

RAPPORT

Planlegging, gjennomføring og overvåking av restaureringstiltak
i Gjølsjøen (Marker kommune)

Analyse av vannstandsobservasjoner 2021-2023

Peggy Zinke



SCIENCEMONASTERY

og samarbeidspartnere

RAPPORT

Restaureringstiltak i Gjølssjøen (Marker kommune) **Analyse av vannstandsobservasjoner 2021-2023**

RAPPORTNUMMER
2024-01

DATO
15. februar 2024

VERSJON
1.0

ANTALL SIDER
19

FORFATTER(E)
Peggy Zinke (PhD)

DISTRIBUSJON
Åpen

OPPDRAGSGIVER(E) OG KONTAKTPERSON
Haldenvassdraget vannområde, Lars Kristian Selbekk

PROSJEKTNUMMER
2023-Gjolsj

SAMMENDRAG

Haldenvassdraget vannområde har i perioden 2021-23 samlet inn vannstandsdata på fire lokaliteter i Gjølssjøen (Botten, sør v/veien, nord v/veien, Snarud). Det ble beregnet foreløpige hydrologiske nøkkelverdier basert på døgnmiddelverdier for enkeltårene og hele observasjonsperioden. Maksimalvannstand ble observert under ekstremværet «Hans» i august 2023. Resultatene antyder at målestasjonene i Sør (Botten, Sør v/veien og Nord v/veien) oppfører seg nesten likt i forhold til vannstand. Vannstanden i nordre basseng ved Snarud viser en større vannstandsøkning særlig i flomsituasjoner. På grunn av manglende fastmerker og referansehøyder er analyseresultatene imidlertid veldig usikker. Ved framtidig installasjon og drift av loggerne, bør NVE-retningslinjene for etablering av vannmålestasjoner brukes som veiledning. For framtidige målinger bør man sette fastmerker, måle opp referansehøyder og registrere loggerens monteringsdyp.

NØKKELOORD

NO: Gjølssjøen, restaurering, ferskvann, vannstandsobservasjoner, overvåking

EN: Lake Gjølssjøen, restoration, freshwater, water level records, monitoring

KONTAKTOPPLYSNINGER

Sciencemonastery AS
Peggy Zinke (PhD)
c/o Lia Gård
2485 Rendalen, Norway
Telefon: +47 99302344
E-post: peggy.zinke@sciencemonastery.com
www.sciencemonastery.com

KVALITETSSIKRET AV
Børre Dervo

ANSVARLIG SIGNATUR
Peggy Zinke

Innhold

1	Introduksjon	4
1.1	Bakgrunn for prosjektet.....	4
1.2	Restaureringstiltak og monitoring som ble gjennomført	4
1.3	Databehandling og usikkerheter	6
2	Hydrologiske analyser	7
2.1	Hydrologiske og limnologiske forhold.....	7
2.2	Hydrologisk situasjon i observasjonsperioden 2021-2023.....	8
2.3	Analyse av vannstandsdata fra Gjølssjøen 2021-2023	11
2.4	Sammenlignelse med tidligere informasjoner	15
2.5	Foreløpig ekspertvurdering av sjøens oppførsel i ulike hydrologiske situasjoner	16
3	Konklusjoner og anbefalinger for veien videre.....	17
3.1	Oppsummering og konklusjoner.....	17
3.2	Anbefalinger	17
4	Litteratur.....	19

Ofte brukte forkortelser og symboler

GIS	Geografisk informasjonssystem
NEVINA	Nedbørfelt-Vannføring-INdeks-Analyse; nettapplikasjon http://nevina.nve.no/
NVE	Norges vassdrags- og energidirektorat

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn for prosjektet

Science monastery AS har analysert vannstandsdata fra Gjølssjøen for to hele år og en halv sesong og med Marker kommune som oppdragsgiver. Kommunen er ansvarlig for Haldenvassdraget vannområde. Oppgaven gikk ut på å vurdere hvordan vannstanden i sjøen varierer over tid, og hva konsekvensen ville være av å åpne vegetasjonsbeltet gjennom hele innsjøen. Prosjektet bygger på tidligere undersøkelser som ble utført i 2020 som bidrag til restaurering av Gjølssjøen (Holtskog m.fl. 2020, Zinke 2020).

