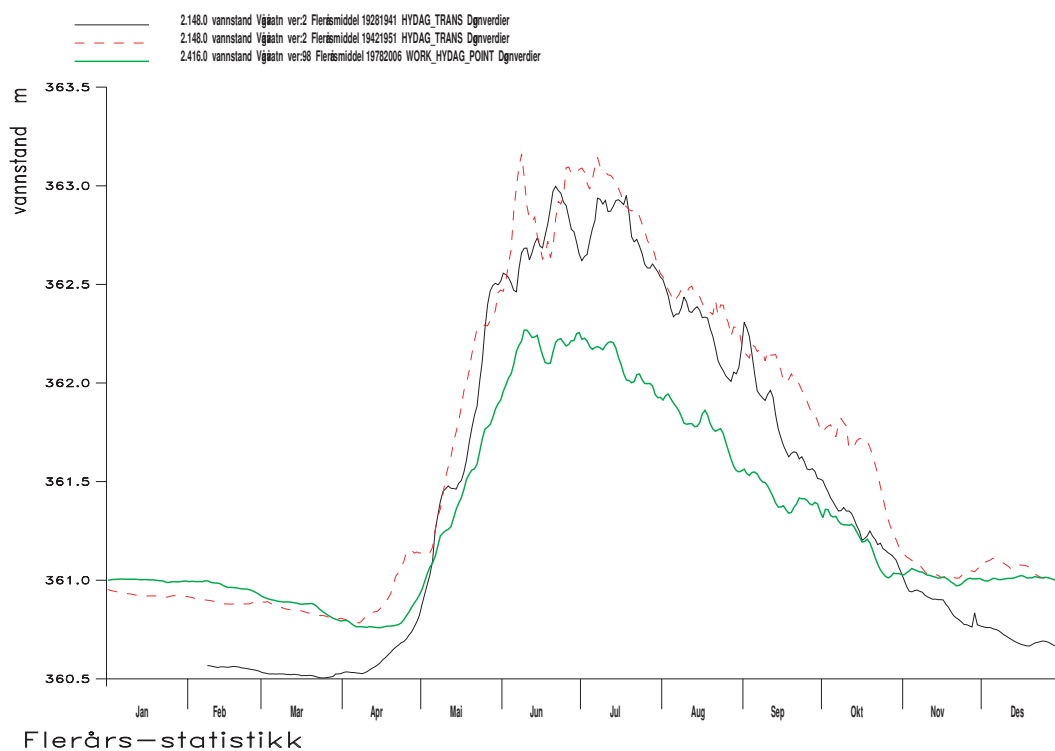


Fig. 3.10b. Vannstandens flerårsmiddel i Vågåvatn for periodene 1928 til 1941 (sort), 1942 til 1951 (rød) og 1978 til 2006 (grønn).

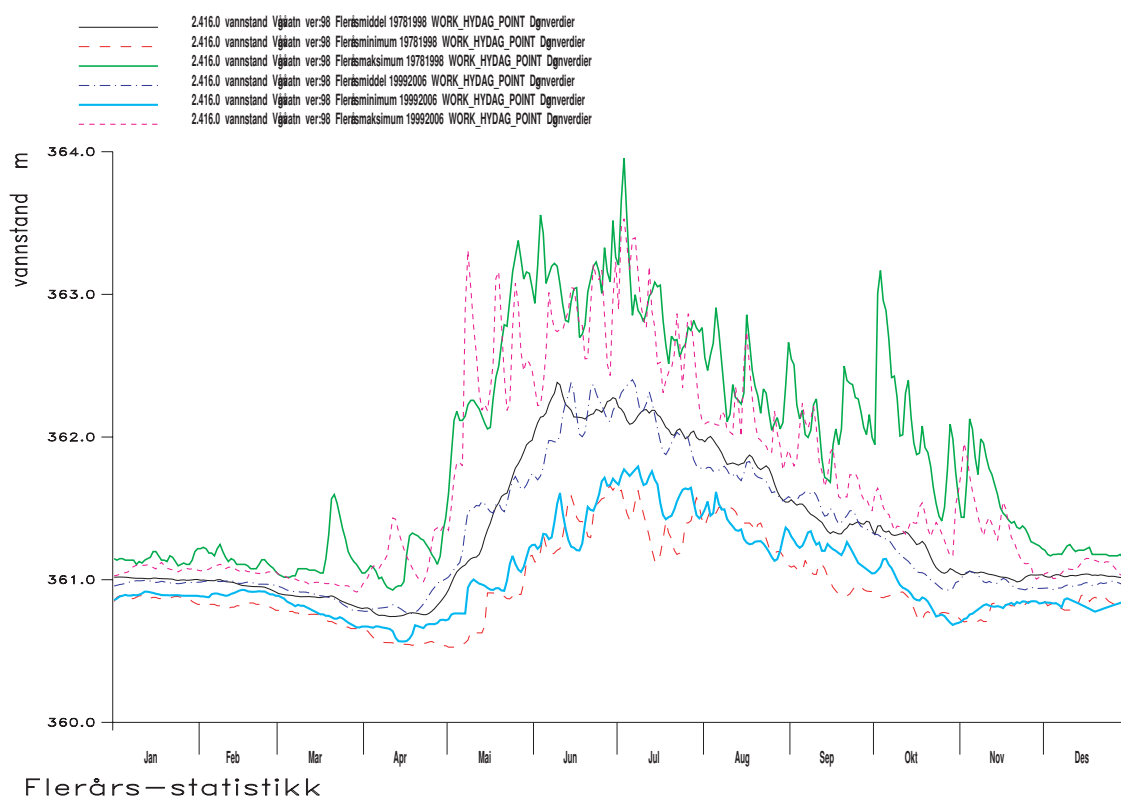


Fig. 3.11. Flerårs maks, min og middel for vannstanden i Vågåvatn i to perioder, 1978 til 1998 (grønn, rød, sort) og 1999 til 2006 (rosa, blå, mørk blå). Dette sier ingenting om varigheten av vannstander i enkeltår, men inkluderer forekomsten av alle vannstander i disse to periodene.

