Kollemo badelagune i Hægebostad kommune (024.B4)

Grunnvannsanalyse og temperaturforhold

Norges vassdrags- og energidirektorat
2002

Rapport nr 8

Kollemo badelagune i Hægebostad kommune (024.B4)

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør:

Forfatter: Panagiotis Dimakis

Trykk: NVEs hustrykkeri
Opplag:
Forsidefoto:
ISSN: 1503-0318

Sammendrag: Temperaturforholdene i en kunstig badelagune undersøkes. Grunnvannsanalyser er utført for å beregne mengden av kaldt grunnvann som skal strømme inn i lagunen og temperaturanalyser er utført til å beregne oppvarmingen av lagunen fra lufttemperatur.
Inntak av varmere vann fra elven samt andre tiltak som kan innføres for å øke temperaturen i lagunen diskuteres.

Emneord: Badelagune, temperaturforhold, grunnvannstrømning

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

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

November 2002

Innhold

Forord 4

Sammendrag 5

Prosjektbeskrivelse 6

Bakgrunnsdata 8

- **Kart** 8
- **Kornfordelinger** 8
- **Vannstandsdata** 9
- **Vanntemperaturdata** 13

Analyser 18

- **Grunnvannsanalyse** 18
- **Antagelser og tilleggsdata** 20

Resultater 22

- **Grunnvannsanalyse** 22
- **Temperaturanalyse** 22
  - **Solenergi** 22
  - **Luft- og bakketemperatur** 22
  - **Tidsanalyser** 27
  - **Grunnvann og lagunetemperatur** 27
  - **Om bakketemperatur** 27
  - **Andre påvirkninger** 28
- **Stabilitetsanalyse** 29

Anbefalinger 30

- **Verste scenario** 30
- **Løsninger** 34

Forord

NVE har fått et oppdrag fra Berg Kollemos stiftelse angående en kunstig badelagune som de ønsker å bygge ut i Kollemomonen. NVE er bedt om å utføre følgende oppgaver: Vurdering av strømningsforholdene i elvesletten. Vurdering av optimale vannmengder som må føres fra elven til bassenget og ut igjen, samt måter dette må/kan gjøres på for å få høyest mulig temperatur i bassenget. Resultatene vil danne grunnlag for å plassere inntaket fra elven og uttaket fra lagunen. Foreta stabilitetsvurderinger av strendene som skal bygges opp av stedlige masser.

Rapporten bygger på grunnvannsanalyser og temperaturanalyser utført i NVE's Hydrologisk avdeling ved seksjon Vannbalanse, innenfor kostnadsramme på kr.50.000. Analysene er basert på data fra NVE og Hægebostad kommune.

Oslo, november 2002

Kjell Repp
avdelingsdirektør

Sverre Hysebye
seksjonssjef

Sammendrag

Berg Kollemos Stiftelse ønsker å lage en kunstig lagune på Kollemomonen. Lagunen skal være om lag 90m x 110m og skal graves ut på kanten av sletta ved Lygna elven. Formålet med lagunen er at den skal brukes som badested og dermed blir det viktig at temperaturen i vannet blir minst like høy som temperaturen i Lygna.

En rekke analyser er utført for å belyse temperaturforholdene i lagunen. Resultatene viser at de eksisterende naturlige forholdene i området er positive for etableringen av badelagunen. Analysene viser at store mengder av "kaldt" grunnvann og "varmt" vann fra Lygna kommer til å infiltreres inn i lagunen. Infiltrasjonsprosessene fører til en situasjon hvor vannet i lagunen får en temperatur som er kun noen få grader lavere enn temperaturen i Lygna. I tillegg til infiltrasjon kommer temperaturen i lagunen til å være avhengig av lufttemperatur og solenergi. Disse kommer til å øke temperaturen i lagunen ytterligere, og totalt sett får vi temperaturer som er minst like høy som temperaturen i Lygna.

Resultatene bygger på meget begrenset informasjon for laguneområdet. Dette betyr at vi har en vis usikkerhet knyttet til analyseresultatene. Løsmassene i Kollemomonen ser ut til å være meget grove med høy permeabilitet, men vi er ikke 100% sikker på det. Det kan hende at løsmassene viser seg til å være mindre grove i dybden med en mye lavere permeabilitet. I så fall kommer infiltrasjonen fra Lygna til å være mye mindre enn den beregnede infiltrasjonen og vannet i lagunen blir kaldere som et resultat av dette.

Usikkerheten kan vi ta hensyn til ved å anta et verste scenario situasjon for temperaturforholdene i lagunen. I en slik situasjon kommer kun kaldt grunnvann til å infiltreres i lagunen og temperaturen i lagunen blir meget lav. Tiltak for å forbedre temperaturforholdene i lagunen er diskutert i slutten av rapporten.

Prosjektbeskrivelse

Berg Kollemos Stiftelse ønsker å lage en kunstig lagune på Kollemomonen. Lagunen skal være omlag 90m x 110m og skal graves ut på kanten av sletta ved Lygna elven. Formålet med lagunen er at den skal brukes som badested og dermed blir det viktig at temperaturen i vannet blir minst like høy som temperaturen i Lygna.

Lagunen i Kollemomonen, som Berg Kollemos Stiftelse ønsker å lage, er et krevende prosjekt. Utgravingsarbeidet er omfatende. Området som må graves ut er nesten like stort som to fotballbaner og det største del av utgravingen skal foregå under grunnvannsnivået. For at lagunen skal få en vanndybde på 2- 3 m trenger man en utgravning på minst 3 – 4m fra overflaten.

Lagunen skal brukes som et badested. For at prosjektet skal være vellykket må lagunen ha en middeltemperatur om sommeren som er så høy som mulig. Dette er på ingen måte en vanlig prosjekt for NVE. Temperaturberegninger og analyser er ikke noe nytt for NVE. Det som gjør dette prosjektet annerledes enn andre NVE prosjekter er at grunnvannet kommer til å ha stor innflytelse på temperaturforholdene.

Lagunen kommer til å fylles opp med grunnvann. Vannstandsnivå i lagunen kommer til å stabilisere seg omtrent på nivået som grunnvannsspeilet hadde i dette området før utgravingen. Grunnvann kommer til å strømme inn og ut av lagunen og fornye lagunens vann. Hvor mye grunnvann kommer til å strømme inn og ut av lagunen? Hvilken temperatur har dette grunnvannet om sommeren? Hvilken temperatur kommer vi til å få på bunnen av lagunen om sommeren? Hva kan vi gjøre for å forbedre temperaturforholdene i lagunen?

I løpet av sommermånedene kommer vanntemperaturen i lagunen til å vare avhengig av flere andre faktorer enn grunnvann. Antall soldager, lufttemperatur, vindforhold, nedbør osv. Det er ingen tvil om at prosessene som vil styre temperaturforholdene i lagunen er kompliserte.

NVEs oppgave er å svare på alle disse spørsmålene om temperaturforholdene i lagunen. Vi skal først utføre grunnvannsanalyser for å finne ut hvor mye grunnvann kommer til å strømme inn og ut av lagunen. Vi skal bruke tilgjengelige vanntemperaturmålinger og statistiske data fra DNMI for å beregne normale temperturforhold. Deretter kommer vi til å analysere oppvarmingsprosessene for å finne ut hvilken effekt de forskjellige faktorene på lagunen har.

Avslutningsvis kommer vi til å foreslå en strategi for å forbedre temperaturforholdene i lagunen. Berg Kollemos Stiftelse ønsker konkrete forslag om hvor mye vann bør føres inn i lagunen fra Lygna for å få en optimal temperatur i lagunen og hvordan dette bør utføres. Vi skal forsøke å komme med konkrete forslag i den graden det er mulig. Undersøkelsene som er foretatt i laguneområdet er minimale og dette begrenser påliteligheten av våre analyser.

I tillegg ønsker Berg Kollemos Stiftelse en stabilitetsvurdering av strendene som skal bygges opp i lagunen.

Figur 1. Raster topografisk kart over Kolemomonen, som er brukt i analysene. Kartet er sammensatt fra 4 rasterkart med skala 1:5000 fra NVEs digital kartdatabase.

Bakgrunnsdata

Kort beskrivelse av tilgjengelige data fra Kollemomonen som danner grunnlaget for analysene som skal utføres.

Generelt sett har vi meget lite informasjon tilgjengelig fra Kollemomonen. Vi har fått flere kart og 4 kornfordelingskurver fra Hægebostadkommunen. Kartene har en begrenset verdi for oss fordi analyseverktøyene som skal brukes krever digitale kart. Kornfordelingene er nyttige fordi de gir oss den eneste informasjonen vi har om sedimentene (løsmassene) i elvesletten.

Kart

Analyseverktøyene trenger et digitalt kart av Kollemomonen for å utføre analysene. Vi har brukt til dette formålet digitale rasterkart 1:5000 fra NVEs kartdatabase. 4 slike kart ble sammensatt for å danne kartet som vises i figur 1. Kartet består av raster kartene BC009-1, BC010-3, AY09-2 og AY0010-4. Deretter måtte vi transformere til UTM-koordinater sone 32 for å få et felles koordinatsystem.

Med en skala 1:1000 var kartene fra Hægebostadkommune mye mer detaljerte enn de rasterkartene som NVE har til disposisjon. Disse ble brukt til å definere randbetingelser for analysene og for å få bedre kjennskap av laguneområdet. Dette er spesielt viktig fordi vi ikke har hatt anledning til å foreta en befaring av laguneområdet.

Kornfordelinger

For å utføre de analysene som er planlagt i rammene av dette prosjektet trenger man informasjon om de hydrauliske egenskapene til sedimentene i Kollemomonen. Et grov estimat av disse egenskapene får man fra kornfordelingskurver. Til dette formålet har NVE fått 4 kornfordelingskurver fra Hægebostad kommune (figur 2). Disse kornfordelingskurvene er basert på prøver som ble tatt i 1987 fra "Kollemo Vest" og fra Asfaltverket, og 2 prøver som ble tatt i 1978 fra boligfeltet. Prøvene fra Kollemo Vest og Asfaltverket karakteriseres som grusig sand, mens de to prøvene fra boligfeltet karakteriseres som sandig grus siden mer enn 50% av materialet består av grus.

Det finnes en omfattende likningsverk som bruker kornfordelingskurver til å estimere materialets hydraulisk ledningsevne.

Hazens likning er enkel og lett å bruke, men kan kun brukes når kornfordelingen tilfredsstiller kravene som er definert.

$$K = 0.01157(d_{10})^2 \text{ krever at } \frac{d_{60}}{d_{10}} < 5$$

K = hydraulisk ledningsevne

d_{10} = kornstørrelsen svarende til vektprosenten 10%

d_{60} = kornstørrelsen svarende til vektprosenten 60%

hvor d_{10} må gis i (mm) for å få K i (m/s).

Gustafsons likning er mer komplisert men definerer ikke noen krav

$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

$$e = 0.8 \cdot \left(\frac{1}{2\ln U} - \frac{1}{U^2 - 1} \right)$$

$$g(U) = \frac{1.3}{\log(U)} \cdot \frac{U^2 - 1}{U^{1.8}}$$

$$E(U) = 10.2 \cdot 10^6 \cdot \frac{e^3}{1+e} \cdot \frac{1}{(g(U))^2}$$

$$K = E(U) \cdot (d_{10})^2$$

hvor d_{10} og d_{60} må gis i (m) for å få K i (m/s).

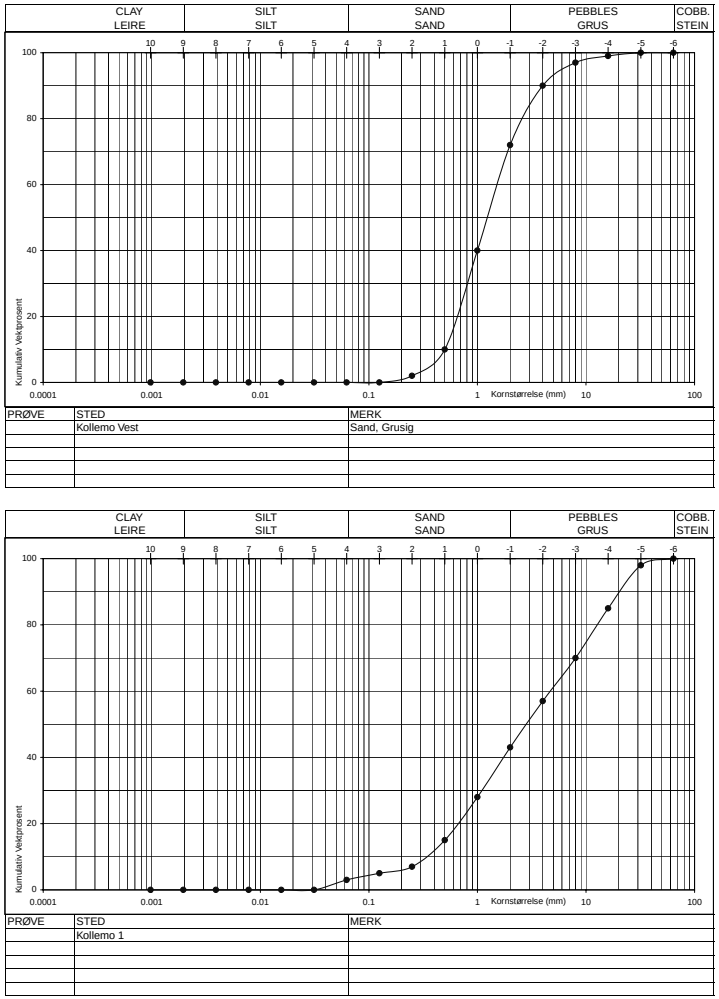
Resultatene fra Hazens og Gustafsons likninger oppsummeres i figur 3. Det er viktig å nevne at kun prøven fra Kollemo Vest tilfredsstiller kravene i Hazens likning. Generelt sett er disse resultatene ikke tilfredsstillende. De høyeste verdiene er oppnådd for prøven fra Kollemo Vest som har det høyeste innhold av sand, mens de andre prøver med stort grusinnhold har fått lavere hydraulisk ledningsevne. Grunnen til dette er at likningene er konstruert slik at d_{10} kornstørrelsen dominerer resultatet man får fra likningene og i dette tilfelle har prøven fra Kollemo Vest den høyeste d_{10} verdi.