1.2 Restaureringstiltak og gjennomført kartlegging

Restaureringsarbeidene har blitt gjennomført etter anbefalingene i restaureringsplanen (Holtskog m.fl. 2020). Ifølge oppdragsgiveren jobber man både med å få gjennomført landbrukstiltak i nedbørsfeltet for å redusere næringstilførselen, og med tiltak i selve innsjøen. Overvåkingen inkluderer algeprøver, artskartlegginger, noe sedimentprøver og vannstandsmålinger (**Figur 1.1**). Foreløpige resultater fra algeprøver (Norconsult) antyder at det er svært ulike forhold i de tre bassengene. I nordre basseng har det vært problemer med hornblad (*Ceratophyllum demersum*). I det siste har man år for år fjernet vegetasjon med en Truxor (se **Figur 1.2**). Det er noen år igjen før man eventuelt vil komme helt gjennom vegetasjonsbeltet (Selbekk 2023).



Figur 1.1: Gjølssjøen med lokalisering av vannstandsloggerne i bassengene. Bakgrunn fra *norgeskart.no* (a) og ortofoto fra 2022 fra *norgebilder.no* (b).



Figur 1.2: Dronefoto som viser Gjølssjøen sett fra brua mot Nord før (16.9.2022) og etter gjennomføring av tiltak (5.10.2023). Bilder fra oppdragsgiveren.

Haldenvassdraget vannområde har data fra to hele år og en halv sesong med datalogging av vannstand i de fire ulike delene av sjøen (**Figur 1.1**):

- i Botten (Logger A, basseng 1)
- sør for veien, i Sandtorpfjorden (Logger B, basseng 2)
- nord for veien (Logger C, basseng 3, separert med vei og kulvert fra Logger B)
- ved Snæsrudd i nordre basseng (Logger D, basseng 4, delt med vegetasjonsbelte)

Loggerne (Solinst; trykceller) ble årlig satt ut av oppdragsgiveren etter smelting av isen og tatt inn før vinteren. Måleperioden i de ulike årene var følgende:

- 2021: 23. juni til 22. november
- 2022: 1. april til 5. november
- 2023: 30. april til 10. november

1.3 Databehandling og usikkerheter

Loggerdataene fra prosjektet (4 lokaliteter, 10 min oppløsning) ble levert av oppdragsgiveren i filformat *.xle og/eller *.csv og inkluderte dato, tid, vannstand og vanntemperatur. Vannstandsdataene var som regel kompensert for atmosfærisk lufttrykk. Dataene for loggeren nord for veien (logger C) i 2023 ble imidlertid levert uten en slik kompensasjon. Disse dataene ble justert (kompensert) ved hjelp av dataene fra barologgeren for samme perioden. Ved denne justeringen ble tettheten av vannet forenklet beregnet som funksjon av temperaturen (polynom-approximasjon).

En målestasjon består vanligvis av en loggerenhet med en trykksensor som registrerer vannstanden i et gitt intervall, og en målestav på et egnet sted i elven rett ved målestasjonen. Ved målestaven settes også en fastmerke i berg eller annen fast installasjon for å sikre kontroll på høyde av vannstand og målestav. Etter informasjon fra oppdragsgiveren har man imidlertid ikke etablert noen fastmerker eller målt opp referansehøyder ved de fire målestasjoner. Det foreligger kun relative vannstandsmålinger uten dokumentasjon av loggerens «nullnivå» på de enkelte årene. På grunn av dette kan referansehøydene for vannstandsmålingene ikke dokumenteres. Det medfører stor usikkerhet for alle analyser og konklusjoner som er presentert i denne rapporten.