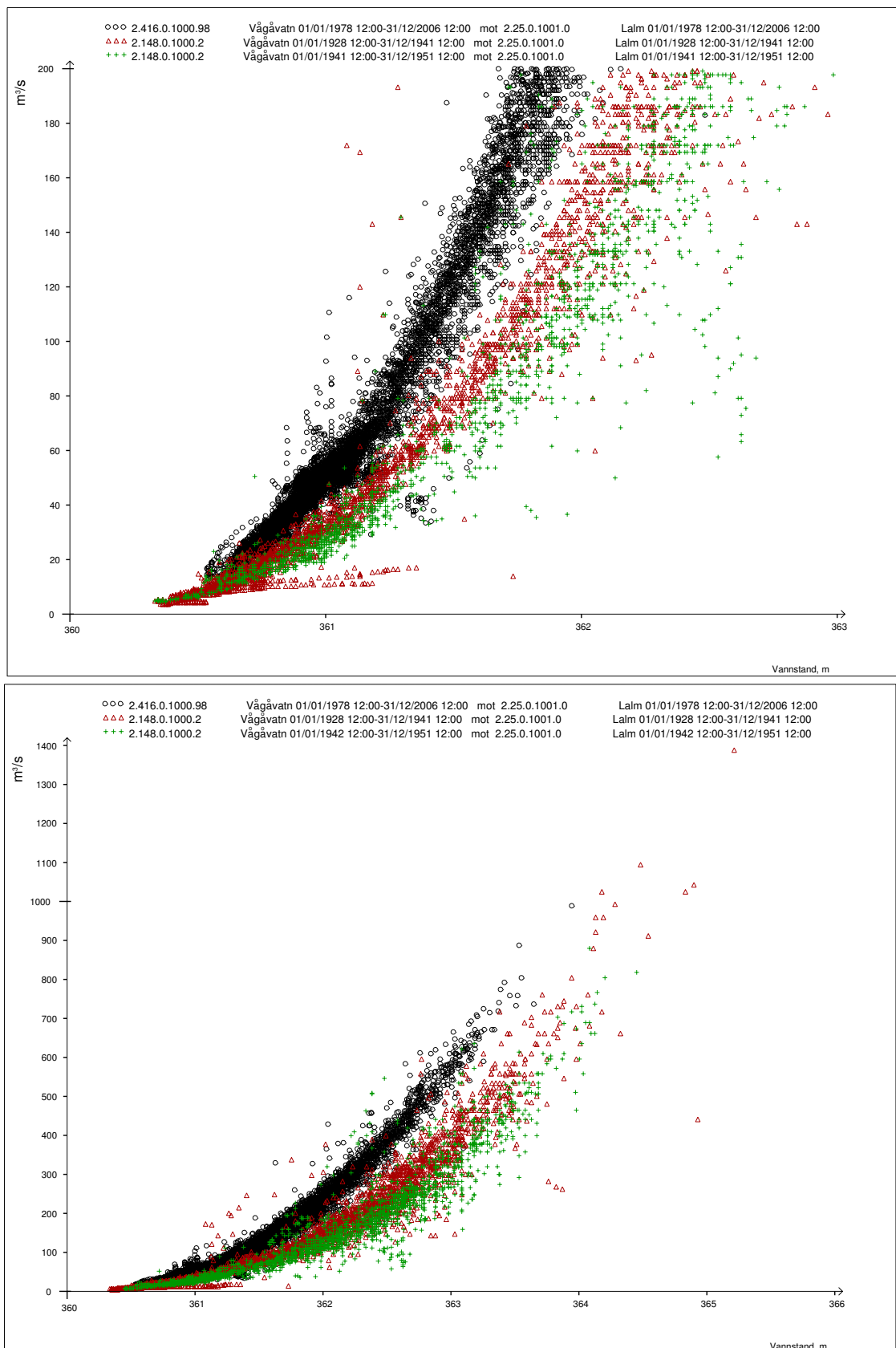


Fig. 3.12. Forholdet mellom vannføring ved Lalm og vannstand i Vågåvatn i tre perioder. (1928-1941 røde markører, 1942-1951 grønne markører og 1978-2006 sorte markører. Lalm ligger ca 13 km nedstrøms utløpet av Vågåvatn. Resttilsig på strekningen kan i perioder ha påvirket dataene.

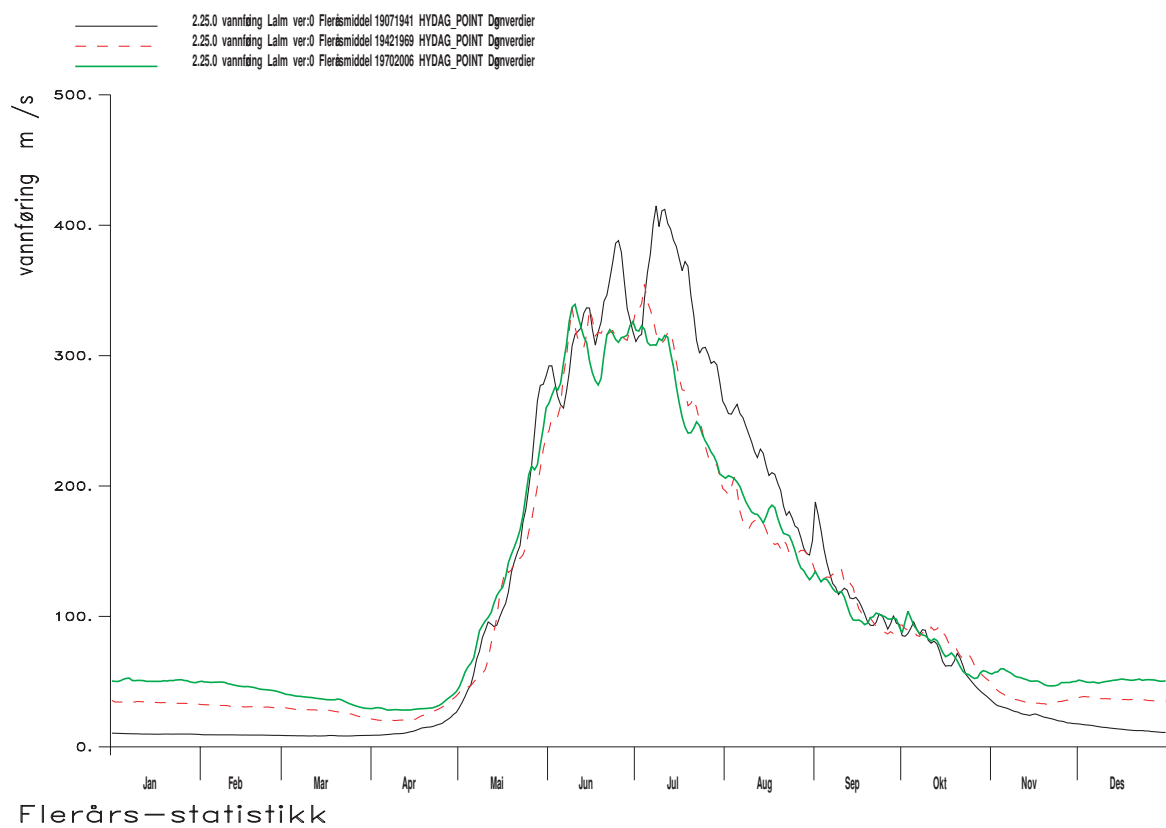


Fig. 3.13. Flerårsmiddel for vannføringen i Otta ved Lalm i tre perioder: 1906 – 1941 (sort), 1941 – 1969 (rød) og 1970 -2006 (grønn).

3.3 Vannstandsutvikling og endring av erosjonsbasis

De store deltaavsetningene i Vågåvatn er avsatt av materiale som tilføres fra Bøvra og Øvre Otta. Under naturlige forhold dvs. uten påvirkninger fra vannkraftutbygging i øvre Otta, var det lav vintervannføring og strømhastighet i innløpselven under forhold med lav vannstand i Vågåvatn. Maksimumsvannstandene om sommeren var høyere og varigheten av høyere vannstander var lengre i perioden med observasjoner før 1942 enn det som er tilfelle etter 1978. Dette er forhold som har stor innvirkning på sedimentasjonsdynamikken på deltaplattformen, dvs hvor og hvordan sedimentene deponeres. Lavere vannstander i perioder med høy transport har ført til at sedimentene føres lengre ut mot deltaskråningen. Kortere varighet av høye vannstander og vannstander som ikke lenger oppnås har ført til mindre sedimentasjon og bortfall av all videre pålagring i visse områder. Tørrelaggingstiden i disse områdene har derfor økt som følge av dette.