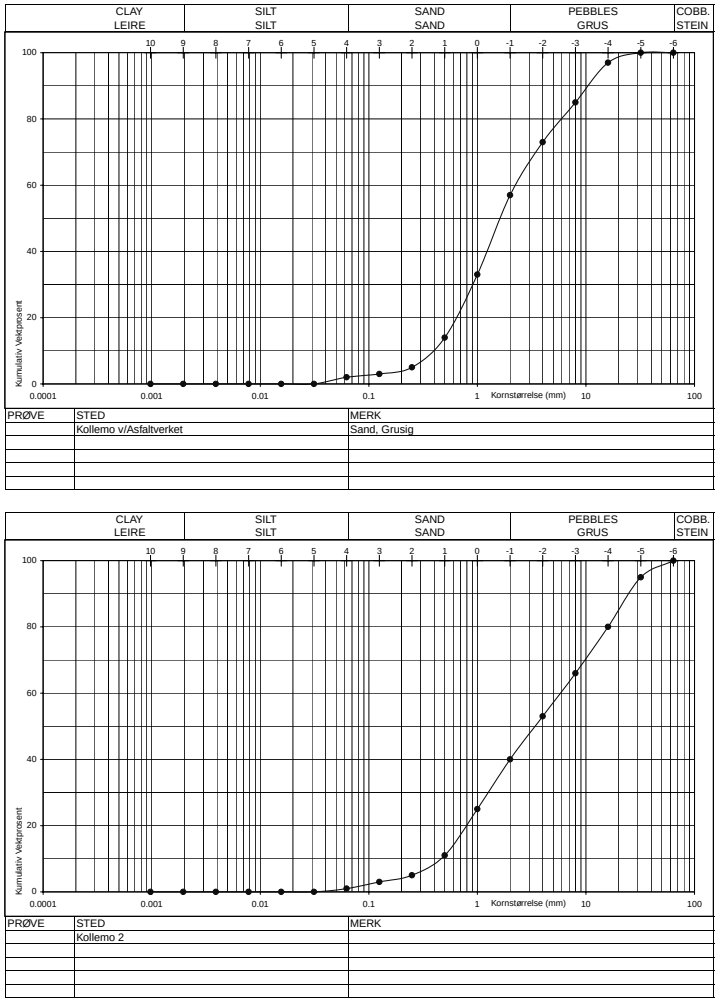
For prøven fra Kollemo Vest har vi beregnet en gjennomsnittsverdi for den hydrauliske ledningsevnen på 0.0034 m/s med en feil på ± 0.001m/s. For de andre prøvene kan man ikke konkludere noe konkret. Prøvene fra Boligfeltet og Asfaltverket tilfredsstiller ikke Hazens krav og resultatene er dermed beheftet med store feil. Man forventer at den hydrauliske ledningsevnen for disse materialene vil være minst like stor som for prøven fra Kollemo Vest. I og med at Gustafsons likning gir verdier for disse prøvene som er mindre enn det for Kollemo Vest antar vi at en verdi på 0.0034 m/s for alle sedimentene i Kollemomoen vil være akseptabel for analysene vi kommer til å utføre. I så fall overestimerer vi den hydrauliske ledningsevnen og dermed er vi på den sikre siden mhp. analyseresultatene.

Vannstandsdata

Flere serier med vannstandmålinger finnes i NVEs database fra målestasjoner etablert i prosjektområdet. Flereårskurvene i figur 4 er laget fra dataseriene fra målestasjonen i Tingvatn. Man ser at vannstanden variere lite (0.5 - 1.0 m) i løpet av et vanlig år. Men i løpet av et år med ekstreme forhold kan vannstanden variere med mer enn 2 m. Topografien og bredden av Lygnaelven i nærhet av laguneområdet tilsier at vannstanden ikke kommer til å fluktuere betraktelig i dette området, til og med under ekstreme snøsmeltings- og nedbørforhold. Vi antar dermed at vannstanden i Lygna i nærhet av lagunen, ikke kommer til å variere med mer enn 0.5m under ekstreme forhold og at normalt kommer den til å ligge på ca. 0.3m.

Vannstanden i Lygna spiller en viktig rolle i måten grunnvannet beveger seg på gjennom hele elvesletten. Generelt sett, om vannstanden i Lygna ligger høyere enn grunnvannstanden i elvesletten kommer vann fra Lygna til å infiltreres i elvesletten og omvendt om grunnvannstanden ligger høyere enn vannstanden i Lygna. Fra kurvene i figur 4 ser man også at vannstanden under normale forhold vil være høy i April og Mai dvs. snøsmeltingsperioden.

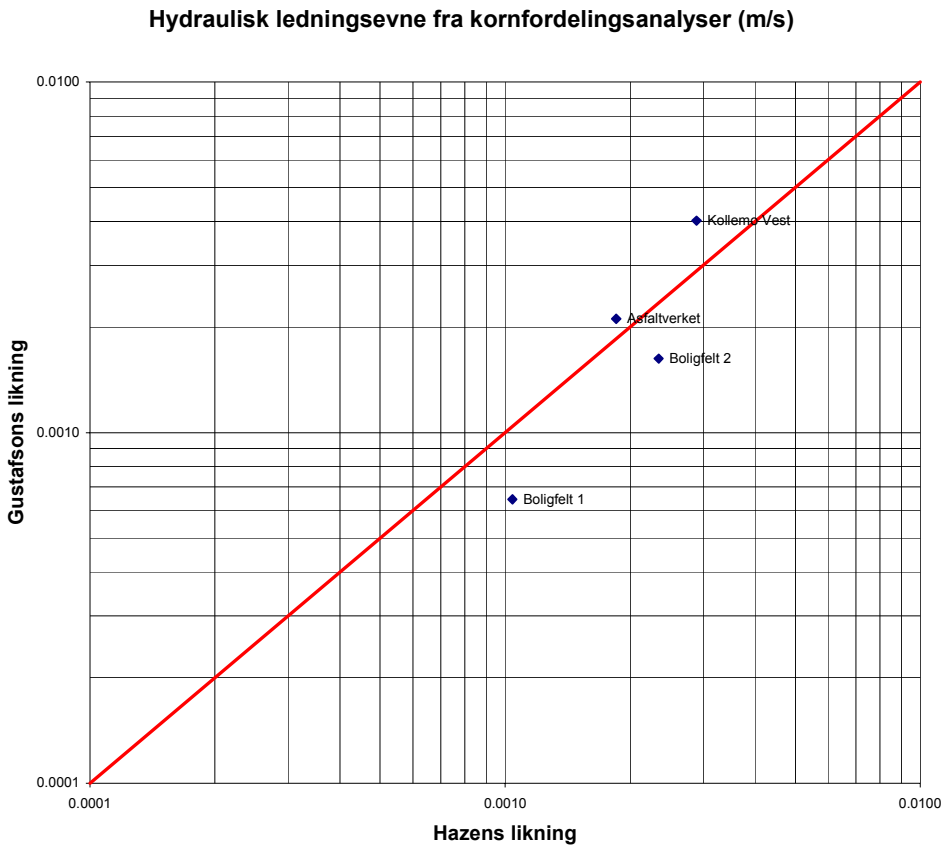




Figur 2. Kornfordelingskurver fra Kollemo.

	Hazen	Gustafson
Kollemo Vest	0.0028925	0.0040238
Kollemo Asfaltverket	0.0018512	0.0021120
Boligfelt 1	0.0010413	0.0006450
Boligfelt 2	0.0023429	0.0016258

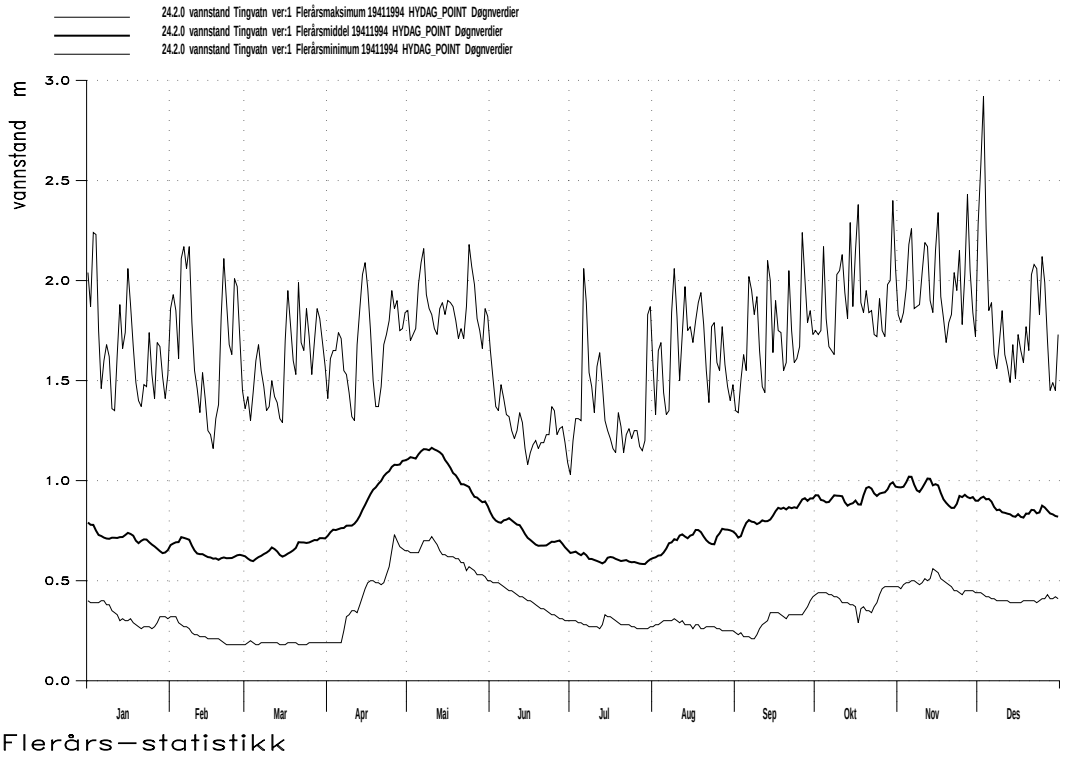
A.



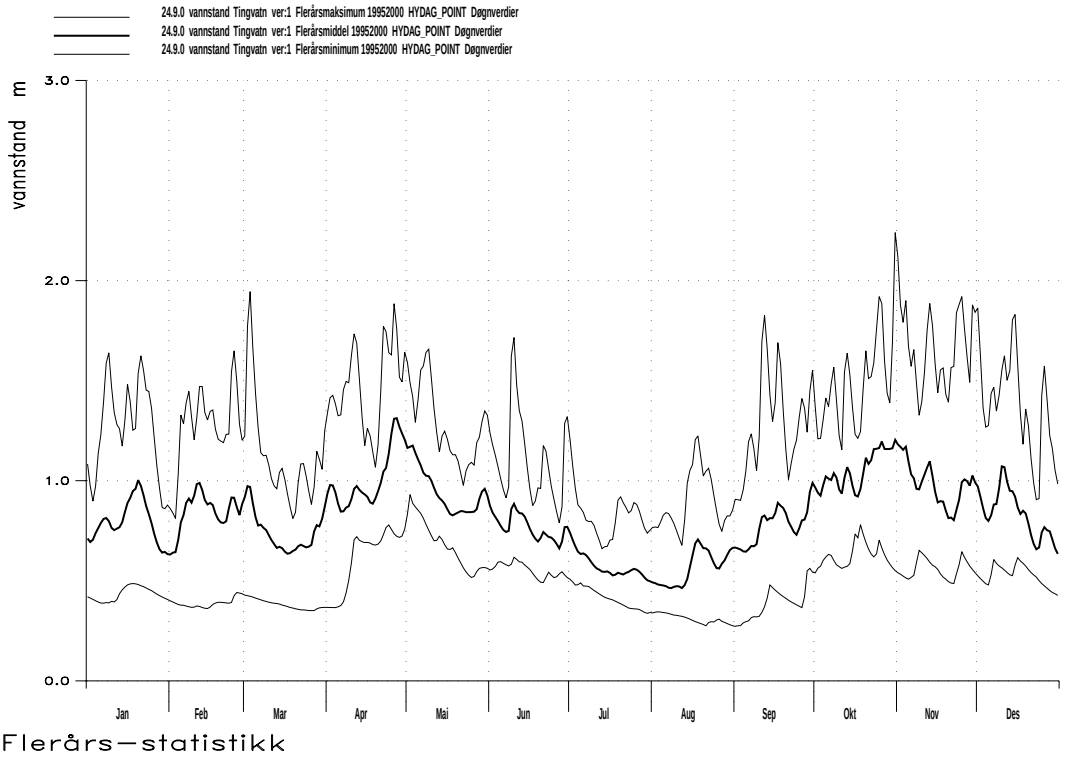
B.

Figur 3. Hydraulisk ledningsevne beregnet med Hazens og Gustafsons likninger. A. Tabell med de numeriske resultatene. B. Resultatene plottet mot hverandre.

A.



B.



Figur 4. Flereårsmiddel –maksimum og minimum fra vannstandmålinger utført i Tingvatn. A. Manuelle målinger fra 1941 – 1994, B. Automatiske målinger fra 1995- 2000.

Det kan hende at man også får høy vannstand i Oktober og November. Dette er vanlig når høsten er mild med store mengder av nedbør. Siden lagunen skal brukes som badested, er temperaturforholdene i seinhøst av mindre interesse for våre analyser.