For foreløpig å kunne sammenligne dataene fra ulike år og stasjoner, ble det skjønnsmessig fastsatt en «referansedato» med ca kote 114,9 m o.h., som referansehøyde og beregnet tilhørende «nullnivåer» for trykcellens monteringsdyp for de ulike årene og stasjonene (**Tabell 1.1**). Referansehøyden på 114,9 moh. baserer seg på en flyfoto fra 5. juni 2022 og representerer middelverdien av terrenghøyden på vannkanten som ble ekstrahert på flere steder fra digital terrengmodell (DTM 1, NN2000). Disse verdier for trykcellens monteringsdyp er imidlertid veldig usikker. Det kan ikke utelukkes avvik i størrelsesorden 0,1 til 0,5 m eller mer fra den reelle referansehøyden. For framtidige målinger bør man sette fastmerker (f.eks. referansebolt) og måle opp referansehøyder (se **Kap. 3.2**).

Tabell 1.1: Antatt vannstand i Gjølssjøen og valgt «nulldato» med cirka samme vannstand i hele innsjøen, med trykcellens monteringsdyp som resulterer av det. For framtidige målinger må det etableres fastmerker!

År	Dato	Vannstand moh. Referanse-nivå	«Nullnivå»; trykcellens monteringsdyp moh.				Kommentar
			Botten (A)	Sør v/vei (B)	Nord v/vei (C)	Snæsrudd (D)	
2021	23.06.2023	114,9	114,29	114,52	114,38	113,92	
2022	05.06.2022	114,9	114,62	114,37	114,10	114,08	Flyfoto
2023	11.06.2023	114,9	114,39	114,38	114,59	114,37	

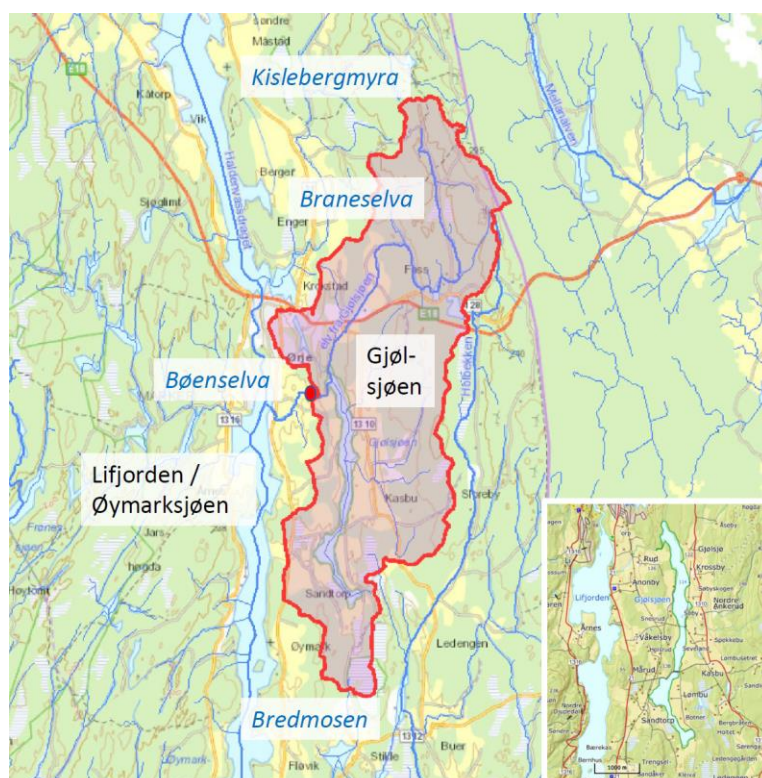
2 Hydrologiske analyser

2.1 Hydrologiske og limnologiske forhold

Nedbørsområdet til Gjølssjøen omfatter et areal på 29,1 km² og ligger mellom høydene 114 og 291 moh. (**Fig. 2.1**). Nedbørsfeltet består av skog (74 %), dyrket mark (16 %) og flere myrer. Braneselva, som drenerer skogsområdene nær riksgrensen ved og nord for E18, kommer inn i innsjøen helt i nord, hvor også elva som drenerer innsjøen (Bøenselva) har sitt utløp. Ellers er det bare noen mindre innløpsbekker, hvorav den største drenerer jordbruks- og skogsområdene øst for Gjølssjøen.