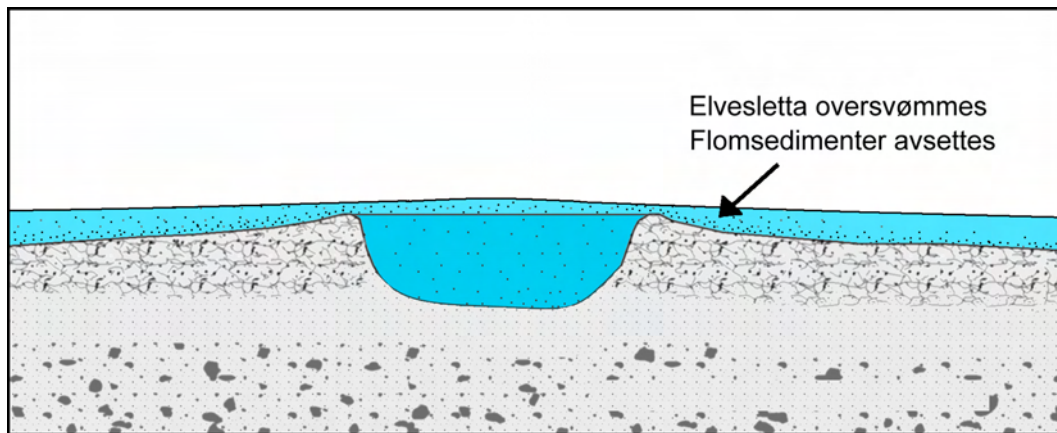
I årene fra 1942 og fram til 1951 steg minimumsvannstanden i Vågåvatn som følge av økt vintervannføring. Først med tilsig fra Tesse, men senere også Øvre Otta. Vintervannføringen i Øvre Otta har økt i perioden etter 1942 og fram til 70 tallet som følge av økt magasinering i feltet. (jfr. fig. 3.3 og fig. 3.13). Minimumsvannstanden i perioden 1978 til 2006 er imidlertid lavere i forhold til den første fasen etter regulering (1942-1951), men høyere enn i perioden før 1942.

Vassdragsreguleringene har ført til økt vintervannføring og redusert flomvannføring. Vannstanden i Vågåvatn i flomperioden om sommeren ligger lavere under dagens forhold sammenlignet med perioden før 1951. Endringer i vannstanden i Vågåvatn og vannføringen i Øvre Otta har medført elveløpstilpasninger. Elvens gradient over plattformen har derfor blitt påvirket som et resultat av disse endringene. Dette kan ha ført til en senkning av elveløpet i forhold til den omkringliggende deltaplattformen som med tiden sannsynligvis har ført til færre situasjoner med breddfull vannføring og oversvømmelser på elvesletten over deltaplattformen. Dette har sannsynligvis ført til en reduksjon av oversvømmelsesfrekvensen på strekningen mellom Lom og Garmo, se fig 3.14. En slik elveløpstilpasning er ofte en langsom prosess som gradvis tilpasses de hydrologiske endringene over tid. Modellberegninger utført av Fjelstad og Gautun i 2006 viser at sandområdene ved Lom oversvømmes når vannføringen overstiger 155 m³/s i elveløpet under dagens forhold. Beregningen er basert på en vannstand i Vågåvatn på kote 361.5 m.

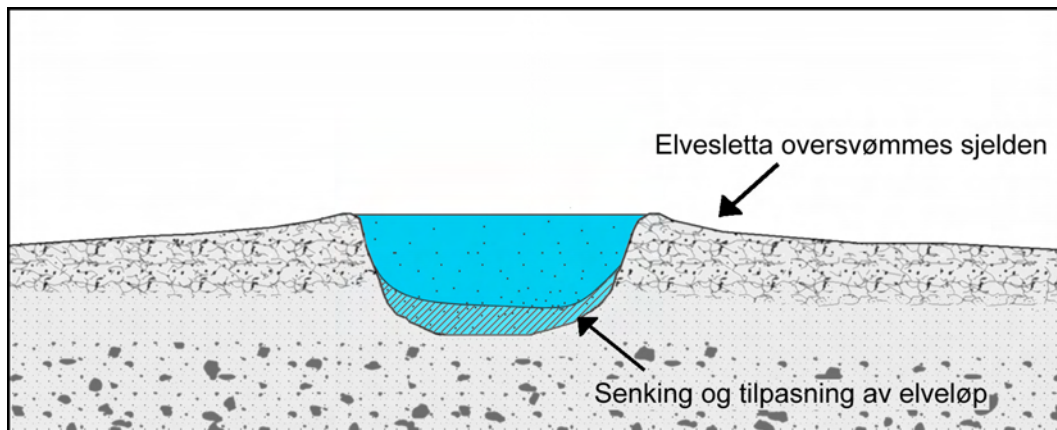
Lavere vannstander i perioder med høy transport har ført til at sandfraksjonene vandrer nedover i elveløpene og føres således lengre ut mot deltaskråningen. I forhold til tidligere er det sannsynligvis mindre mengder av disse fraksjonene som sedimenterer på plattformen.

Forbygningen langs Bøvra og Tronoddbrua har også betydning for strømhastighet, lokal erosjon og for hvor og hvordan sedimentene avsettes. Ledemuren og brua har sannsynligvis ført til at banken oppstrøms for brua har vokst i omfang. Brua har innsnevret elveløpet og påvirket sedimentasjonsforløpet et stykke nedstrøms. Endringene

i dette området er imidlertid av lokal karakter og utgjør bare en mindre andel av det totale arealet som påvirkes av vinderosjon.



A



B

Fig. 3.14. Prinsippskisse av elveløp som gjennomgår en tilpasning til endrede forhold.

A: Når elven går over breddfull avsettes det finfordelte sedimenter på elvesletta.

B: Endringer i vannstand kan ha ført til en senkning av elveløpet i forhold til omkringliggende elveslette.

4 Sedimentasjonen i Vågåvatn

Ved å undersøke sjiktningen i de sedimentære lagene, dvs varvene i boreprøver så vil det være mulig å få en indikasjon på hvordan sedimentasjonen nedenfor deltafronten i Vågåvatnet har variert over et lengre tidsrom.

Når en elv fører silt og leire ut i et ferskt eller brakt vann, vil de fine partikler holde seg svevende lenge mens det grovere materialet bunnfelles relativt hurtig. Ved liten vannføring om vinteren fortsetter derfor det mest finkornige materiale å bunnfelles, mens lite av nytt grovt materiale tilføres med elvene. Det oppstår en lagvis oppbygging av sedimentene med vekselvis finkornige og noe mer grovkornige tynne lag. Hver syklus (et fint og et grovt) utgjør et årsvarv.

Hensikten med denne undersøkelsen har vært å forsøke å finne ut om den årlige sedimenttilførsel av suspendert materiale til Vågåvatnet var endret med tiden. Sedimentavsetningene ble derfor analysert for to perioder, før første regulering (1880-1942) og tidsrommet etter (1942-2006). Etter 1942 er det foretatt atskillige reguleringer i vassdraget, som i 1947, 1952, 1954, tre ganger i 1960 årene, og sist i 2005. Begge de to periodene er satt til 60 år, for ikke å komplisere beregningene unødvendig.

4.1 Feltarbeide og analyser

Prøvene ble tatt opp fra islagt vann i april i perioden 26. til 30. april 2007.

Totalt ble det tatt opp prøver av vannets bunnssedimenter fra 15 lokaliteter i området mellom Klones nær utløpet og Sagodden, en strekning på ca 14 km. Vannet er inndelt i 7 sektorer, med vesentlig ulik sedimentasjon (fig. 4.1).

Analysene viste at prøve 1, 2, og 3, som lå meget nær Ottas delta, hadde meget tykke årlige sjiktninger. Disse kjernene var imidlertid ikke lange nok til å nå ned til sedimenter avsatt før ca 1987-1990. Prøve 13 og 14 i området mellom Vesleodden og Nyrnesodden viste typiske varv. Dette er en vekslings mellom lyse og mørke sjikt som utvilsomt representerer årlige avsetninger. Prøvene fra disse to lokalitetene var likevel relativt kompliserte å tolke, da overgangen mellom de enkelte år i store deler av prøvene var meget utydelige. Dette kan delvis skyldes en betydelig gassdannelse i sedimentet. Analysen av disse er derfor noe usikker. Prøver fra lokalitet 4, 5, 6, 7 og 11, som ligger i området mellom Neset og Tessand, var de som hadde utviklet best lagdeling (varvighet). Analyser av disse fem prøvene må betegnes som relativt sikre med hensyn til bestemmelse av alder og årlige sedimentmektigheter. Prøven fra lokalitet 8 ved Sandnes var tydelig påvirket av utløpsosen fra Tesse. Denne kunne ikke korreleres med de øvrige lokalitetene. Prøven fra lokalitet 9 viste et relativt homogent leirsediment. De årlige avsetningene var meget tynne og varierte mellom 0,2 og 0,4-0,5 mm. Prøven som helhet lar seg ikke tolke uten en inngående analyse, noe som ikke ble ansett for nødvendig i denne undersøkelsen. Prøve fra lokalitet 12 er ikke analysert. Den antas å være av samme type som prøve i lokalitet 9.