Vanntemperaturdata

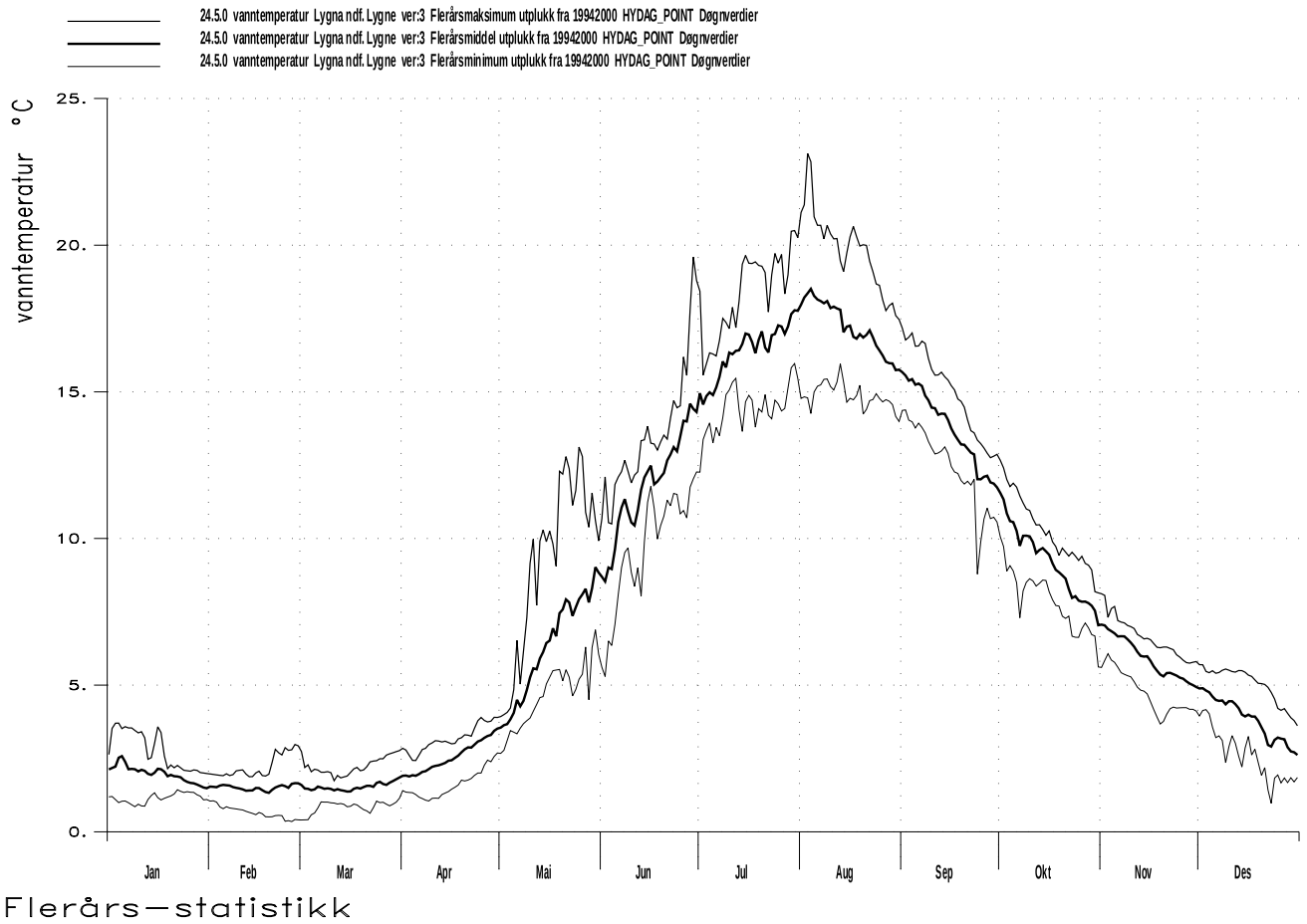
I NVEs database finner man også en rekke dataserier med temperaturmålinger. I prosjektområdet finner vi to målestasjoner hvor det ble tatt regelmessige vanntemperaturmålinger. I Lygna ble det tatt automatiske målinger i perioden 1994-2000. Flereårskurver på grunnlag av disse automatiske målingene vises i figur 5. Utstyret som brukes til slike målinger registrerer temperaturen hver time og etterpå beregner en døgn-gjennomsnitt basert på disse målingene. Flereårskurvene som vises er basert på disse døgngjennomsnittsverdiene. Vi kan bruke disse målingene for å få en gjennomsnittsverdi for hele måneden. For Juni får vi en gjennomsnittsverdi på 11.6°C, for Juli en verdi på 16.2°C, for August en verdi på 17.4°C og for September en verdi på 14.8°C.

Manuelle målinger ble tatt i Lygna i perioden 1980-1985. Flereårskurvene vises i figur 6. To målinger ble tatt hver dag en om morgen og en på ettermiddagen. Spesielt om sommeren er ettermiddagsmålingene ca. 3-4°C høyere enn de som ble tatt før middagen. I figur 7 vises tilsvarende manuelle målinger fra målestasjonen i Storåni (ovf. Lygnevatn) for samme periode. Disse målingene ligner på målingene i Lygna og dermed effekten av Lygne vatne på vanntemperaturen av Lygna er ikke betydelig om sommeren. Effekten ser ut til å være mer viktig i seint høst og vintermånedene.

Hvis man betrakter vannstanden i Lygna og sammenligner den med dens temperatur ser man at ved vårflom (i Mai) når vann infiltreres fra Lygna i elvesletten ligger temperaturen av infiltrasjonsvannet på omtrent 8°C. I figur 5 ser man at variasjonen av temperaturen er stor i Mai måned ca. ±3°C. Om vinteren får man nesten ingen infiltrasjon fra Lygna og dermed kommer de lave temperaturene i Lygna ikke å påvirke temperaturen av grunnvannet. Det kan hende at vi får en vis infiltrasjon fra Lygna i høstflom perioden (i Oktober). Temperaturene i Oktober er nokså like de i Mai men med mindre variasjon av temperaturen. Under normale forhold forventes det en høyere temperatur i Lygna i Oktober enn i Mai. Vi kan konkludere at når vann infiltreres fra Lygna til elvesletten , kommer temperaturen av infiltrasjonsvannet til å ligge på omtrent 8°C.

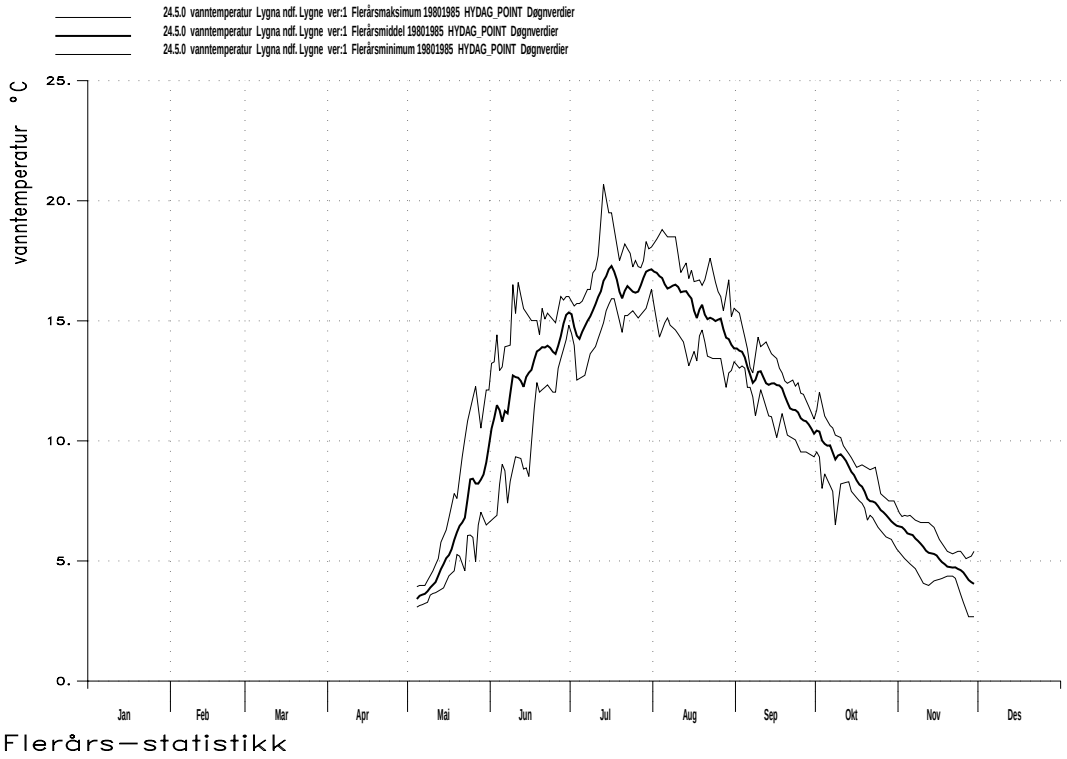
Grunnvann som ligger mer enn 2 m under overflaten er rimelig bra beskyttet mot kulde om vinteren og varme om sommeren. I Kollemo ligger grunnvannsspeilet på mange steder mindre enn 1m fra overflaten og dermed kommer den til å bli påvirket av kulde om vinteren. Selvfølgelig betyr dette også at grunnvannet blir oppvarmet om sommeren. De klimatiske effektene påvirker kun de øverste delene av grunnvannet, mens temperaturen av det dypereliggende grunnvannet blir stort sett påvirket av temperaturen av infiltrasjonsvannet som i dette tilfelle ser ut til å ligge på ca. 8°C.

Til tross for disse observasjonene er vi nødt til å ta hensyn til grunnvannsdata fra andre områder. Temperaturmålinger i dype brønner (dypere enn 10m) viser at grunnvannet pleier å ha en temperatur som tilsvarer områdets årlige middel lufttemperatur. Figur 8 viser et kart laget av Sønsterud og Kirkhusmo i 1988 med grunnvannstemperaturer for de nordiske landene. Kartet viser en grunnvannstemperatur i underkanten av 6°C for laguneområdet. Uten direkte målinger må vi anta det verste scenarioet for temperaturforholdene og skal dermed bruke en grunnvannstemperatur på 6° C for grunnvannet. Grunnvannet og løsmassene det befinner seg i, må være i termisk balanse som betyr at løsmassene vil også ha en temperatur på 6°C.

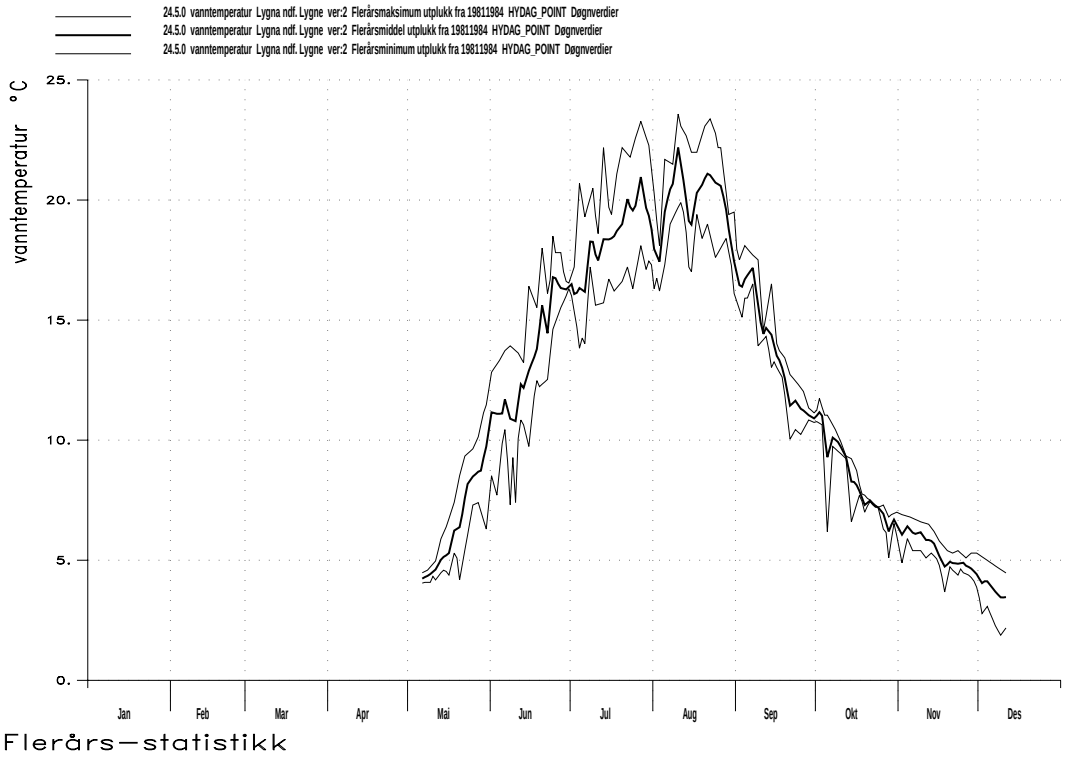


Figur 5. Kurver som viser flereårsmaksimum, - middel og –minimum på grunnlag av vanntemperaturmålinger foretatt automatisk i perioden 1994-2000.

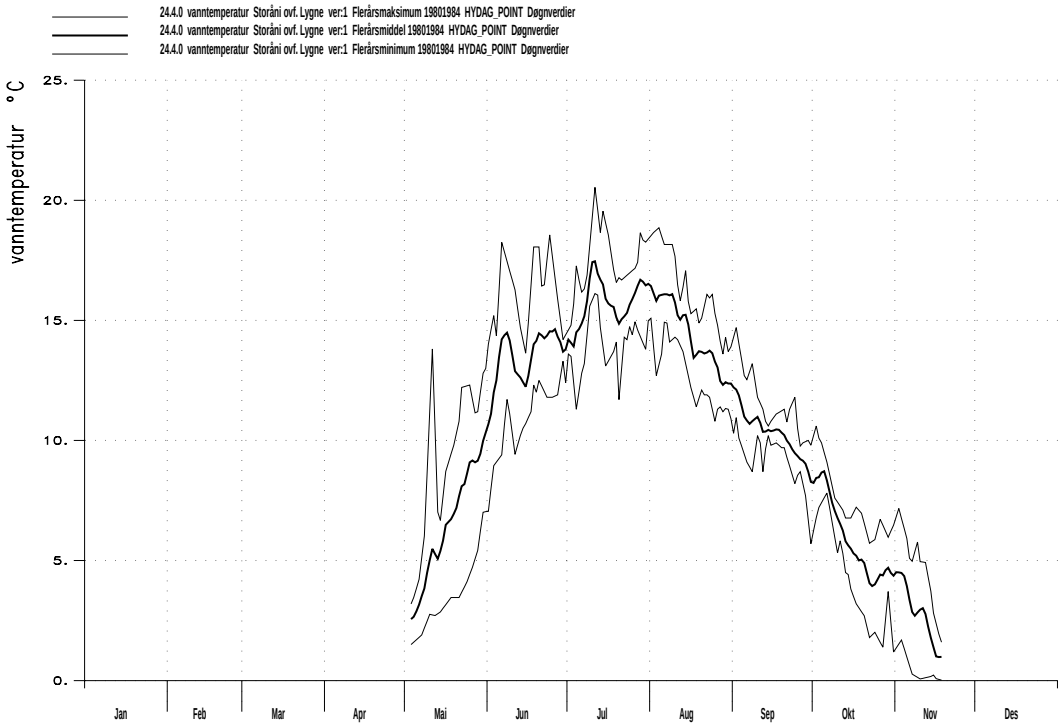
A.