Gjølssjøen har ifølge innsjødatabasen i NVE-atlas et areal på 0,98 km² og en maksimal dybde på 1,5 m i det nordlige bassenget og opp til 4,2 m¹ i den sørlige delen. Store deler av sjøen mellom de åpne vannflatene, består av sump og våtmark. Vannets oppholdstid (innsjøens volum/årlig avrenning) ble beregnet for hele innsjøen med 25 døgn. Gjølssjøen er preget av tilgroing, og det har ført til dannelse av tre nesten adskilte åpne bassenger (**Fig. 1.1, Tab. 2.1**).

NVE-atlas oppgir en vannstand på 114 moh. [NN54]. Dagens topografiske detaljkart (se Zinke 2020) oppgir vannstander mellom 113,4 moh. [NN54] i nordlige delen ved utløpet av Gjølssjøen, 114,0 moh. ved brua og 114,4 moh. i sørlige delen ved Bottenfjorden. Dette indikerer en vannstandsforskjell på 1 m mellom nord og sør ved «normalforhold», som er relativt høyt. Terrengmodellen DTM-1 viser derimot vannoverflatehøyder mellom cirka 114,7 og 114,8 moh. [NN2000] for hele Gjølssjøen, unntatt for de gjengrodde våtmarksområdene. Denne høyden ble lagt til grunn som middelvannstand for analysene i Zinke (2020).

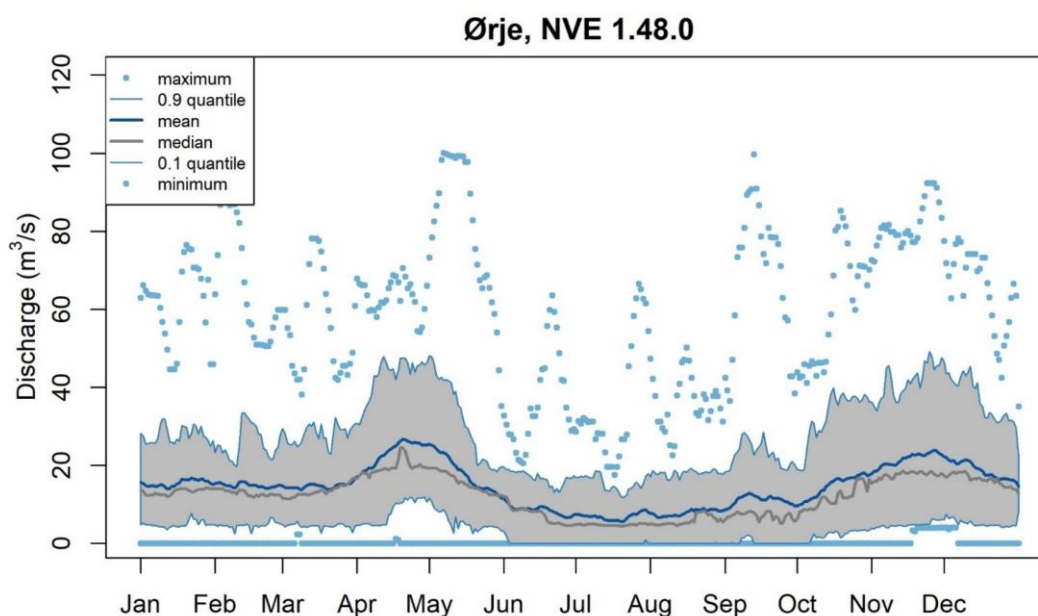


Figur 2.1: Nedbørsfelt til Gjølssjøen basert på NVEs NEVINA-applikasjon (*nevina.no*). Fra Zinke (2020).

¹ Nyere undersøkelser antyder at dybden har blitt mindre i løpet av de siste dekadene, se Zinke (2020).

Tabell 2.1: Noen nøkkelparameter for Gjølssjøens permanent åpne vannflater. Fra Zinke (2020)².