For å korrelere prøvene fra de ulike lokalitetene ble det identifisert 13 markerte sjiktninger fra overflaten og ned til bunnen av prøvene, såkalte referanselag (fig. 4.2). Disse er sikkert bestemt i lokalitetene 4, 5, 6, 7 og 11. Ut fra dette får en 12 tidsperioder

av ulik tykkelse og ulikt antall år. I lokalitet 4 og 7 ble ytterligere to referanselag identifisert. De to øvre referanselagene, identifisert som ca 1993 og 1981 er noe usikre, da varvigheten i disse øvre deler av prøvene er lite tydelige. De øvrige sjiktene er relativt sikkert identifisert. Av de fem lokalitetene ble sedimentkjernen fra lokalitet 5 valgt som referanseprøve, da denne var av best kvalitet av samtlige. Denne ble grundig analysert ved at hvert varv, tilsvarende ett års sedimentasjon ble målt (fig.4.3). Mektigheten av sedimentet mellom hvert referanselag representerte som følge av dette ulike antall år. Analysen viste at bunnen av det nedre referanselaget som er identifisert i alle de fem lokalitetene, var avsatt ca 1860 + - 5 år. Fig 4.2 viser de ulike referanselagene, med omtrentlige tidsperioder. Av hensyn til visse usikkerheter i tolkningen av de enkelte prøvene er det valgt å la begge de to tidsperiodene 1880-1943 og 1943-2006 representere ca 60 år.

4.2 Resultater

Område A-3, lokalitet 4, 5, 6 og 11: Prøvene fra alle de fire lokalitetene består av et relativt finkornet siltsediment med relativt godt utviklet lagdeling (varvighet). Som det fremgår av fig. 4.2 er det en forholdsvis jevn sedimentasjon mellom lokalitet 4 og 6 fra omkring 1925 og fram til ca 1980. Sedimentasjonen avtar merkbart ut mot lokalitet 7, bortsett fra i perioden 1973 – 1980. Det bemerkes imidlertid at fra 1926 til 1960 var det størst sedimentasjon i lokalitet 6, for deretter å minke inn mot lok 4. I perioden 1907 til 1925 var det størst sedimentasjon i lok 5, minst i 6 og omtrent likt i lok 11 og 4. I perioden mellom ca 1860 og 1943 er sedimentasjonen omtrent den samme i alle de fire lokalitetene. Det fremgår også av figuren at fra ca 1980 til 2006, er sedimentasjonen mer ujevn. Særlig har lokalitet 5 fått tilført noe mer enn de øvrige. For øvrig ligger et siltlag med en del organisk materiale på ca 18 mm på toppen av prøve 4. Dette må stamme fra sedimenttilførsel i forbindelse med lokalt stor nedbør i området i juli 2005.

Dersom det forutsettes at alle tidsperiodene mellom de forskjellige referanselagene er noenlunde riktig bestemt, er sedimentasjonen i tidsrommet 1943 til 2006 (ca 63 år) størst i lokalitet 5, mindre i lok 6 og ennå litt mindre, men omtrent den samme i 4 og 11 og aller minst i 7. I de foregående ca 60 år, ca 1880 – 1943, var sedimentasjonen også størst i lokalitet 5, ubetydelig mindre i lok. 4, og noe mindre i lok. 11 og 6. Også i denne perioden var sedimentasjonen betydelig mindre i lok. 7. Sammenlikner en de to tidsperiodene, viser analysene at sedimentavsetningen i lokalitet 7 er ca 10 mm tykkere i første periode. I lokalitet 6 er den ca 14 mm tykkere i den samme perioden og i lokalitet 5, ca 13 mm tykkere i samme periode. I lokalitet 11 er den ca 17 mm tykkere i den eldste perioden og i lokalitet 4 ca 21 mm tykkere i den eldste perioden (ca 1880 – 1943). Det har derfor bare vært en ubetydelig differanse i sedimentasjonen i de forskjellige lokalitetene i de to periodene på mellom 1 og 2 cm, og ser en alle de fem lokalitetene under ett har sedimenttilførselen i de siste ca 60 år fra ca 1940 til 2006 vært omtrent like stor som i de foregående ca 60 år, mellom ca 1880 og 1940. Skillet mellom de to periodene er satt til ca 1940, fordi de første reguleringene startet opp i 1942. Reguleringen ser derfor ikke ut til å ha påvirket transporten av suspendert materialtilførsel til denne delen av Vågåvatn nevneverdig. Analyser av bunnsedimentene i dette området av vannet viser meget jevn tilførsel over lange tidsrom. (Se varvdiagrammet i fig. 4.3).

Område A-1, lokalitet 1, 2, 3: Disse lokalitetene ligger forholdsvis nær deltakanten, og har forholdsvis tykke sjiktninger. I snitt viste disse årlige avsetninger på ca 20 mm i de siste 15 år. Kjernene viste ikke avsetninger eldre enn ca 1990, så en kan ikke med sikkerhet si om de årlige avsetninger var tykkere eller tynnere tidligere. På grunnlag av det som ble funnet i referansekjernen i lok. 5 er det grunn til å anta at mektigheten av sedimenter avsatt etter ca 1940 er noe mindre enn tidligere. Sedimentasjonen i deltaområder er imidlertid ofte omskiftelig. Til tross for denne usikkerheten er det likevel regnet lik sedimentasjon i dette området i begge tidsperiodene, ut fra det som er funnet i de øvre lagene av prøver fra disse tre lokalitetene. Dette gir en total sedimenttilvekst i denne delen av vannet på ca 120 cm i hver av periodene.

Område A-2, lokalitet 13 og 14: Disse to lokalitetene viste et noe utydelig varvig siltsediment med mye små gasslommer, som kompliserte tolkningen. Lokalitetene lå med ca 1,2 km avstand, men var vanskelig å korrelere, både innbyrdes og mot den nærmeste lokalitet 4. I beregningene er det derfor foretatt en analyse av mektigheten i mindre sekvenser av årslag som en med stor grad av sikkerhet vet er avsatt i de to periodene. På grunnlag av dette er en kommet fram til at i den siste perioden (1940-2006) har det vært en total sedimenttilvekst i lokalitet 13 på ca 32,5 cm, og i perioden 1880-1940, ca 30 cm. I lokalitet 14 har tilveksten i den eldste perioden vært ca 36 cm, og i den yngste perioden ca 35 cm. Prøvenes kvalitet gjør imidlertid disse beregninger litt usikre.

Område A-4, lokalitet 7: Lokaliteten ligger ca 1,4 km fra lokalitet 6, og sedimentasjonen er betydelig mindre enn i lokalitet 6. Se fig. 4.2. I denne delen av vannet ser det også ut til at sedimentasjonen har vært litt mindre i den eldste perioden i motsetning til det som er påvist i resten av vannet. Varvigheten i bunnsedimentet er her for øvrig meget god og analysen relativt sikker.