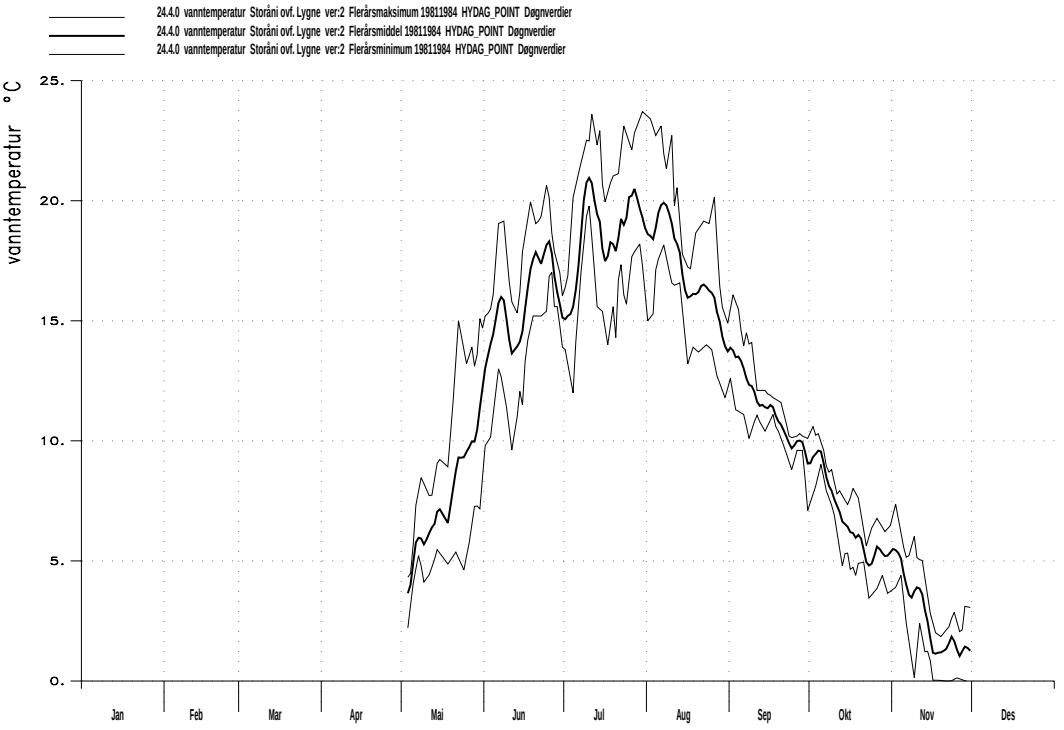
B.



figur 6. Kurver som viser flereårsmaksimum, -middel og –minimum på grunnlag av vanntemperaturmålinger som ble manuelt innsamlet i perioden 1980- 1986 fra Lygna. A. Målinger ble tatt om morgen.B Målingene ble tatt på ettermiddagen.

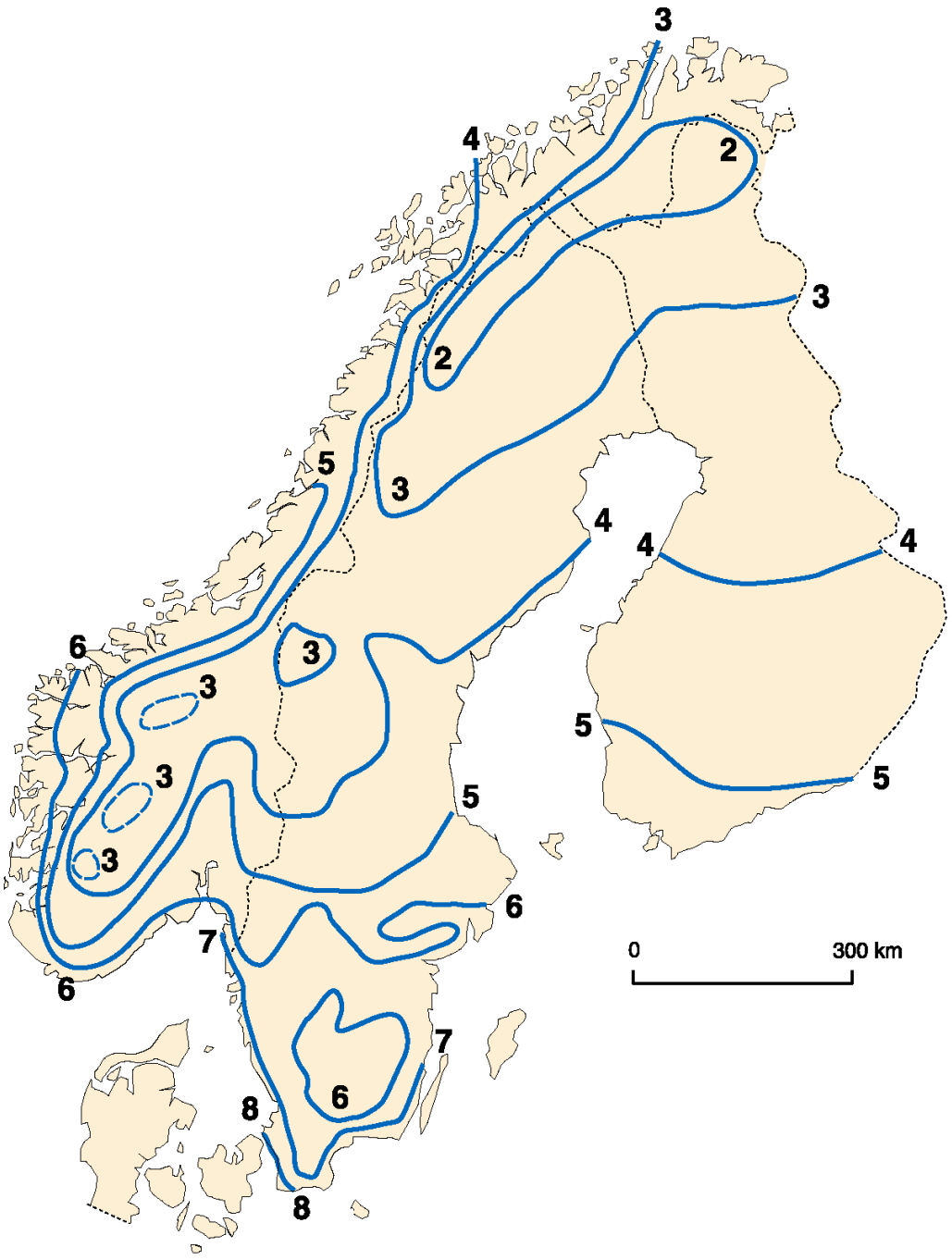


A. Flerårs–statistikk



B. Flerårs–statistikk

figur 7. Kurver som viser flereårsmaksimum, -middel og –minimum på grunnlag av vanntemperaturmålinger som ble manuelt innsamlet i perioden 1980- 1986 fra Storåni. A. Målinger ble tatt om morgen.B Målingene ble tatt på ettermiddage



Figur 8. Grunnvannstemperaturer i Norden. Basert på data fra de nordiske grunnvannsnett ©Sønsterud og Kirkhusmo 1988.

Analyser

En grunnvannsanalyse krever mye mer data enn det som er tilgjengelig fra Kollemomonen. For å komme videre med analysene er man nødt til å innføre en rekke antagelser om Kollemomonen. En diskusjon om disse antagelsene og analysemetodene som skal brukes er presentert i dette kapitelet.

Grunnvannsanalyse

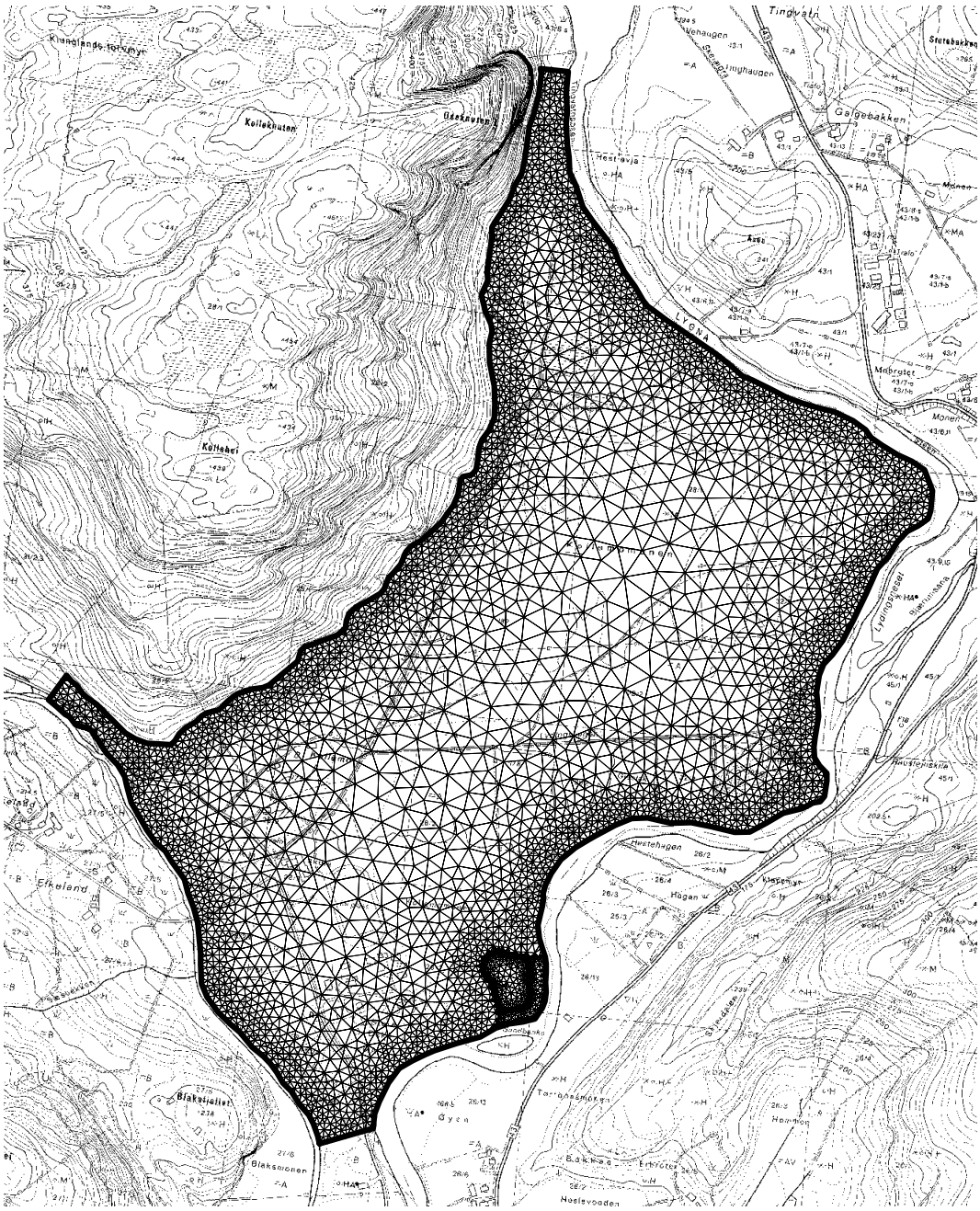
FEFLOW er navnet på en av analyseverktøyene som NVE bruker for grunnvannsberegninger. Den er i stand til å analysere strømning av grunnvann, forurensningstransport i grunnvann og varmetransport i grunnvann, og den ble brukt til å utføre alle analysene beskrevet i denne rapporten. Det numeriske gridet som ble generert av FEFLOW og som brukes i alle analysene vises i figur 9. Det er hensiktsmessig å bruke et grid med et stort antall elementer i områdene vi er spesielt interessert i, som i dette tilfelle er laguneområdet.

Elvene i Kollemomonen –Lygna og Lislåna - bestemmer grensene til området som vi trenger å analysere (figur 9). For å avgrense analyseområdet på nordvestsiden (fjellsiden) har vi brukt 200m høydelinjen (koten)

Vi må også avgrense analyseområdet i dybden. Normalt bruker man dybden til underliggende fjell for å avgrense et grunnvannsmagasin bestående av løsmasser. Dybden kan variere fra noen få meter til 60-70 m i noen ekstreme tilfeller. I de fleste norske dalene forventer vi en dybde til fjellet mellom 20 og 40m. Et grunnvannsverk er etablert i Kollemo og brønnen er registrert hos Folkehelseinstituttet med den følgende informasjonen: Vannverket ble registrert i Folkehelseinstitutt i 1998, brønnen ble etablert i 1979, forsyner 350 fastboende personer (120 husstand) og tilhører Birkeland vannverk. Det finnes dessverre ikke noe informasjon om hvor brønnen befinner seg. I feltet om hvilken type grunnvannsgiver brønnen er etablert i, står det ”annet” (vanligvis står det løsmasser eller fjell), og i feltet om matningsforhold står det ”infiltrasjon” som tyder på at vannet kommer til brønnen gjennom infiltrasjon av løsmasser fra en nærliggende elv eller innsjø. Brønnen er ikke registrer i NGUs brønndatabase. En registrert brønn pleier å inkludere informasjon av brønnens lengde, og hvilken type løsmasser de måte bore gjennom. Slik informasjon ville vært meget verdifullt for våre analyser.

Siden brønnen ikke er registrert er vi nødt til å anta en dybde for løsmassene i Kollemomonen. For praktiske grunner velger vi en dybde på 10 m i laguneområdet. Dette gjør det enklere å foreta korreksjoner på analyseresultatene på et seinere tidspunkt. En større dybde er brukt i Lydingshammerområdet og i nærhet av fjellsidene for å unngå terrengpåvirkninger på resultatene. Lydingshammer er et fjellområdet men vi behandler det som et løsmasseområdet med lav hydraulisk ledningsevne (10^{-7} m/s)

I Tjødnebakken og Løesslåttene finnes det et lite vann og flere myr ifølge kartet. Dette tyder på at løsmassene i dette området inneholder betydelige mengder av leire. Vi er nødt til å bruke en mye lavere hydraulisk ledningsevne for dette området for å få grunnvannsspeilet til å være nærmere overflaten som er vanlig for myrområder. En verdi på 7.5 10^{-7} m/s er brukt for dette området som er ca. 4500 ganger mindre enn verdien som brukes for resten av Kollemomonen (3.4 10^{-3} m/s). Dette betyr at Tjødnebakken og Løesslåttene antas som nærmest vanntette for alle praktiske formål.



Figur 9. Endelig element grid som ble brukt i analysen. Gridet består av 4861 noder og 9199 trekant elementer. Analysene etter utgravingen av lagunen er utført med det samme gridet etter at trekantene i lagune området er fjernet. Gridet i så fall består av 4429 noder og 8264 trekant elementer.

For å opprettholde vannbalansen i analyseområdet har vi innført et minimum av grunnvannsdannelse fra nedbør/snøsmelting som tilsvarer ca. 600 mm/år. Dette ikke er nødvendig for analyser i områder med stor hydraulisk ledningsevne som Kollemomonen, men det er viktig for å sette de riktige betingelsene for dannelse av myrområdene i Tjødnebakken. Lydingshammer er et fjellområdet og grunnvannsdannelse fungere på et helt annen vis. For å unngå urealistiske resultater har vi valgt å ikke sette noe nedbør over Lydingshammer.

Antagelser og tilleggsdata

Et stort sett av antagelser er innført i analysene og dermed forventer man at resultatene vil ha et betydelig avvik fra virkeligheten. Vi kan dessverre ikke forbedre resultatene uten flere hydrogeologiske data fra området. Innsamling av hydrogeologiske data er en oppgave som er tidkrevende og kostbar og uaktuelt for lagune-problemstillingen som vi er interessert i. Hovedmålet med analysen er å få et estimat på hvor mye grunnvann som kommer til å strømme inn i lagunen.