	Bottenfjorden	Sandtorpfjorden	Nordre basseng
Vanndekt areal (dekar)	1,8	5,6	29,2
Vanndybde, middel (m) fra NVE 1985	? (antatt: 1,2)	2,1	1,2
Nedbørsfelt (km ²) fra NVE-Nevina	2,27	4,67	29,1
Middelvannføring ved utløpet (m ³ /s)	0,03	0,06	0,37
Vannets oppholdstid (døgn)	27,33	7,54	10,89

**Figur 2.2:** Hydrologisk regime for en målestasjon som ligger i nærheten av Gjølssjøen: Ørje (Haldenkanalen, tidsserie 09/1963-10/2020, øvre) Analysen ble gjennomført basert på data fra NVE-database. Fra Zinke (2020).

Det regionale hydrologiske regime er preget av en vårflokk i april-mai, lave sommervannstander og økende vannstander i høsten, med høyeintervannføringer og -flommer i november/desember, se **Figur 2.2**.

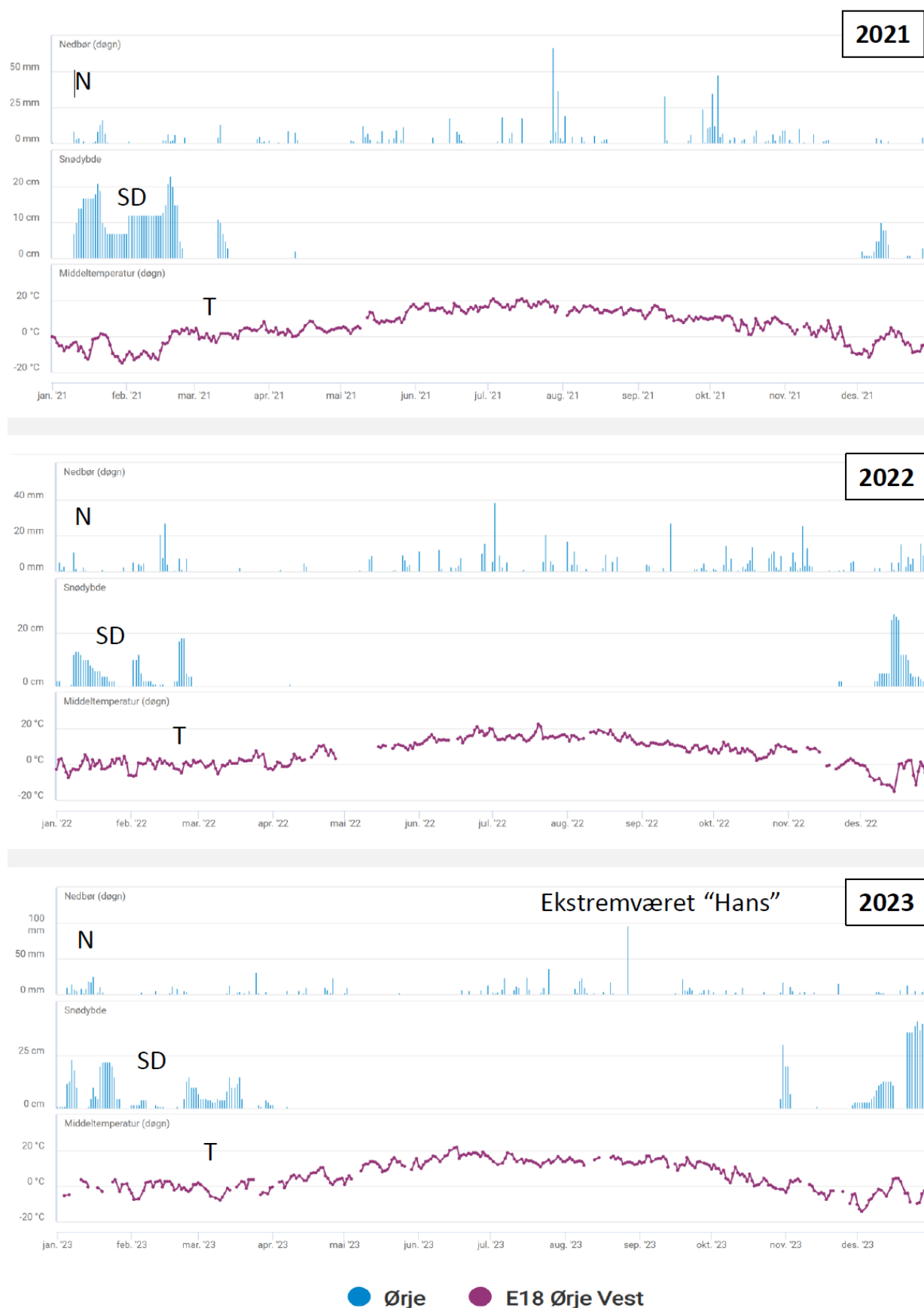
2.2 Hydrologisk situasjon i observasjonsperioden 2021-2023