Område A-5, lokalitet 8: Denne lokaliteten er berørt av tilløpet fra Tesse og lot seg ikke korrelere med nærliggende lokaliteter. Også her har en analysert mindre sekvenser av årlige avsetninger i de deler av kjernen som har avsetninger fra begge perioder. Dette viste en total avsetning i siste periode på totalt ca 5,3 cm og i eldste periode ca 9,0 cm. Også for her er analysen litt usikker.

Område A-7, lokalitet 9 og 9B: Denne lokaliteten viste et svært finkornet leire/siltsediment med utydelig eller i store deler av kjernen ingen lagdeling. De få sekvensene det var mulig å analysere, viste årlige avsetninger på ca 0,3 mm i snitt i de øvre deler av disse kjernene, og noe mer, ca 0,5 mm, i de nedre deler. Det var imidlertid ikke mulig å identifisere lagdeling i den siste perioden etter ca 1940. Det er derfor regnet med at sedimentasjonshastigheten også her har avtatt litt i dette tidsrommet. Dette gir en total pålagring i denne delen av vannet på ca 1,8 cm på de siste ca 60 år og ca 3,0 cm i de foregående ca 60 år.

Område A-7 og A-6, lokalitet 10 og 12: Prøvene fra disse to lokalitetene er ikke analysert. Det er imidlertid klart at de årlige avsetningene i lokalitet 12 ligger omtrent mellom det som ble funnet i lok. 8 og lok 9, og er bestemt til ca 6 cm i perioden 1880-1940 og ca 3,5 cm i tidsrommet ca 1940-2006. I lokalitet 10 er regnet omtrent samme avsetningsforhold som i lokalitet 9, muligens litt mindre.

På grunnlag av de analyser og beregninger som er gjort, er en kommet fram til at totalt i hele Vågåvatnet fra Grøna ved nåværende deltakant og ut til utløpsosen har det i den

eldste perioden, fra ca 1880-1943, blitt akkumulert 3.26 mill. m³ suspendert materiale, som tilsvarer en midlere årlig tilførsel på ca 52000 m³. I den siste 60 års perioden ca 43-2006, har tilførselen vært ca 3.15 mill. m³, som tilsvarer ca 50000 m³ i året. Omregnet til tonn ved en tetthet på 1,3, blir totaltransporten i perioden 1880-1943, 4.24 mill. tonn og i siste periode fram til 2006, 4.09 mill. tonn. Dette tilsvarer en årlig transport inn i Vågåvatnet på henholdsvis ca 67500 tonn i første periode og 65000 tonn i andre periode. Dette viser at det har vært en nedgang i tilførselen av suspendert materiale til Vågåvatnet på ca 3,5 % fra første til andre periode. Hovedtilførselen av suspendert materiale som avsettes i Vågåvatnet, kommer fra Bøvra, som ikke er regulert, og ut fra denne undersøkelsen ser det ut til at sedimenttransporten i hvert fall etter ca 1850 og fram til nå har vært relativt konstant, selv om den i kortere perioder har variert noe.

Tabell 4.1. Sedimentasjonen i Vågåvatnet før og etter regulering av vassdraget i m³ og tonn ved tetthet 1.3. De forskjellige lokalitetene er plassert i 7 ulike sektorer av forskjellig utstrekning, avhengig av målt sedimentasjon. I lokalitet 10 og 12 er sedimentasjonen beregnet, da prøvene fra disse to lokalitetene ikke er analysert.

Sektor	Areal km ²	Lokalitet	Periode 1880-1940			Periode 1940-2006		
			Tykkelse cm	Volum m ³	Tonn	Tykkelse cm	Volum m ³	Tonn
A-1	1.375	1-2-3	1200.0	1650000	2145000	1200.0	1650000	2145000
A-2	0.888	13	30.3	268900	349600	32.5	288400	375000
A-2	0.888	14	34.4	323900	421100	34.6	307100	399200
A-3	3.675	4-5-6-11	16.8	617400	802600	16.5	606400	788300
A-4	1.175	7	9.4	110400	143500	10.4	122200	158900
A-5	1.850	8	9.0	166500	216400	5.3	98800	128400
A-6	0.570	12	6.0	34200	44500	3.5	20000	26000
A-7	3.000	9-9B-10	3.0	90000	117000	1.8	54000	70200
A-1– A-7	13.42	1-14	15.8	3261300	4239700	14.9	3146900	4091000



Fig. 4.1. Vågåvatnet. Vannet er inndelt i syv forskjellige sektorer, ut fra mektigheten av sedimentavsetningene i disse. Prøvelokalitetene 1 til 14 er inntegnet.

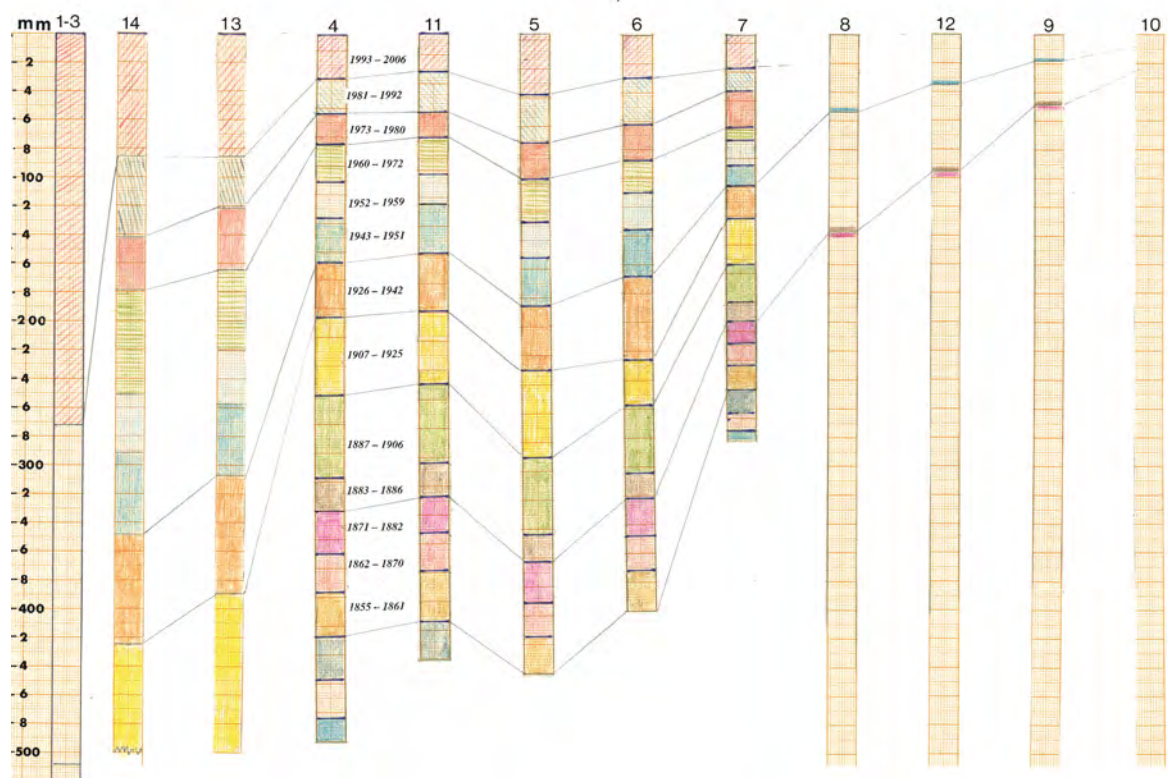


Fig. 4.2. Diagrammet viser de forskjellige prøvelokalitetene med angivelse av sedimenttykkelsene i mm i de forskjellige tidsrommene, mellom de ulike referanselagene. Lokalitet 1 ligger nærmest innløpet og deltaet og lokalitet 10 omtrent 2 km fra utløpsosen.