På randen av analyseområdet finnes det Lygna og Lislåna. De elvene er meget viktige for analysen fordi grunnvannsforekomsten og elvene kommuniserer hydraulisk med hverandre. Når vannstanden i elvene er høyere enn grunnvannstanden infiltreres vann fa elevene inn i grunnvannsforekomten og det motsatt når grunnvannstanden ligger høyere enn vannstanden i elvene. Det er dermed viktig for analyseresultatene å definere vannstanden langs elvene. Vannstanden i elvene kommer til å variere gjennom året og til og med om vi hadde slike målinger mangler vi en vassdragsnivellering for å kunne bruke dem.

Det eneste måte å skaffe vannstandsdata langs elvene på er å bruke de kartene vi fikk fra Hægebostad kommune. Disse kartene med en skala 1:1000 er meget detaljerte og viser vannstanden i elvene som tilsvarer vannstanden når kartet ble tegnet. Slike kart er vanligvis basert på flybilder, og de fleste flybildene i Norge er tatt i perioden Mai – September pga. snø- og skydekket om vinteren. Vannstanden i kartene kan tilsvare en vanlig midtsommerdag eller en flomvannstand i Mai. Som det ble nevnt i innledningskapittelet skal vannstanden i Lygna i nærheten av lagunen ikke variere med mer enn ca. 0.3m under normale forhold. Vi kan dermed anta at feilen i analysene vil ikke føre til en feil på grunnvannstanden på mer enn 0.3m også.

Fjellet kommer også til å påvirke grunnvannsforekomten. Grunnvannsdannelse er meget beskjeden i fjellområder. Det største del av vannet fra nedbør og snøsmelting vil ikke klare i bli infiltrert i de eksisterende sprekker og vil strømme på overflaten. Dette vannet skal danne små bekker og etter hvert havne i innsjøer eller elver på vei mot sjøen. I noen tilfeller vil dette vannet mate en grunnvannsforekomst som i sin tur vil mate en elv eller innsjø lengre ned i dalen. Dette er tilfellet for vannet som samles på fjellet nordvest for analyseområdet. Vannet fra fjellet mater grunnvannsforekomten ved kontakten mellom fjellet og løsmassene. Siden vi ikke har foretatt en befaring av området vet vi ikke helt hvor denne grensen befinner seg. Vi antar at 200m høydelinjen gir en brukbar estimat for kontaktlinjen mellom fjellet og løsmassene. Dette kommer ikke til å påvirke resultatene på en betydelig måte. Det som er mer viktig for analysene er hvor mye vann kommer fra fjellet. Vi har eksperimentert med forskjellige verdier for fjellvannet og funnet ut at uansett hvor mye vann kommer fra fjellet, kommer det til strømme gjennom løsmassene og etter hvert komme ut i Lislåna. For unormalt store mengder av fjellvann får vi også en liten reduksjon av grunnvannet som kommer ut i Lygna. For ekstreme høye verdier av fjellvann kan grunnvannstrømning mot Lygna (og laguneområdet) halveres. Men siden

slike forhold er aktuelle kun etter store mengder av nedbør, kommer vi ikke til å ta dem i betraktning.

Kornfordelingskurvene vi har fra Kolemomonen viser at løsmassene er meget grove (sandig gruss, grussig sand) med en meget høy hydraulisk ledningsevne. Slike grove løsmasser finner man i mange norske daler. I de fleste tilfeller har grussmassene en dybde mellom 2 og 3m. Lengere ned i løsmmassesekvensen finner man som regel mye finnere materiale med en lavere hydraulisk ledningsevne. Situasjonen i Kolemomonen er sannsynligvis det samme. Mangel på data som kan belyse situasjonen gjør det nødvendig å anta at hele sekvensen av løsmassene i Kolemomonen er like grove som kornforedelingskurvene viser.

Resultater

Strømningsanalysen viser at store mengder grunnvann vil strømme inn i lagunen pga. den høye hydrauliske ledningsevnen som karakteriserer løsmassene i området. Ca. 3/4 av dette vannet kommer ved infiltrasjon direkte fra Lygna mens resten er grunnvann med lav temperatur. Temperaturberegningene viser at temperaturen i lagunen er avhengig hovedsakelig av luft- grunnvanns- og bakketemperaturen. Hver av disse presenteres på en detaljert måte.

Grunnvannsanalyse

To grunnvannsanalyser ble utført. Den første analysen tilsvarer dagens situasjon i Kollemomonen (uten lagune), mens den andre analysen tilsvarer grunnvannsforholdene i Kollemomonen med de påvirkninger som lagunen medfører. Resultatene viser at lagunen kun kommer til å føre til lokale endringer av grunnvannstrømningen.

Figur 10 og 11 viser resultatene henholdsvis før og etter etableringen av lagunen. De røde strømningslinjene i figurene endrer seg i nærheten av lagunen. Grunnen til dette er at lagunen skaper en ny grunnvannsgradient i området. Grunnvann vil strømme inn i lagunen fra den nordøstlige siden og ut fra den sørvestlige siden. Analysene viser at ca. 0.13 m^3/s grunnvann skal strømme inn og ut av lagunen. Ca. 0.097 m^3/s av dette vannet kommer gjennom infiltrasjon fra den nærliggende Lygnaelven, mens 0.033 m^3/s er grunnvann med lav temperatur. Mengdene av vann er relativt store. Dette skyldes den høye hydrauliske ledningsevnen for løsmassene og at løsmassene er antatt til å ha en mektighet på 10m. Lagunen er antatt til å ha en dybde på 10m i analysene. For en lagune dybde på 3m må man redusere de øvrige estimater med ca. 50%, og for en dybde på 2m med 65%.

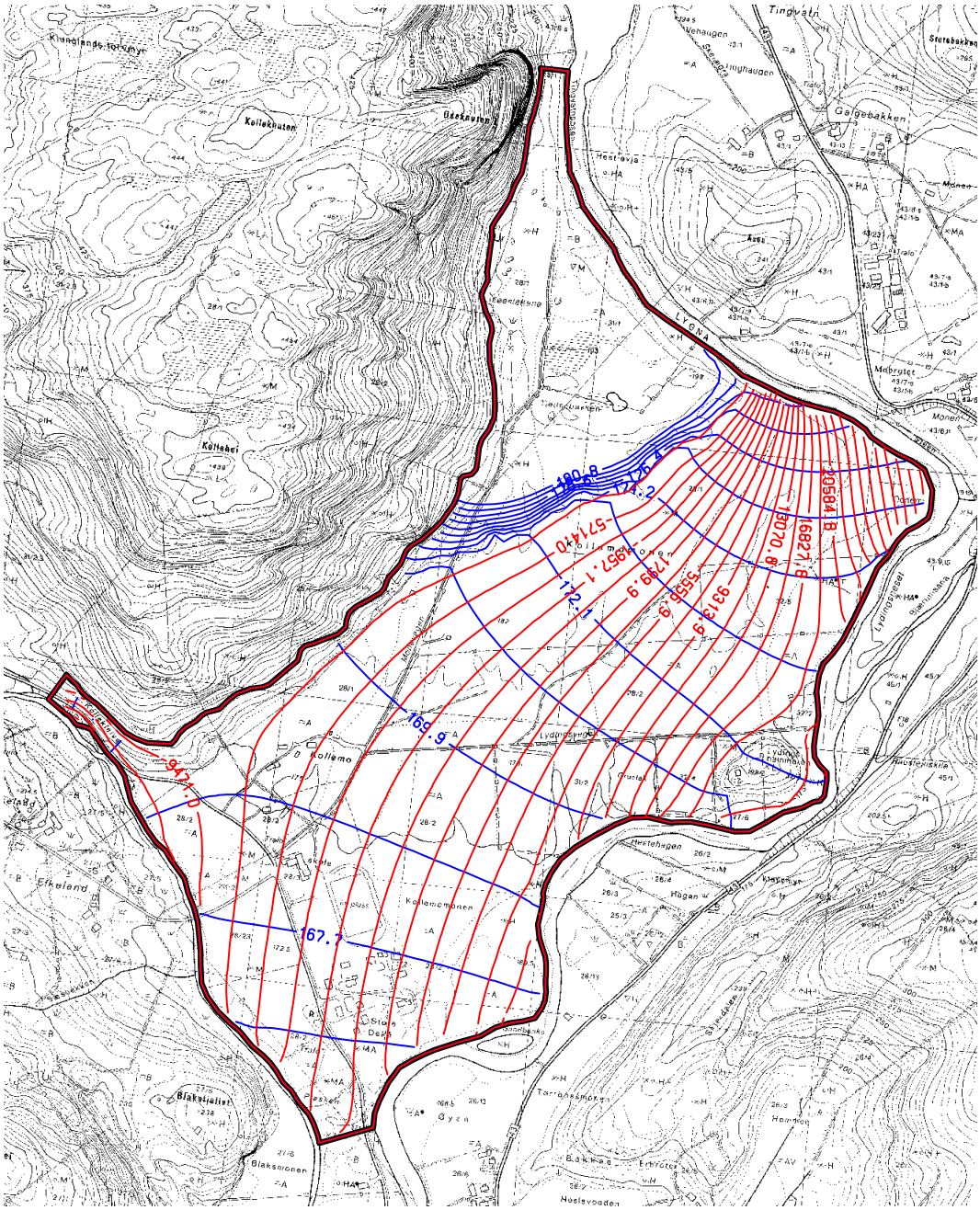
Temperaturanalyse

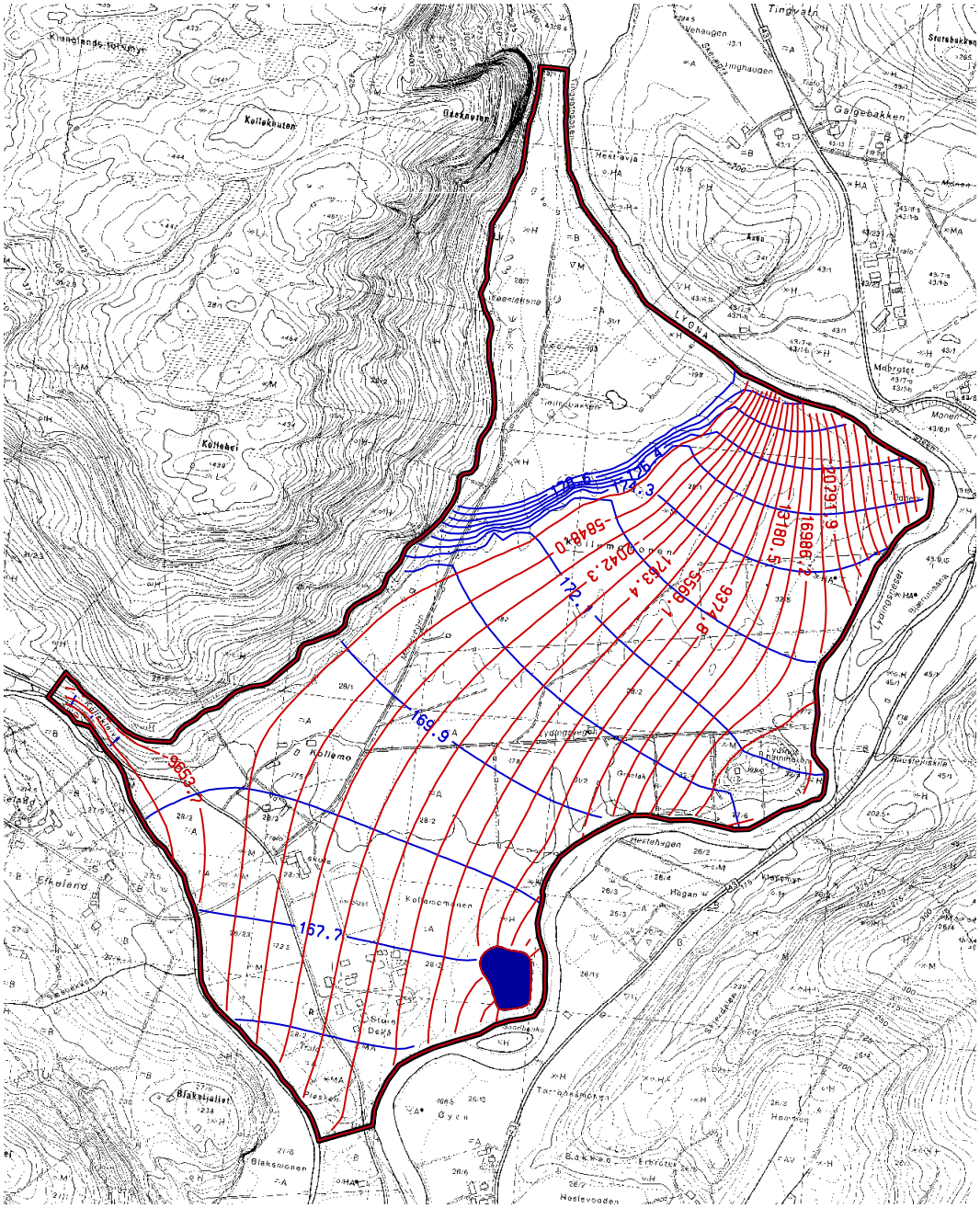
Solenergi

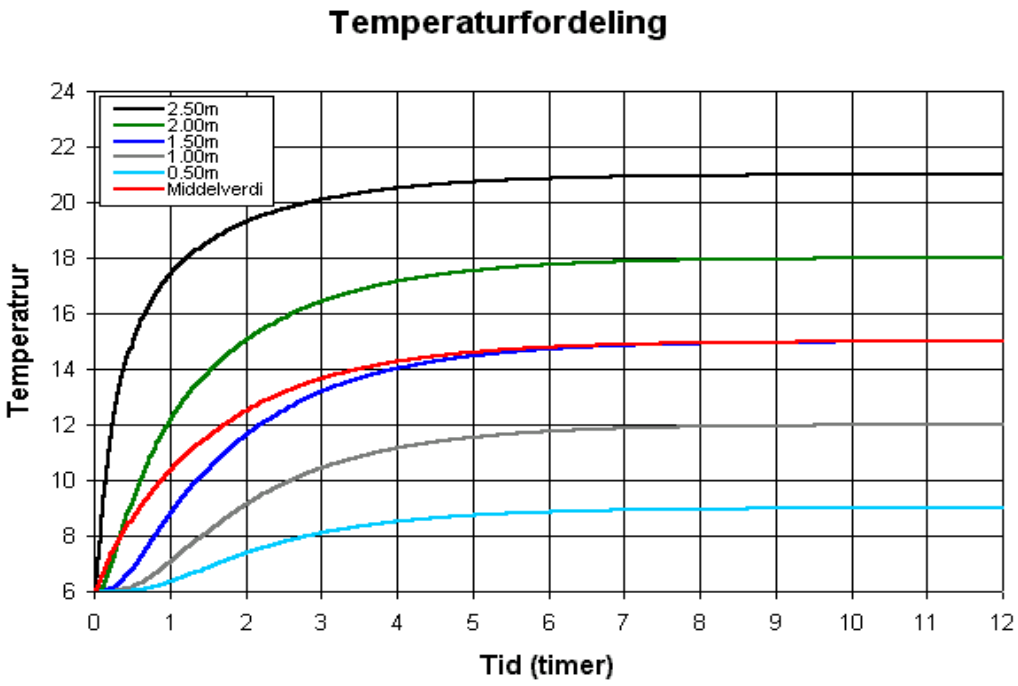
Temperaturen i lagunen kommer til å være avhengig av flere dynamiske forhold, dvs. av forhold som er stadig i endring. Solenergi er en av de viktigste oppvarmingskilder. I Sør-Norge forventer man at solen kan produsere ca. 5.0-5.5 kW/m^2 om sommeren. Grov sett betyr det at på en gjennomsnitts sommerdag kan vi forvente at solen skal øke temperaturen i lagunen med ca. 1.5° C for en 3m dyp lagune og ca. 2.3° for en 2m dyp lagune. Disse beregningene er basert på gjennomsnittsverdier for solestråling og dermed tar hensyn til skydekke og andre faktorer. Enkelte dager kan solestråling vare opp til 60% høyere enn gjennomsnittsverdiene. Lagunen kommer til å tape energi om natten, men siden nettene er mye kortere enn dagene om sommeren, får vi en vis overskudd for hver skyfri dag.