Figur 2.3 illustrerer den meteorologiske situasjonen i observasjonsperioden 2021 til 2023 basert på meteorologiske data fra stasjonene «Ørje» og «E18 Ørje Vest».

I 2021 falt det 10 % mindre nedbør enn normalt i Norge. I regionen ved Gjølssjøen kom fra 75 til 100 % av normal nedbørsum, sammenlignet med normalserien 1991-2020. Den regionale årsmiddeltemperaturen lå 0-0,5 grader over normalen (Grinde m.fl. 2022). Vårflomperioden 2021 startet i Sør-Norge i midten av mai med flom på gult nivå i flere av vassdragene etter en uke med regnbyger og relativt varmt vær. Svært lite nedbør i sommer førte til lav grunnvannstand, og liten vannføring i elver først på Vestlandet og etter hvert i vestlige deler av innlandet, Viken og Telemark. Hele Sør-Norge begynte å bli uvanlig tørr i starten av september, men situasjonen forbedret seg raskt i starten av oktober (Varsom 2022).

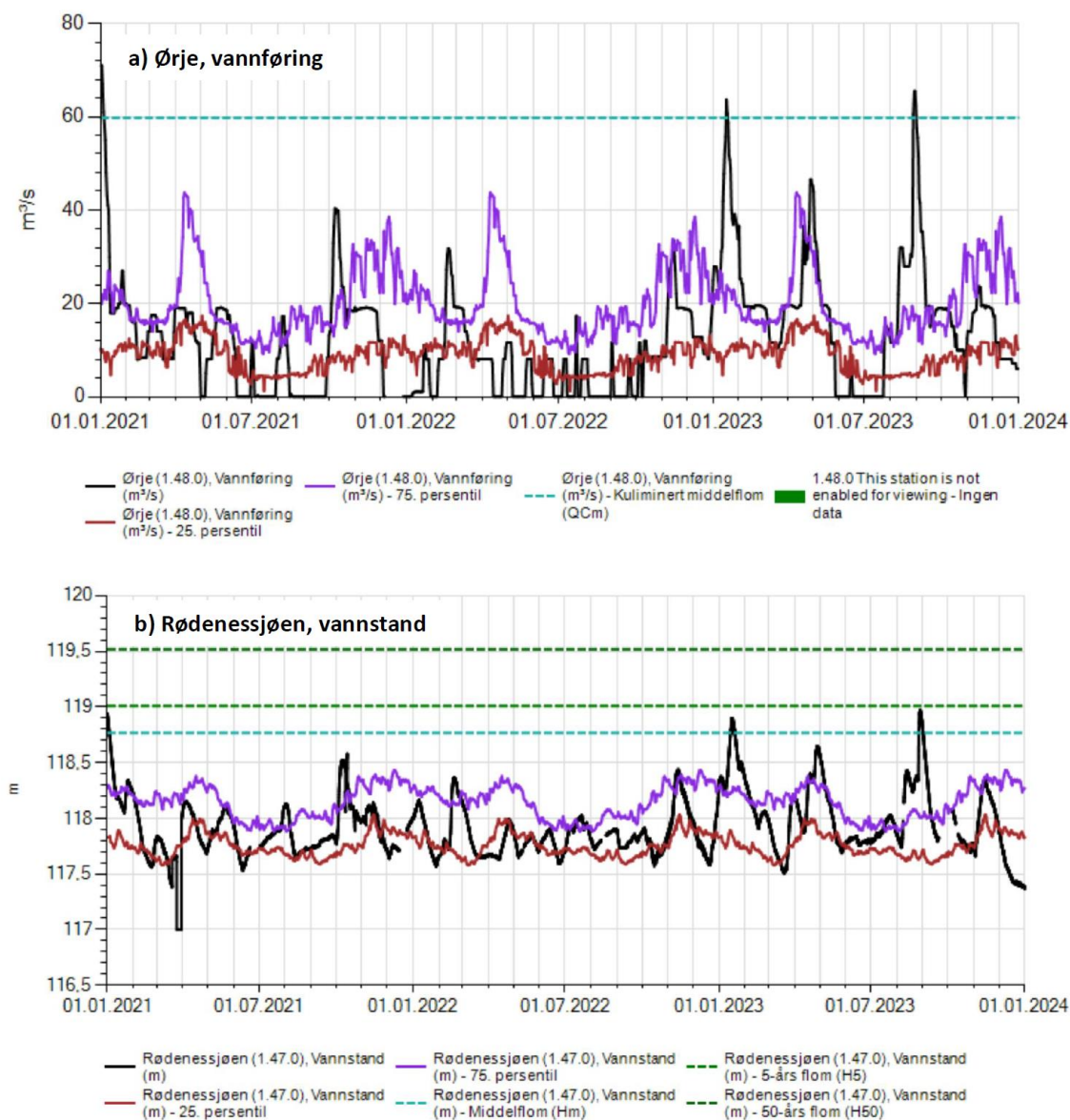
² Enhet for vanndekt areal var i Zinke (2020) feilaktig oppgitt og ble korrigert fra km² til dekar.