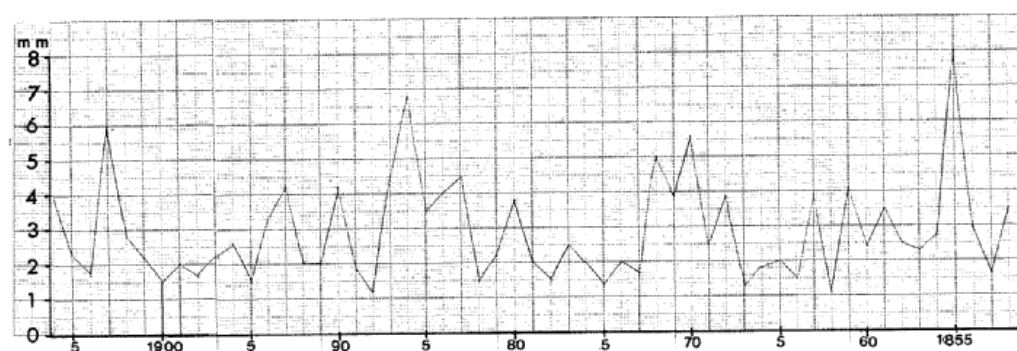
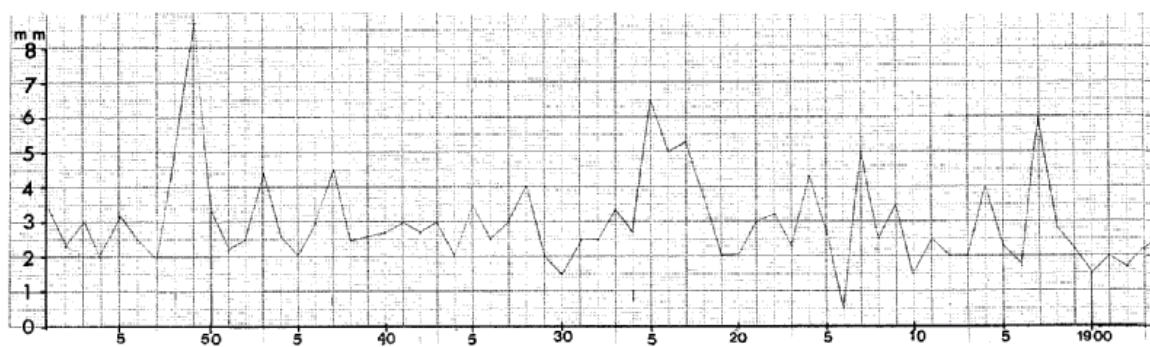
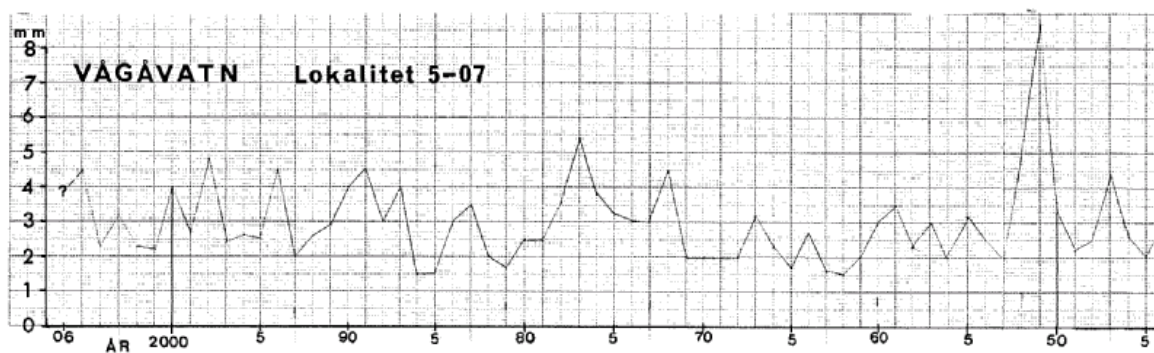


Fig. 4.3 Varvdiagram fra lokalitet 5. Mektigheten av de årlige avsetningene er angitt i mm. De eldste avsetningene i denne lokaliteten er fra ca 1855. Lokaliteten hadde den gunstigste beliggenheten av alle, for dannelsen av såkalte varv og var den av prøvene som ga det mest korrekte bilde av de ulike årlige sedimenttykkelser.

5 Vindtransport av materiale

I følge lokale observasjoner er vestavinden dominerende i Ottadalen, sjeldnere er det østavind. Vinden følger dalretningen.

Det er ikke foretatt vindmålinger i prosjektet. Det er dessverre heller ikke funnet vinddata som dekker det aktuelle området.

Vinden tørker opp sedimentene slik at de lettere utsettes for vinderosjon. Vinden frakter med seg silt og sandpartikler noen ganger over lange avstander. Fig. 5.1 viser at det ikke er så store vindhastigheter som skal til for få silt og sandpartikler i bevegelse.

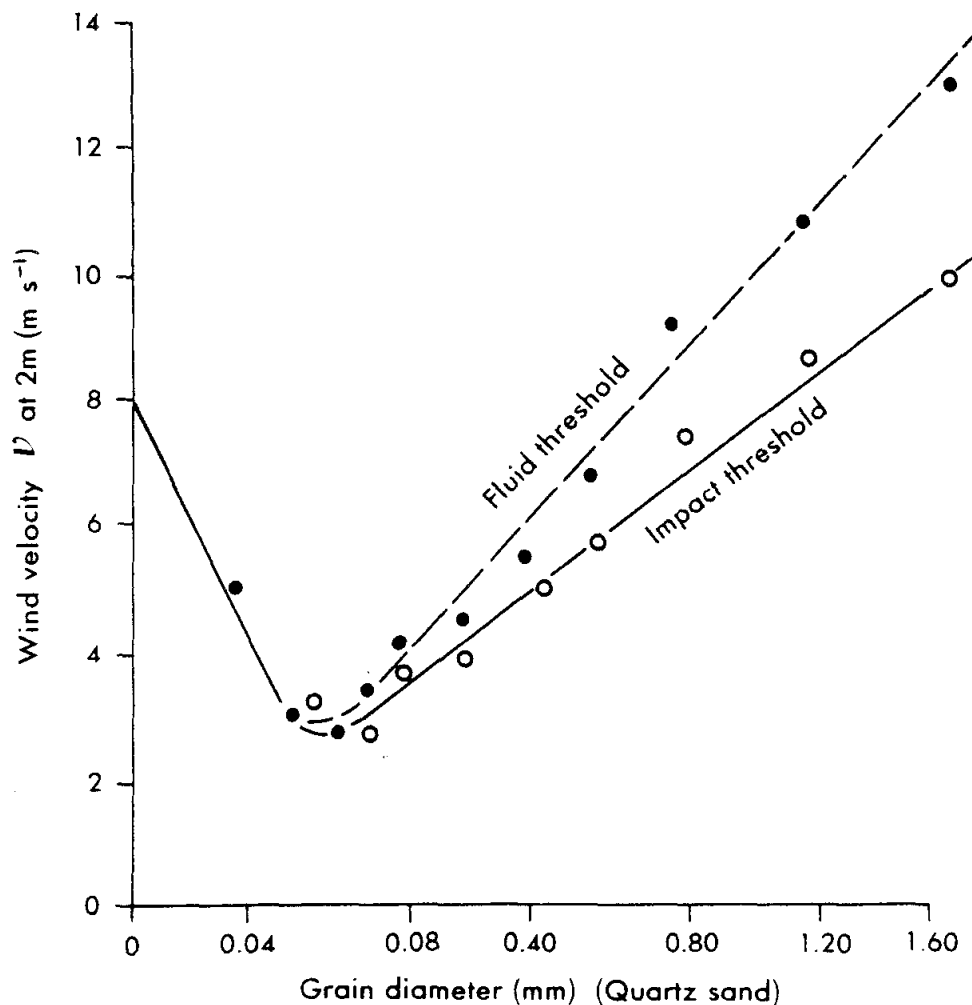


Fig. 5.1. Kritiske hastigheter for vinderosjon. Når materialet utsettes for impulser fra partikler som allerede er i bevegelse, er skjærhastigheten som skal til for å bringe materialet i bevegelse lavere enn i materialfri luft. (Etter Embleton og Thornes 1979, jfr Bogen 1987)

Fig 5.2 viser at korttransportert vindblåst materiale fra området har en middelnørrelse på om lag 0,26 mm (260 μm). Det vil si at hovedandelen av dette

materiale ved tørre forhold kan ha vært i transport ved en vindstyrke på lett til laber bris (3.4-7.9 m/s). Figur 5.3 viser materialefordelingen i sedimentene i deltaområdet (se fig. 2.3). Det er materiale fra om lag 50 μm til 500 μm .