Luft- og bakketemperatur

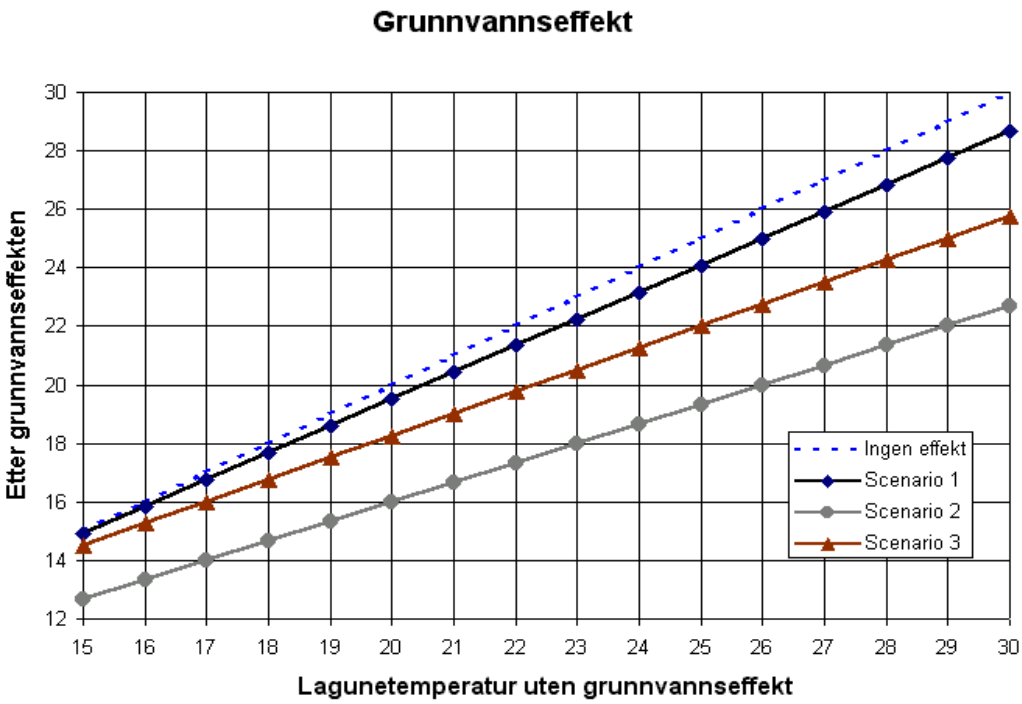
Lagunen kommer også til å bli oppvarmet av luften og nedkjølt av bakken. Hvis vannet i lagunen er helt statisk (ubevegelig) og den eneste oppvarmingsprosessen er fra luft- og bakketemperatur kommer gjennomsnitts vanntemperaturen i lagunen til å være lik gjennomsnittet mellom luft- og bakketemperaturene.


Tingvatn
Kollekleiv
Kollemo
Etkelend
Blakstjellet
Blaksmicnen
Hoslevodden
Lyngdalsgrenda
Hestehaugen
Hagan
Kollemomonen
Gaigebakken
Stutebakken
Kollekleiv
Kollekleiv
Kollekleiv

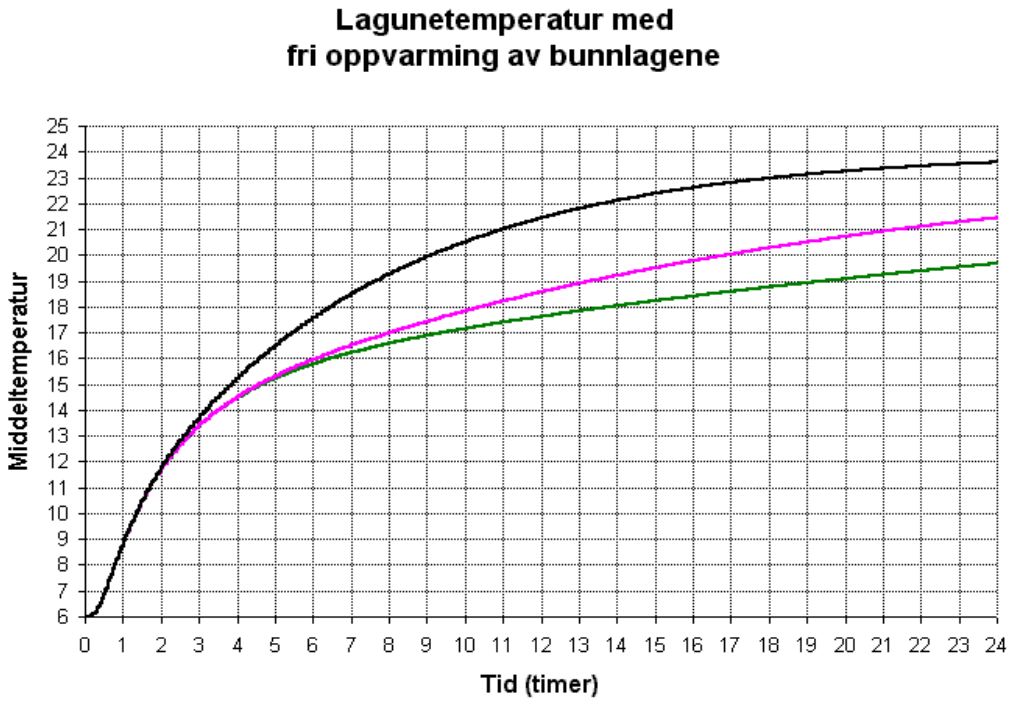

Tinglyan
Galgebakken
Kollekhuten
Kollekhei
Lyngaland
Lyngalandsvatnet
Lyngalandsåna
Lyngalandsgrend
Lyngalandsskiftet
Lyngalandsmyrane
Lyngalandsmyrane
Lyngalandsmyrane



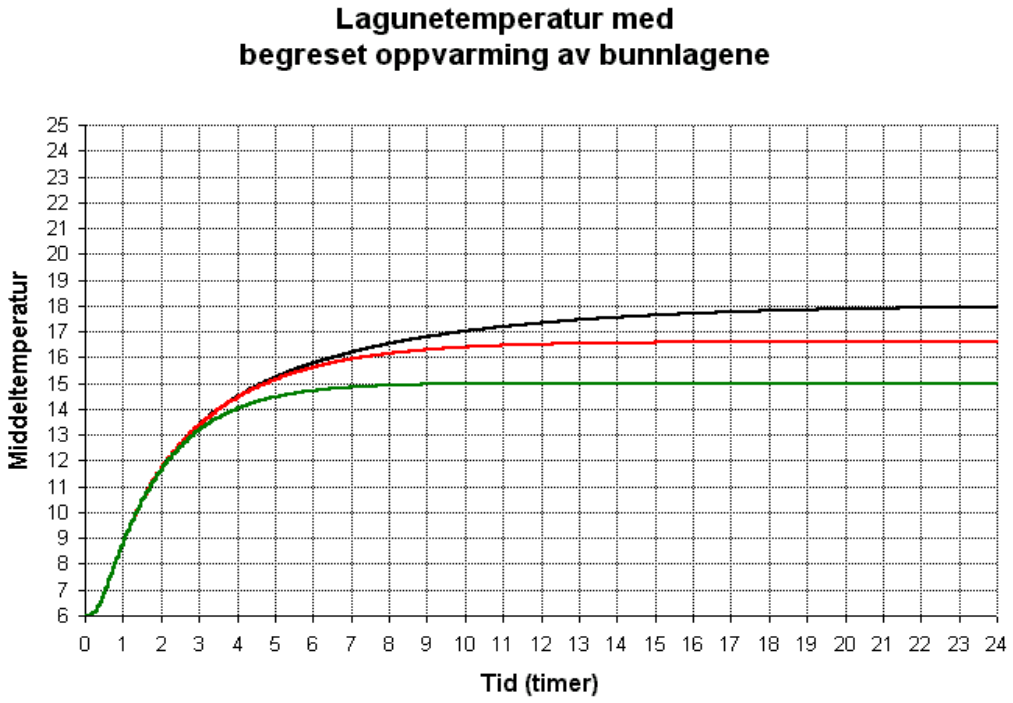
figur 12. Temperatur endringer med tiden i en 3m søyle av vann (forklaring i teksten) Hver kurve representere temperaturen på et punkt med et bestemt avstand fra bunnen



Figur 13. Infiltrasjon av grunnvann i lagune sinker temperaturen i vannet (forklaring i teksten)



Figur 14. Middeltemperatur i en 3m vannsøyle med en initial temperatur på 6° som er oppvarmet av en 24° lufttemperatur. Den øverste linjen viser oppvarmingen når hele energien brukes til kun oppvarmingen av vannsøylen. Linjen i midten viser oppvarmingen av vannsøyle og en underliggende 4m søyle av løsmasser. Den nederste linjen viser oppvarming av vannsøyle og en 10m underliggende løsmassesøyle.



Figur 15. Middeltemperatur ie en 3m vannsøyle med en initial temperatur på 6° som er oppvarmet av en 24° lufttemperatur og nedkjølt fra an 6° bakketemperatur. Den øverste linjen viser middeltemperatur i vannsøylen når nedkjøling finner sted i en 10m dybde i løsmassene. Linjen i midten viser en nedkjøling i en 4m dybde i løsmassene. Den nederste linjen viser en nedkjøling på bunnen av vannsøylen.

Bakketemperatur i dette tilfelle er temperaturen i en dybde på 2-3m i løsmassene som tilsvarer den temperturen som er på bunnen av lagunen. Bakketemperaturen er vanligvis lik grunnvannstemperaturen som i Kollemomonen ligger på 6°C (se diskusjonen i forrige kapitelet). Da blir det lett å beregne at den gjennomsnittlige vanntemperatur i lagunen for en lufttemperatur på 25°C skal ligge på 15.5° C. Eller en tempertur mellom 17°og 18° C etter oppvarming fra solen.

Tidsanalyser

For å se nærmere på denne oppvarmingsprosessen fra luft og bakken har vi beregnet hvordan temperatur endrer seg med tiden for en 3m søyle med vann. Søylen kan representere en hvilken som helst del av lagunen som har en 3m dybde. På bunnen av søylen setter vi en bakketemperatur på 6°C og på toppen en lufttemperatur på 24° C. I begynnelse antar vi at vannet i søylen har samme temperatur med bakken (dvs. 6°C). Resultatene ser vi i figur 12. Vi observerer at etter 8-9 timer har alle kurvene flatet seg ut. Dette betyr at ingen flere temperaturendringer finner sted. Etter 4-5 timer observere vi kun små endringer, og for alle praktiske formål kan vi si at det tar ca. 5 timer for å varme opp en 3m dyp lagune så lenge vannet står stille. Figuren også viser at vannsøylen får en temperaturfordeling fra lave temperaturer i bunnen til høye temperaturer på overflaten med en middeltemperatur på 15°C. Middeltemperaturkurven faller etter 5 timer på kurven som viser temperaturen midt i vannsøylen. Dette betyr at for praktiske formål kan vi anta at middeltemperturen i vannet tilsvarer temperaturen i midtdybde av vannet. Vi konkluderer at under sommerforhold kommer vannet til å tilpasse seg veldig fort til endringer i lufttemperatur, og at på ettermiddag kommer temperturen til å være høyere enn formiddagen for uendret lufttemperatur. Analysen også viser hvor viktig bakketemperaturen er.

Grunnvann og lagunetemperatur

Grunnvannet som strømmer inn i lagunen vil også ha en stor innflytelse på temperaturen. Ifølge grunnvannsanalysen kommer dette grunnvannet (som består av ca. ¾ Lygnavann + ¼ kaldt grunnvann) å ha en middeltemperatur mellom 12-14° C om sommeren og det kommer til å fornye vannet i lagunen ca. hver 4. dag. Reduksjonen på lagunetemperaturen pga. grunnvannsinfiltrasjonen vises på figur 13. Scenario 2 viser temperatureffekten når grunnvannet fornye lagunevannet hver 3. dag med en temperatur på 6° C mens scenario 1 når vannet fornyes hver 12. dag med temperatur 14° C. Scenario 2 viser effektene basert på grunnvannsanalysen (4 dager, 13° C). Den stiplete linjen er kun en hjelpelinje som viser en situasjon uten grunnvannseffekt for sammenligningsformål.

Om bakketemperatur

Grunnvannet og løsmassene den befinner seg i vil ha den samme temperaturen og den vil være lik middelårstemperaturen som karakteriserer området. Dette har vi nevnt flere ganger. Det er ikke vanskelig å godta slike temperaturforhold for grunnvann og løsmassene i en 10m dybde eller mer, men gjelder disse forholdene også for de øverste 3-4m som vi er interessert i? Fra grunnvannsanalysen vet vi at temperaturforholdene kommer til å variere fra sted til sted i lagunen. I den nordøstlige siden av lagunen kommer grunnvann til å strømme inn i lagunen. ¾ av dette vannet skal komme fra Lygna som har en gjennomsnitts temperatur på ca. 16°C om sommeren. Etter en vis periode bør også løsmassene mellom lagunen og Lygna få en temperatur på ca. 16°C. Omtrent det samme kan bli sagt for vannet som strømmer ut av lagunen fra den sørvestlige siden. Den vil etter hvert varme opp løsmassene fra den siden av lagunen. De eneste løsmassene som

kommer til å ha lav tempertur er de som befinner seg i området hvor grunnvann skal strømme inn. En grovt estimat på dette arealet viser at den er mindre enn 1/8 av lagunens total areal. Med andre ord kommer bunnen av lagunen til å ha en mye høyere temperatur enn den antatt i beregningene over. I midten av lagunen får man vanligvis meget liten eller ingen strømming av grunnvann (verken inn eller ut av lagunen). For å finne ut hvilken temperatur vi skal få i midten av lagunen har vi utført en analyse. I analysen antar vi at lufttemperaturen vil ikke varme opp kun vannet, men at den skal også varme opp løsmassene under lagunen (bunnen). Resultatene ser vi i figur 14 som viser utviklingen av gjennomsnittstemperaturen i vannet under slike oppvarmingsforhold. Temperaturen i vannet kommer til å stige hele tiden til den blir lik lufttemperaturen som er satt til 24°C. Den øverste linjer viser en situasjon hvor energien fra lufttemperaturen brukes kun til å oppvarme vannet. Den andre linjen viser middeltemperatur i vannsøylen når vi få oppvarming av en 4m løsmassesøyle i tillegg til vannsøylen og den nederste linjen når løsmassesøylen er 10m.