Analyse av vannstandsobservasjoner i Gjølssjøen 2021-2023



Figur 2.3: Nebør (døgnmiddel, N), snødybde (SD) og temperatur (døgnmiddel, T) i observasjonsperioden, basert på data fra stasjonene «Ørje» og «E18 Ørje Vest». Vær OBS på ulike skalering! Fra *met.no*.

I 2022 var landtemperaturen 0,7 °C over normalen, og året ble ifølge Meteorologisk institutt det 9. varmeste som er registrert i en serie som går tilbake til 1900 (Grinde m. fl. 2023). For hele landet samlet falt det 4 % mer nedbør enn normalt. I regionen ved Gjølsjøen kom fra 75 til 100 % av normal nedbørsum, sammenlignet med normalserien 1991-2020, dvs. det var et tørt normalt år i forhold til nedbør. Årsmiddeltemperaturen i regionen lå 1,0-1,5 grader over normalen, som regnes som svært varmt (Grinde m.fl. 2023). Ifølge Varsom (2023) var store deler av Sør-Norge 2022 preget av en vår og sommer med lite vann. Usedvanlige lite nedbør vinteren 2021-2022 og våren 2022 førte til skogbrannfare i store deler av Sør-Norge, og svært lav grunnvannstand og lav vannstand i de store innsjøene på Østlandet. Det lave grunnvannsnivået medførte lite tilsig av vann til elver og bekker. Flere steder i Norge var det imidlertid mange korte episoder med svært mye regn. I Sør-Norge ble det flom i fjellområdene, på grunn av høye temperaturer og vedvarende snøsmelting i slutten av juni. I løpet av høsten kom det mye nedbør i Sør-Norge, og i løpet av oktober var tørken definitivt over (Varsom 2023). **Figur 2.4** illustrerer den hydrologiske situasjonen i perioden 2021 til 2023, basert på NVE-målinger.