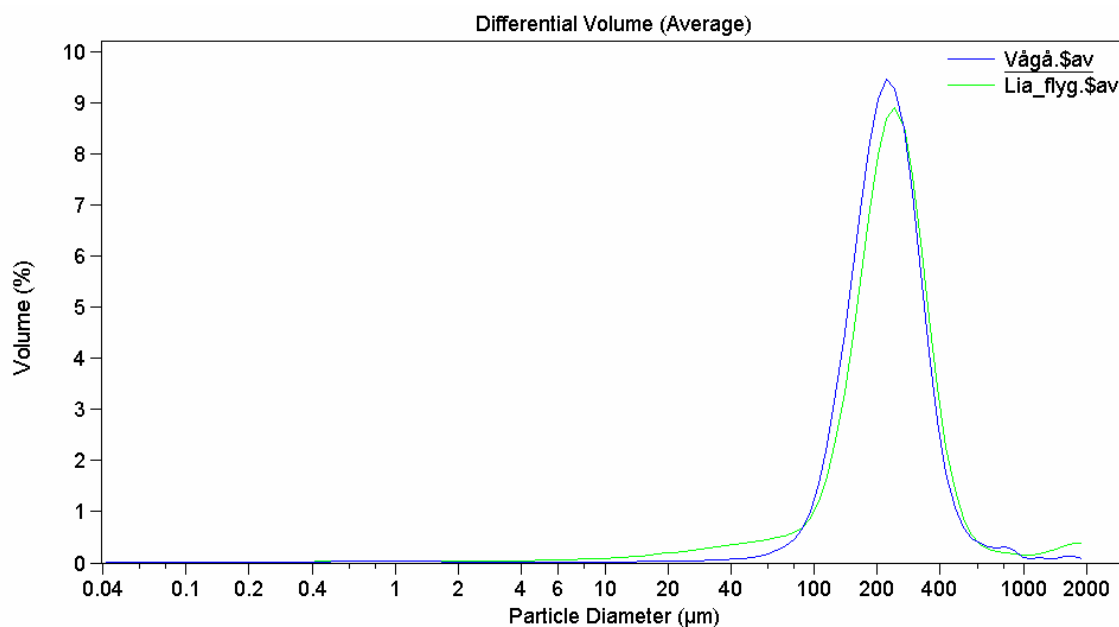


Fig. 5.2 Kornfordeling av eolisk materiale (vindblåst) fra sandbanke ved gamle Lia bru.

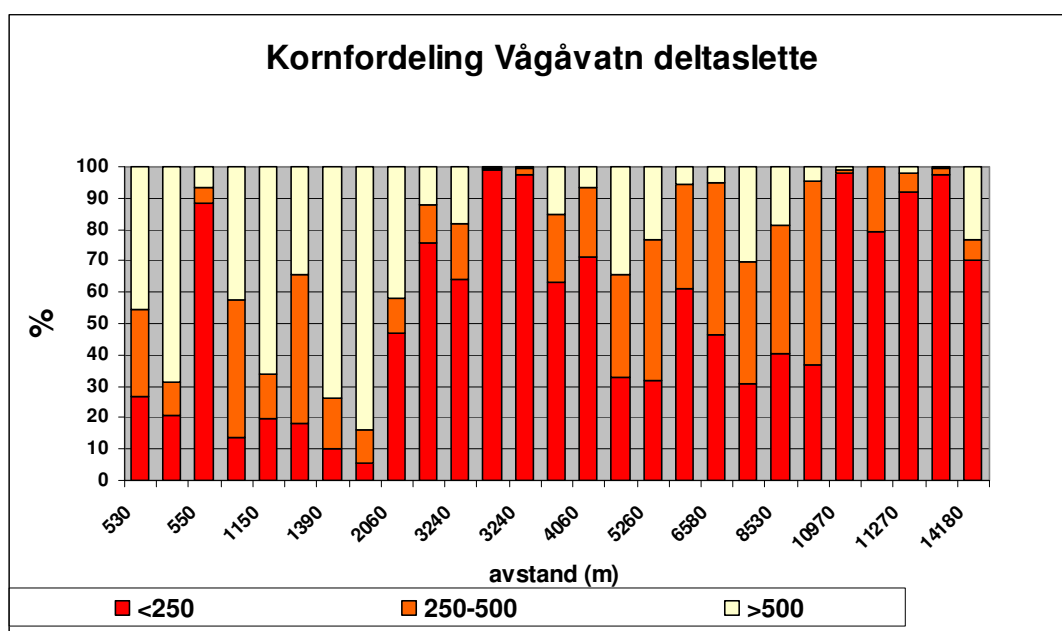


Fig. 5.3 Andel materiale i fraksjonene mindre enn 250 μm , 250-500 μm og større enn 500 μm , i prøver fra deltaområdet (2006) sortert etter avstand fra utløp Bøvra.

6 Oppsummering

Denne undersøkelsen drøfter ulike faktorerers betydning for sandflukt fra deltasletta mellom Garmo og Lom.

Materialet som utsettes for vinderosjon er sedimentert på deltasletta under høy vannstand. Det kommer hovedsakelig fra tilførsel fra breene i Bøvras nedbørfelt. Her er suspensjonstransporten målt til 133 000 tonn/ år. I Otta ved Skjåk er den målt til 34000 tonn/ år. En betydelig andel av dette materialet sedimenterer på deltasletten og i Vågåvatn. Analyser av borkjerner fra Vågåvatnet viser at tilførselen av finmateriale ikke har gjennomgått vesentlige endringer i de siste 100 år.

En stor del av områdene som danner kildeområdene for sandflukt ligger på kotehøyder mellom 362 og 363.25 moh. Sandflukten foregår når bankene er utsatt for vinderosjon etter uttørking. Det er en utbredt oppfatning blant lokalbefolkningen at sandfluktproblemene har økt i senere år.

Vurderingene i denne rapporten konkluderer med at årsakene ligger i hydrauliske og hydrologiske endringer i elveløpene og i nedbørfeltet. Disse endringene kan ha ført til at oversvømmelsesfrekvensen er redusert samtidig som opptørkingsperiodens lengde har økt.

Magasinerings av vann for kraftproduksjon oppstrøms Vågåvatnet har ført til økt tilsig i vinterhalvåret og dempet flomvannføringer om våren og sommeren. Endringer i vannføringsregimet gjelder tilsig fra Tesse og senere Øvre Otta som er berørt av flere reguleringer i perioden fra 1942 og fram til 1960 årene og senest på 2000 tallet. Dette har igjen påvirket vannstandsregimet i Vågåvatnet. I perioden fram til 1951 var det generelt et høyere vannstandsnivå enn det som er tilfelle i perioden etter 1978, jfr fig. 3.4. Vannstander over kote 363 forekommer svært sjelden i dag, jfr. fig. 3.9. Reduksjon i varighet av de høyeste vannstandene har ført til lengre tørrleggingstid i visse områder.