I alle tilfeller merker vi at middeltemperatur i vannet stiger på den samme måten for de første 3 timene. Dette betyr at det tar ca. 3 timer før energien fra lufttemperatur kommer fram til bunnen av lagunen.

En annen situasjon oppstår om vi tillater kun en delvis oppvarming av løsmassene under lagunen. I dette tilfellet antar vi at grunnvannet i et bestemt dybde vil holde en middelårstemperatur. Det kommer til å kjøle ned løsmassene og balansere ut oppvarming fra lufttemperatur. Resultatene ser vi i figur 15 som viser gjennomsnittstemperaturen i lagunen når nedkjølingsdybden er satt på 10m i løsmassene (øverste linjen) og 4m (midt linjen). Den nederste linjen tilsvarer en situasjon med 6°C nedkjøling på bunnen av lagunen. Vi ser igjen at alle kurvene sammenfaller de 3 første timene. I motsetning til kurvene i figur 14 ser vi at kurvene i figur 15 flater seg ut etter hvert, noe som viser at en balansetilstand er oppnådd. Til å med en delvis oppvarming av løsmassene vil ha en betydelig effekt for temperaturen av lagunevannet.

Analysene vi har utført viser at temperaturen av løsmassene under lagunen kommer til å være av stor betydning for temperaturen i lagunen. Vanlige antagelser om bakketemperatur gir meget lave temperaturforhold i lagunen og må anses som den dårligste mulig tilstanden som kan oppstå.

Andre påvirkninger

Til slutt vil vi diskutere noen faktorer som kan påvirke temperaturen av overflatevann uten å ta hensyn til dem på en analytisk måte. To faktorer som er vanskelig å beregne effekten av er vinden og skyggen fra trær (eller bygninger). Disse faktorene vil ha en reduserende effekt på temperaturen i lagunen og er ofte tatt i betraktning gjennom empiriske metoder. Generelt sett vil man helst ikke ha høye trær på Vest og/eller Øst siden av lagunen fordi skyggen deres hindrer oppvarming fra solen. Likninger som prøver å beregne effekten av skyggen krever data om trærnes høyde, hvor nærme de er kanten av vannet, hva slags trær de er (med tanken på skyggen de kaster), og hvor tett trærne ligger mot hverandre. I noen tilfeller kan trær ha en positiv effekt for temperaturforholdene. Dette gjelder spesielt for områder som er utsatt for sterk vind. Nedkjølingen fra vind er avhengig av vindens hastighet, fuktighet, temperaturen i vannet og lufttemperatur, og det finnes flere empiriske likninger som kan brukes til å beregne effekten.

Stabilitetsanalyse

For å kunne utføre en vanlig stabilitetsanalyse trenger man data som forteller noe om de mekaniske egenskapene til løsmassene i Kollemomonen. Hovedsakelig trenger man å beregne hvor stor er løsmassenes motstand til glidning, og sammenligne det til gravitasjons kreftene som prøver å få løsmassene til å rasse ned. For dette prosjektet har vi to situasjoner som vi må se nærmere på. Stabiliteten av strendene i lagunen og stabiliteten i områdene påvirket av grunnvannsstrømning. Vanligvis for grove løsmasser antar vi at en skråning 1 mot 1.6 (vertikal mot horisontal) bør være stabil. Dette kan variere avhengig av hvor løsse massene er. Løsmasser som er mer kompakte/konsoliderte tolererer brattere skråninger (1:1.4). Hvis løsmassene blir rikere på silt eller fin sand blir skråningene mindre stabile (1:1.8 eller til og med 1:2). Under utgravingsarbeidet kommer strendene til å utformes på et naturlig måte. Hvis en strand er for bratt kommer løsmassene til å rasse ned etter hvert til en mer stabil vinkel. Hvis løsmassene er så grove som kornfordelingsdataene viser, blir det ikke noe problem med å få forholdsvis bratte strender om det er ønskelig. Hvis utgraving viser at det finnes finere materiale under grusmassene må man redusere skråningens fallvinkel til 1:2. Vi anbefaler at strendene får en fallvinkel på 1:2 eller mindre for å få stabile og barnevennlige strender

I områdene hvor grunnvannet siger inn i lagunen (nordøst siden) og ut i Lygna (sørvest for lagunen) kan det oppstå stabilitetsproblemer knyttet til grunnvannstrøming. Når grunnvannet finner stor motstand på vei inn til lagunen eller på vei ut til Lygna, kommer det til vaske ut disse materiallene og kan etter hvert svekke stabiliteten i hele skråningen. Det er leiere og silt som lager denne motstand og hvis trykket blir stor nok begynner grunnvannet til å vaske ut dette materiallet helt til et ras finner sted. Normalt burde dette ikke vare et problem for laguneområdet siden løsmassene er siltfattige. Men om man treffer finnere materialet dypere ned i utgravingen kan dette bli et problem.

Anbefalinger

I dette kapitelet diskuterer vi resultatene fra analysene og kommer med konkrete anbefalinger for utførelsen av prosjektet. Vi går utfra et "worst case" temperatur-scenario og diskuterer vi deretter hva som kan gjøres for å forbedre disse forholdene.

I utgangspunkt er alle analyseresultatene meget positive for temperaturforholdene i lagunen. Grunnvannsanalysen viser at en stor mengde varmt vann fra Lygna kommer til å strømme på en naturlig måte inn i lagunen. Temperaturanalysene viser at løsmassene under lagunen vil få en mye høyere temperatur enn det som er vanlig å anta for grunnvann og løsmasser, og til slutt at solenergi vil øke vanntemperaturen med minst 1.5°C . Disse resultatene viser at lagunen ikke bør få problemer med å få høye gode badetemperaturer om man får en sommer med fint vær og mange soldager. Under slike forhold blir det ikke nødvendig å overføre vann fra Lygna eller iverksette andre tiltak.

Men for å være på den sikre siden må vi gå anta det verste mulig scenarioet for temperaturforholdene. Dette scenarioet kan defineres slik: Vannet som strømmer inn i lagunen er kun kaldt grunnvann – ikke noe innstrømming fra Lygna - med en temperatur på 6°C. Løsmassene under lagunen vil ha en konstant temperatur på 6°C. Det eneste oppvarming som finn sted er fra lufttemperatur og solenergi.

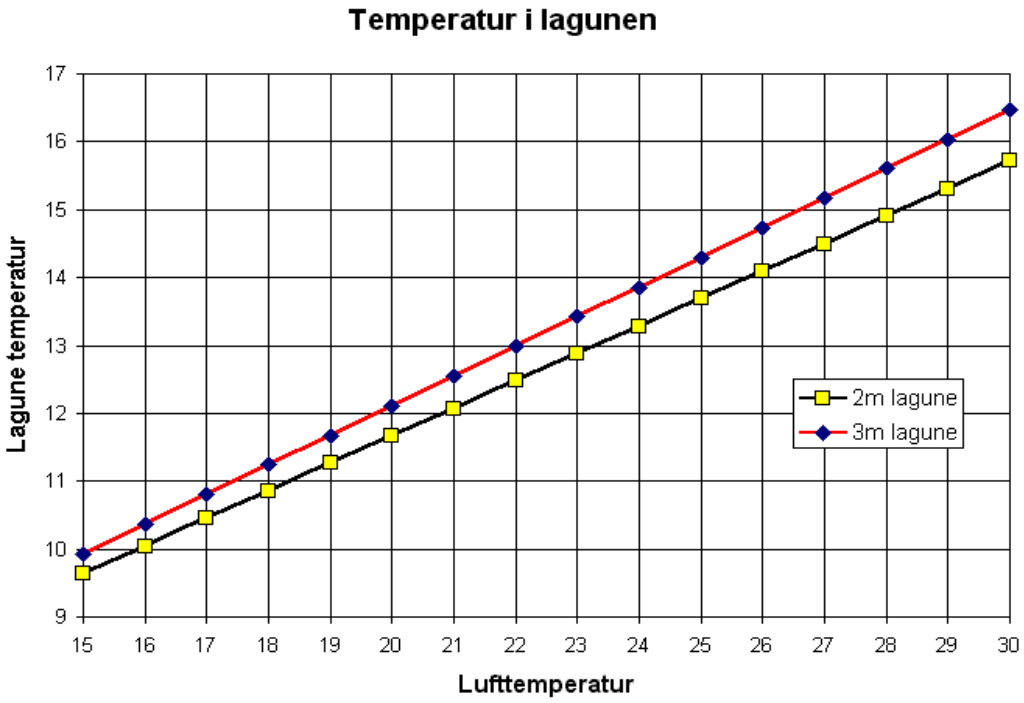
Verste scenario

Det er viktig å nevne igjen at her betrakter vi en situasjon som tilsvarer det dårligste mulig scenarioet som kan oppstå i laguneområdet.

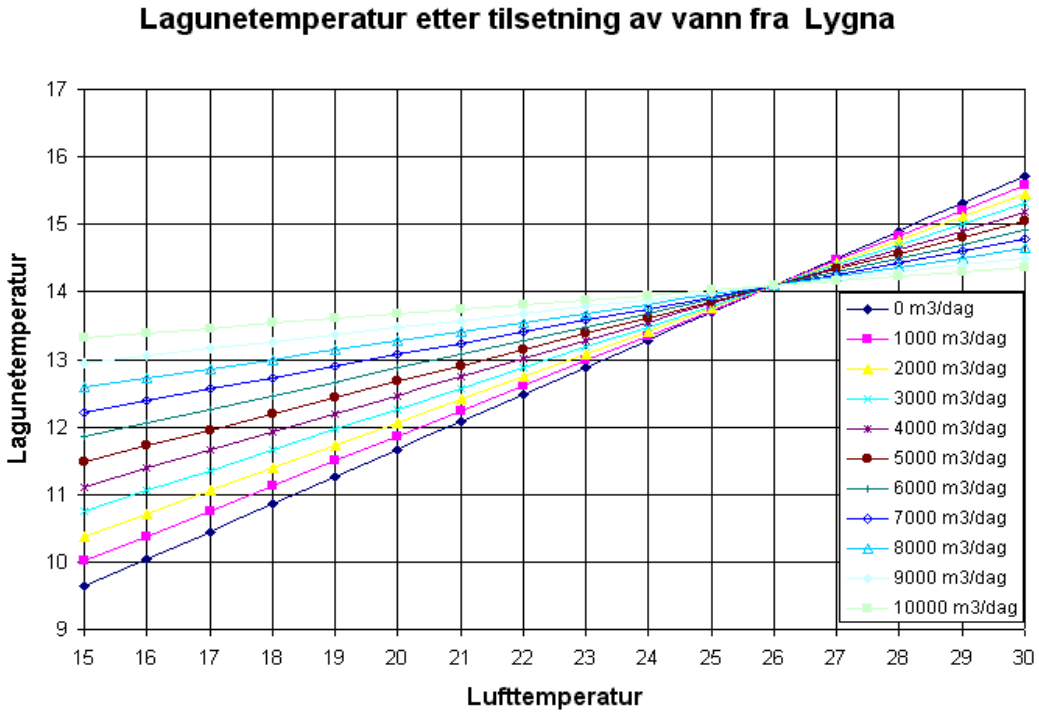
Vi har beregnet at fluksen av grunnvannet inn i lagune vil ikke overstige 0.033 m^3/s, eller 2850 m^3/dag. Lagunen har et areal på ca.7470m^2. For en gjennomsnittsdybde på 2m for lagunen kan beregne at vannet i lagunen skal fornyes ved en maksimumsinfiltrasjon hver 5.2 dager. For en 3 m dyp lagune skal vannet fornyes hver 7.8 dager. Med disse dataene kan vi lage figur 16 som viser lagunetemperatur (middelverdi) under de temperaturforholdene vi har antatt som tilsvarer forskjellige lufttemperaturer. Den nederste linjen tilsvarer en 3 m dyp lagune mens den øverste linjen en 2 m dyp lagune. Temperaturen i lagunen er meget lav til og med når vi legge til soleoppvarmingen..

Middeltemperaturen til Lygna om sommeren er 16°. Vi vil nå trinnviss estimere hva effekten blir på lagunetemperaturen om vi på et eller annen vis tilsetter 1000 m^3/ dag (ca. 12 lit/s) Lygnavann i lagunen, deretter 2000 m^3/ dag, 3000 m^3/ dag, osv. Resultatene ser vi i figurene 17 og 18, for en 2 m og 3 m dyp lagune tilsvarende.

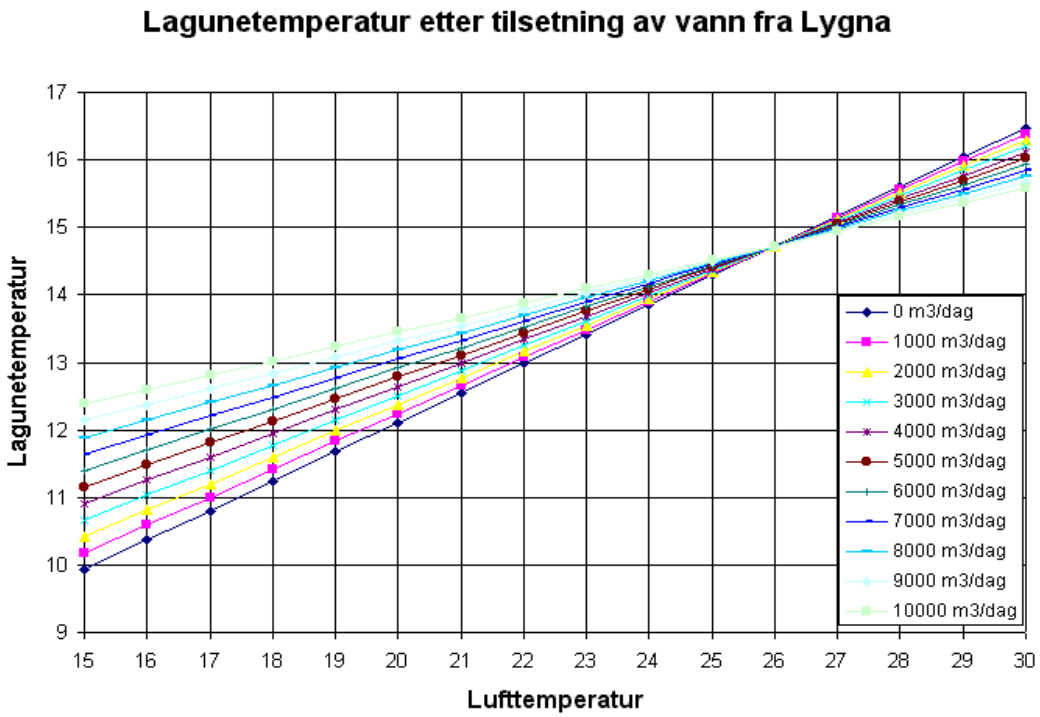
Først vil vi forklare hva er det som skjer ved lufttemperatur 26°C. Middeltemperatur i lagunen ved lufttemperatur 26° C er 16° C som er lik temperaturen i Lygna. Når lufttemperaturen overstige 26°C vil tilsetning av Lygnavann ha en avkjølingseffekt. Med andre ord, man bør ikke sette inn vann fra Lygna når lufttemperaturen overstiger 26°C. Tilsetningen av Lygnavann vil ha en mye mer merkbar effekt på en 2 m dyp lagune (fordi det finnes mindre vann i lagunen) enn på en 3 m dyp lagune. Hvis vi tar i betraktning at folk flest ikke skal bade i lagunen før lufttemperaturen stiger til minst 20°C (dette kan vel diskuteres) ser vi at tilsetning av Lygnavann kan ha en maksimums effekt på ca. 2°C.