Målinger viser at maksimumsvannstandene om sommeren er redusert samtidig som varigheten av de høyeste vannstandene har avtatt. Disse endringer i vannstandsregimet har innvirkning på sedimentasjonsforholdene på deltaplattformen, dvs. hvor og hvordan sedimentene deponeres. Lavere vannstander i perioder med høy sedimenttransport har ført til at sedimentene føres lengre ut mot deltaskråningen og avsettes i disse områdene. Bøvra, som har et naturlig vannføringsregime, er den største sedimentkilden til Vågåvatn.

Rett etter de første reguleringene i 1942 var det også en signifikant økning av minimumsvannstandene på grunn av økt vintervannføring i vassdraget, se fig. 3.4 og fig. 3.9. Vannstander lavere enn kote 361 hadde lenger varighet før 1942 (fig. 3.5) enn under dagens forhold (fig 3.4 etter 1978). Vintervannføringen i Øvre Otta har økt noe i perioden etter 1950 og fram til 60 – 70 tallet som følge av økt magasinerings i feltet. (jfr. fig. 3.3 og fig. 3.13). Minimumsvannstanden i perioden 1978 og fram til 2006 er imidlertid lavere i forhold til den første fasen etter regulering (1942-1951), men høyere enn i perioden før 1942.

Under dagens regime (etter 1978) påvirkes ikke vannstanden like raskt ved økning av vannføringen, og det oppnås ikke tilsvarende vannstander ved samme vannføring som før 1951, se fig 3.12. Endring av utløpet kan være forklaringen på at vannstanden ikke stiger

like mye som tidligere og at vannstander over kote 363 inntreffer mer sjelden i dag enn før 1951.

Vassdragsreguleringene har ført til økt vintervannføring og redusert flomvannføring. Vannstanden i Vågåvatn i flomperioden om sommeren ligger lavere under dagens forhold sammenlignet med perioden før 1951. Endringer i vannstanden i Vågåvatn og vannføringen i Øvre Otta har medført elveløpstilpasninger. Elvens gradient over plattformen har derfor blitt påvirket som et resultat av disse endringene. Dette kan ha ført til en senkning av elveløpet i forhold til den omkringliggende deltaplattformen som med tiden sannsynligvis har ført til færre situasjoner med breddfull vannføring og oversvømmelser på elvesletten over deltaplattformen. Dette har sannsynligvis ført til en reduksjon av oversvømmelsesfrekvensen på strekningen mellom Lom og Garmo. En slik elveløpstilpasning er ofte en langsom prosess som gradvis tilpasses de hydrologiske endringene over tid. Modellberegninger utført av Fjelstad og Gautun i 2006 viser at sandområdene ved Lom oversvømmes når vannføringen overstiger $155 \text{ m}^3/\text{s}$ i elveløpet under dagens forhold. Beregningen er basert på en vannstand i Vågåvatn på kote 361.5 m.

Lokale endringer i form av ledemurer og brokonstruksjoner har også betydning for strømhastighet, lokal erosjon og for hvor og hvordan sedimenttransporten avsettes. Dette ser imidlertid ut til først og fremst ha betydning lokalt.

Endring av utløpsprofil ved Vågåmo kan også ha medført endringer i vannstandsregimet. Det ble tatt ut bunnmateriale fra Otta nedstrøms brua ved Vågåmo i perioden 1969 til 1973. Dette kan ha ført til endringer av utløpsprofilet i Vågåvatn og dermed senkning av Vågåvatn. Det er imidlertid stor usikkerhet omkring effekten av dette inngrepet. I etterkant av masseuttakene ble det foretatt beregninger for å kvantifisere innvirkningen på vannstanden i Vågåvatn. Disse beregningene kom fram til en senkning av vannstanden på inntil 0,55 m ved $400 \text{ m}^3/\text{s}$. Ved $100 \text{ m}^3/\text{s}$ ble senkningen beregnet til 0,35 m og 0,10 m ved $20 \text{ m}^3/\text{s}$. I rettsdokumenter fra 1976 står det imidlertid at disse senkninger ikke er bevirket av masseuttak alene. Tiltak som har vært foretatt i Finna som opprenskninger og forbygninger har også hatt en medvirkende årsak.

Store flommer i vassdragene kan også føre til endringer i utløpsprofilet av innsjøer med løsmasse-terskler. Dette kan også ha forekommet i Vågåvatn, men det foreligger ingen undersøkelser som bekrefter dette. Finnas elvevifte har også hatt betydning for vannstanden i Vågåvatn i tidligere tider.

I Tunsbergdalsmagasinet ved Jostedalsbreen var det problemer med sandflukt. Her har vanningsanlegg blitt benyttet for å redusere sandflukten. Vanning er imidlertid trolig uegnet i Vågåvatn fordi problemene omfatter for store arealer.

En terskel i utløpet av Vågåvatn som hever vannstanden vil sannsynligvis være et effektivt tiltak mot sandflukt, men det vil også forandre sedimentasjonsforholdene.

Hydroteam foreslår en kombinasjon av bygging av en terskel ved Lia bru og en terskel ved Vuluas vifte ved Garmo (Fjelstad & Gautun, 2006). Ved en slik løsning må man imidlertid ta høyde for at sedimenttilførselen inn i dette området er stor og at slike dammer kan fylles opp relativt raskt.

7 Referanser

Bogen, J., 1987 Sedimenttilførsel og sedimentasjon i Tunsbergdalsmagasinet. NVE – Hydrologisk avdeling. Oppdragsrapport nr. 7. 30s.

Bogen, J. Bønsnes, T.E. & Elster, M., 2002 Miljøfaglige undersøkelser i Øyeren 1994 – 2000. Erosjon, sedimentasjon og deltautvikling. NVE – rapp. 3/02, 102 s.

Elster, M., 1987 Sedimentasjonsforløpet på et suspensjonsdelta. Bøvras delta i Vågåvatn. H.oppg. Geogr.inst. Univ Oslo, 87s.

Embleton, C., Thornes, J. 1979 Process in Geomorphology. Edward Arnold, 436s.

Fjelstad, K. & Gautun, G., 2006 Vannlinjeberegninger i samband med sandfluktproblemet i Otta. Oppdragsrapport. Hydroteam, 15s.

Skarbøvik, E. 1987 Geokjemisk variabilitet i fluviale sedimenter, Ottavatn, Bøvra og Ovre Otta, Oppland fylke. Rapportserie: Hydrologi, nr 17, 89s.

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i Oppdragsrapportserie A i 2009

- Nr. 1 Kristin Skei (red.): Nidelva og Gaula. Tilstandskartlegging av elvebredden innen Trondheim kommune (301 s.)
- Nr. 2 Erik Holmqvist: Flomberegning for Middøla, 016.H1Z (29 s.)
- Nr. 3 Erik Holmqvist: Flomberegning for Busneselva, 016.G2 (18 s.)
- Nr. 4 Kari Svelle Reistad og Demissew Kebede Ejibu:
Hydraulisk beregning av Busneselva fra RV 37 til Tinnsjø (42 s.)
- Nr. 5 Kjetil Melvold: Kvennfossen kraftverk. Virkninger på isforhold
- Nr. 6 Per Ludvig Bjerke: Hydrologisk undersøkelse i forbindelse med bygging av ny gang- og sykkelbru over Fjelna ved Vinjeøra (14 s.)
- Nr. 7 Jim Bogen, Truls Erik Bønsnes, Margrethe Elster, Hans Christian Olsen: Faktorer som har betydning for sandflukt i Vestre Vågåvatn (38 s.)