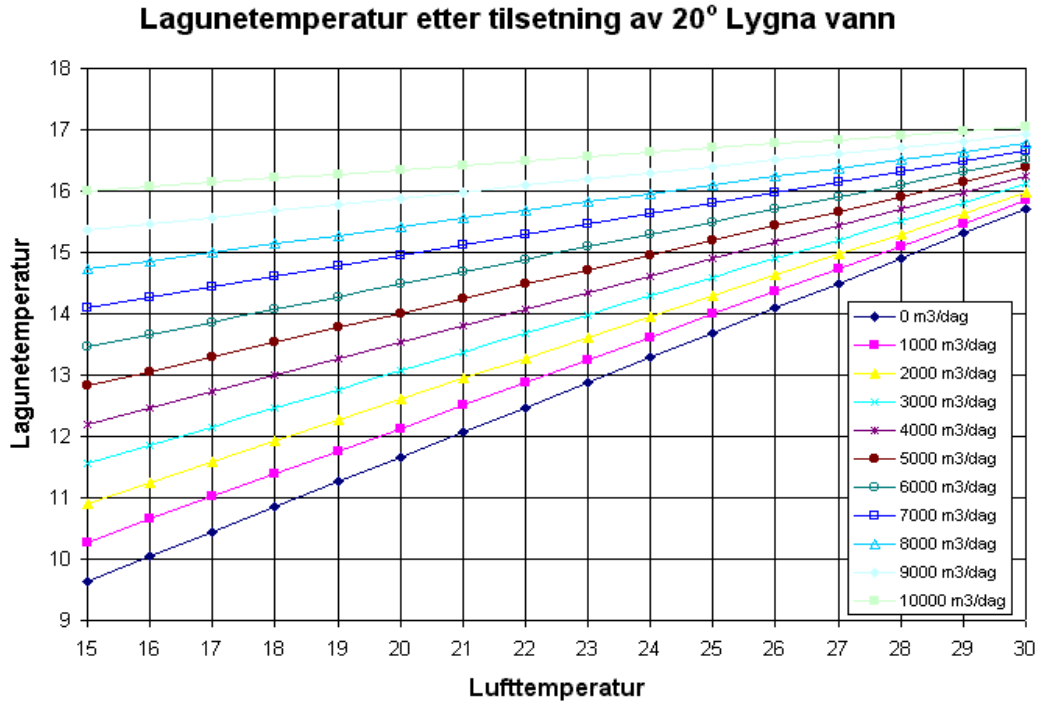
Figur 16. Forholdet mellom lufttemperatur og lagunetemperatur for temperaturscenarioet antatt for analysen.



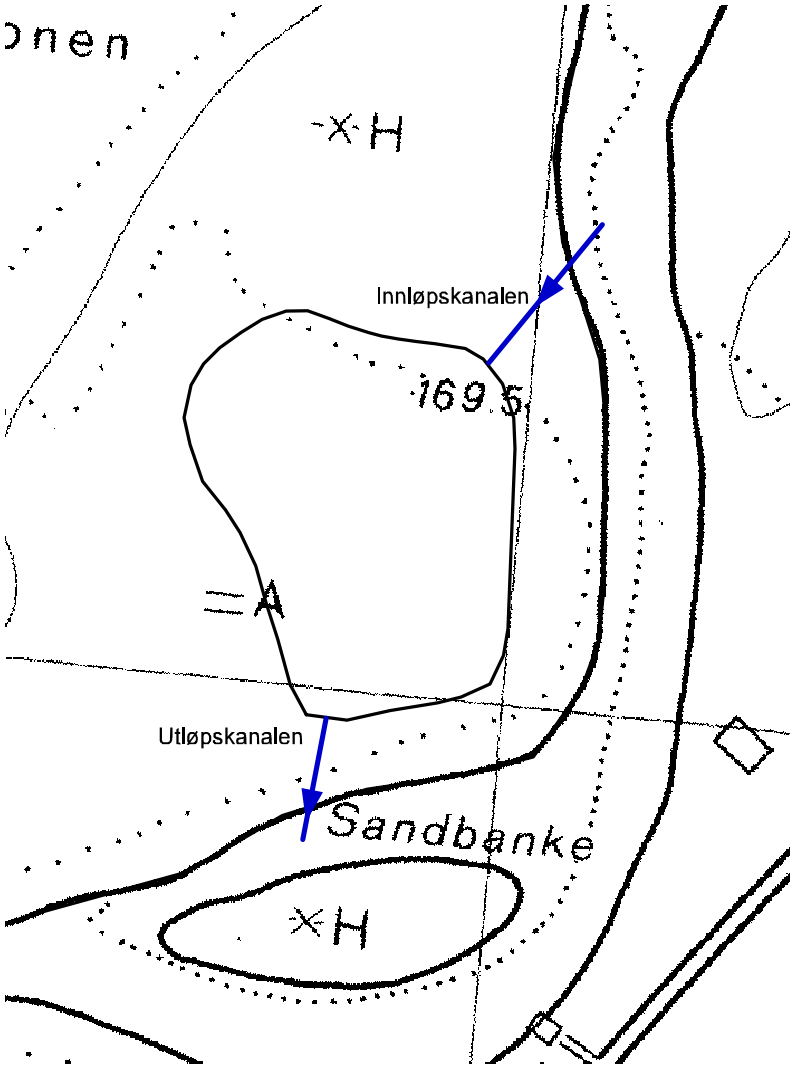
Figur 17. Resultaer når lagunen har en 2m dybde.



Figur 18. Resultater når lagunen har en 3m dybde



Figur 19. Resultater når vannet i Lygna har en 20° temperatur og lagunen en 2m dybde



Figur 20. Plassering av innløps- og utløpskanalene i lagunen.

Vi må konkludere at under disse ugunstige temperaturforholdene som vi har antatt for lagunen, vil tilsetning av vann fra Lygna ikke være effektiv. For å få en badetemperatur på 18° når lagunen har en 3m dybde, må lufttemperaturen overstige 28°C. Fra figur 18 ser vi at da blir lagunetemperaturen ca. 15.5° C og soleoppvarming vil øke temperaturen til 17.5 -18°C. Selvfølgelig hvis vannet i Lygna får en temperatur på 20° blir situasjonen helt annerledes. Dette kan vi se i figur 19 for en 2m dype lagune. Vi trenger ikke resultatene i figur 19 for å forstå at tilseting av store mengder av varmt vann vil øke temperaturen i lagunen mye mer enn kaldere vann. Det som er viktig med disse resultatene er at til og med når vannet i Lygna er varmt, treger vi minst ca. 8000m^3/dag for å få temperaturen i lagunen på et passelig nivå.

Resultatene vi har kommet fram til er ikke så lysende. Temperaturen i lagunen kommer til vare lav, med mindre vi kan tilsette store mengder av varmt vann fra Lygna. I tillegg kunne man prøve å tette bunnen i lagunen til å redusere mengden av grunnvannet som strømmer inn. Dybden i lagunen vil også vare viktig. En dyp lagune blir mindre påvirket av grunnvann men også krever mye mer vann fra Lygna for å bli oppvarmet.

Løsninger

Implementering av tiltak som kan øke temperaturen i lagunen er kostbare. Innføring av vann fra Lygna i de mengdene som kreves kan gjøres selvfølgelig med vannpumper. Dette er en dyr løsning og dessuten en dårlig løsing. Pumper man 90 – 100 lit/s inn i lagunen vil det øke vannstanden i lagunen med ca. 20 cm i løpet av et døgn, med mindre man pumper ut like mye vann fra et annet sted i lagunen. Alternativet er å bygge to kanaler/grøfter. En innløpskanal og en utløpskanal som vist i figur 20. Kanalene må være plassert slik at vannstanden i Lygna ligger høyere enn vannstanden i lagunen for innløpskanalen og det motsatte gjelder for utløpskanalen. Begge kanaler burde utstyres med luke for å kunne kontrollere mengdene av vann som strømmer inn og ut av lagunen. Man kan få det samme resultatet om man bruker rørledninger i stedet. Rørledninger trenger litt mer planlegging. Man kan altid utvide grøftene om mengden av vannet som føres fra Lygna ikke er tilfredsstillende, men det blir mye dyrere å endre størrelsen på rørene som brukes om vannføringen viser seg til å være for liten. Fordelen med en rørledningsløsning er at man får større frihet til plasseringen av rørledningene. Man kan streke rørledningen lengre opp i Lygna å på denne måten øke vanntilførselen.

Det finnes faktisk en negativ side med innføring av vann fra Lygna og kanalsystemet. Mengdene av vann som innføres er betydelig nok til å skape en strømning av vann inn i lagunen. Vannet skal strømme langsomt fra innløpskanalen med retning mot utløpskanalen. Vann i bevegelse varmes opp langsommere fra lufttemperatur og solenergi. Hvis innføring av vann fra Lygna blir for stor kan de positive effektene fra solen og lufttemperatur bli redusert betraktelig..

For å hindre innstrømning av grunnvann i lagunen kan man tette lagunens bunn. Det finnes syntetiske materialer som kan brukes til dette formålet, men prisen på slike løsninger er ikke ubetydelig. Det er mye enklere å prøve å tette bunnen med leire. Metoden har blitt brukt for det meste i dam-prosjekter og for å hindre tap av vann til den underliggende grunnvannsmagasinen. Leierlaget bør ha en mektighet på minst 0.5 m og må dekke hele lagunen. Metoden er nesten aldri 100% vellykket, men vanligvis oppnår man en tilfredstillene tetting av bunnen. Det må nevnes at for å kunne bruke dette alternativet trenger man lett tilgjengelige mengder av leiere i nærheten av laguneområdet slik at kostnadene er små.

Når vi minsker dybden i lagunen vet vi at lagunen blir fortere oppvarmet fra solenergi og lufttemperatur, samtidig blir den mer påvirket av grunnvannstrømningen siden det finnes

totalt sett mindre vann i lagunen når vi minsker dybden. Det er vanskelig å si noe fornuftig om hvilken dyp vil optimalisere temperaturforholdene i lagunen. Hvis vi prøver å betrakte situasjonen fra en praktisk side konkluderer vi at lagunen ikke trenger å ha den samme dybden over hele arealet. Noen områder kan være 1 til 2m dype som er passende for små barn, mens andre kan være mer enn 3m dyp for vokse eller for å kunne installere stupebrett, osv. Basert på analysene vi har utført kan vi foreslå det følgende.

1. Den nordøstlige siden av lagunen vil sannsynligvis bli den kaldeste, siden grunnvann vil strømme inn i lagunen i dette området. Lagunen bør være så grunn som mulig har for å minske effekten av grunnvannet (mindre enn 1.5m). Man kan tenke seg å bruke leiere for å redusere infiltrasjonen av grunnvannet i dette området. I så fall bør man grave noe dypere for å kunne seinere sette et 0.5 m lag leiere over.

2. Den sørvestlige siden av lagunen er best egnet til å være den dypeste. Om man vil helst vil ha et området med en dybde over 3 m, bør det være her.

3. Resten av lagunen bør ikke overstige en 2 m dybde.

Man kan dessverre ikke gi et mer konkret svar på de spørsmålene knyttet til badelagunen og dens temperaturforhold. Analysene krever mer data for å kunne gi bedre og mer pålitelige resultater. Aktuelle temperaturforhold i bunnen av lagunen og i Lygna har vi dårlig kjennskap til. Grunnvannstemperaturen er usikker og det samme gjelder for mengden av grunnvannet som skal strømme inn i lagunen. Geologien og mektighet av løsmassene i området er ukjent.

Vi mener at det er formålstjenlig å sette i gang med målinger i lagune området så fort som mulig etter lagunens utgraving. Temperaturmålinger i lagunen og i Lygna og bedre kjennskap til geologien i området kan forbedre våre analyser betraktelig og gjør det mulig å finne optimale løsninger.

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

Utgitt i Oppdragsrapportserie A i 2002

Nr.1 Roger Sværd: Flom – og vannlinjeberegning for Futelva ved Bodø (165.2Z)
Kartlegging av flomfare ved indre Bertnes bru (32 s.)

Nr. 2 Panagiotis Dimakis: Grunnvannsundersøkelser i Røvassdalen og Glomåga
Oppsummering av grunnvannsundersøkelser (66 s.)

Nr. 3 Roger Sværd: Normalvannstand i Storvann nord, Harstad kommune (30 s.)

Nr. 4 Hervé Colleuille: Skurdevikåi tilsigsfelt (015.NDZ) Grunnvannsundersøkelser
Årsrapport 2001 (18 s.)

Nr. 5 Hervé Colleuille: Filefjell - Kyrkjestølane (073.Z). Grunnvannsundersøkelser
Årsrapport 2001 (15 s.)

Nr. 6 Rune V. Engeset and Hans-Christian Udnæs: Satellite-observed Snow Covered Area
in the HBV-model. Final report The DemoSnow project (32 s.)

Nr. 7 Thomas Skaugen (NVE), Marit Astrup (NVE), Lars A. Roald (NVE), Torill Engen Skaugen (DNMI):
Scenarios of extreme precipitation of duration 1 and 5 days for Norway caused by climate
change (61 s.)

Nr. 8 Panagiotis Dimakis: Kollemo badelagune i Hægebostad kommune (024.B4)
Grunnvannsanalyse og temperaturforhold (35 s.)