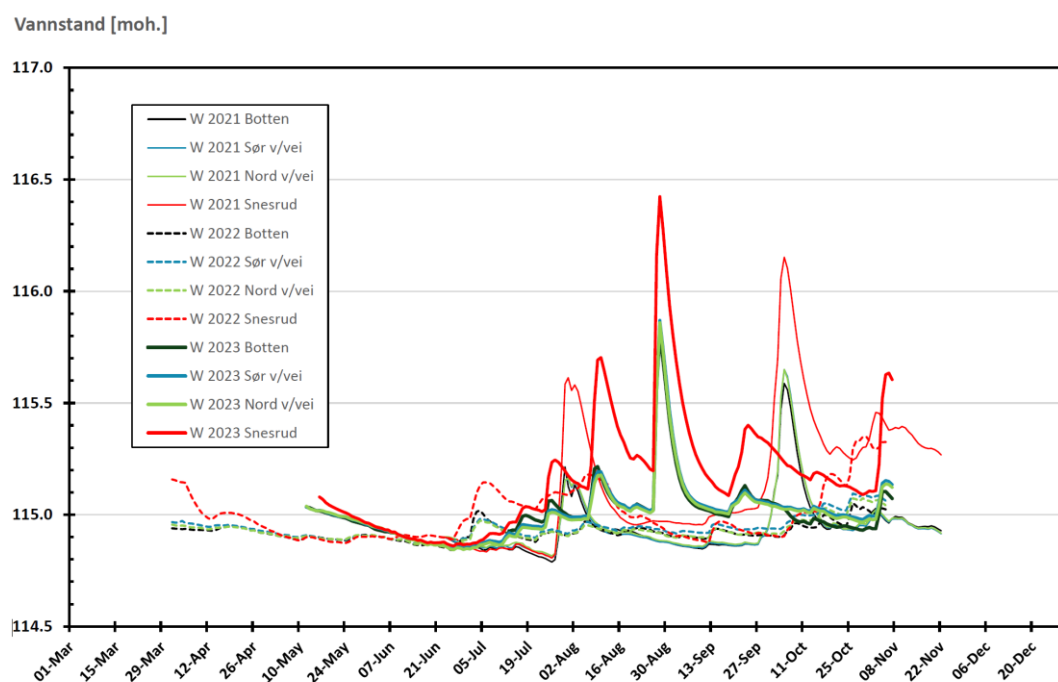


Figur 2.4: NVE-målinger for perioden 2021-2023. a) Vannføring på Ørje (kraftverk; NVE 1.48.0; 123 moh.), b) Vannstand i Rødenessjøen (NVE 1.47.0, 118 moh.). Fra *xgeo.no*.

I følge NVE (2024) vil året 2023 bli husket som året da Sør-Norge ble rammet av ekstremværet «Hans», den dyreste naturkatastrofen som noen gang har rammet Norge. I januar førte langvarig regn, kombinert med snøsmelting, til flom blant annet i Haldenvassdraget i perioden 14.–24. januar 2023. Vannstanden i Vansjø og nedre del av Haldenvassdraget var nesten like høyt som en 10-års flom. Vårflommen 2023 kom i midten av mai. I Sør-Norge ble det en relativt liten vårflom, til tross for at det var uvanlig mye snø i fjellet i begynnelsen av mai. Regulantene styrte vannføringen aktivt. I tillegg var været gunstig med moderate temperaturer og lite regn, slik at snøsmeltingen gikk sakte mellom 15. og 31. mai. Mai og juni 2023 var tørre måneder i deler av Sør-Norge, og grunnvannstanden sank raskt flere steder i lavlandet. Mellom 24. og 27. juli fikk store deler av Innlandet mye nedbør, som førte til oversvømmelser og stenging av mange veier på grunn av vann og flom, eller på grunn av jord- og flomskred. I august 2023 ble Sør-Norge rammet av ekstremværet «Hans» som ga enorme nedbørmengder over store områder; over 100 millimeter på to-tre dager. Dette utløste over 750 løsmasseskred, flom og oversvømmelser, som skadet infrastruktur og eiendom. Mellom 7. og 9. august falt det igjen store mengder regn over Sør-Norge, spesielt i Innlandet og Viken. Dette førte til at mange elver og bekker gikk over sine bredder og oversvømte veier, jorder, boliger og næringsbygg. Natt til søndag 27. august kom det en ny episode med mye og kraftig regn. Flere steder i Sør-Norge nådde vannstanden historisk høye nivåer (NVE 2024).

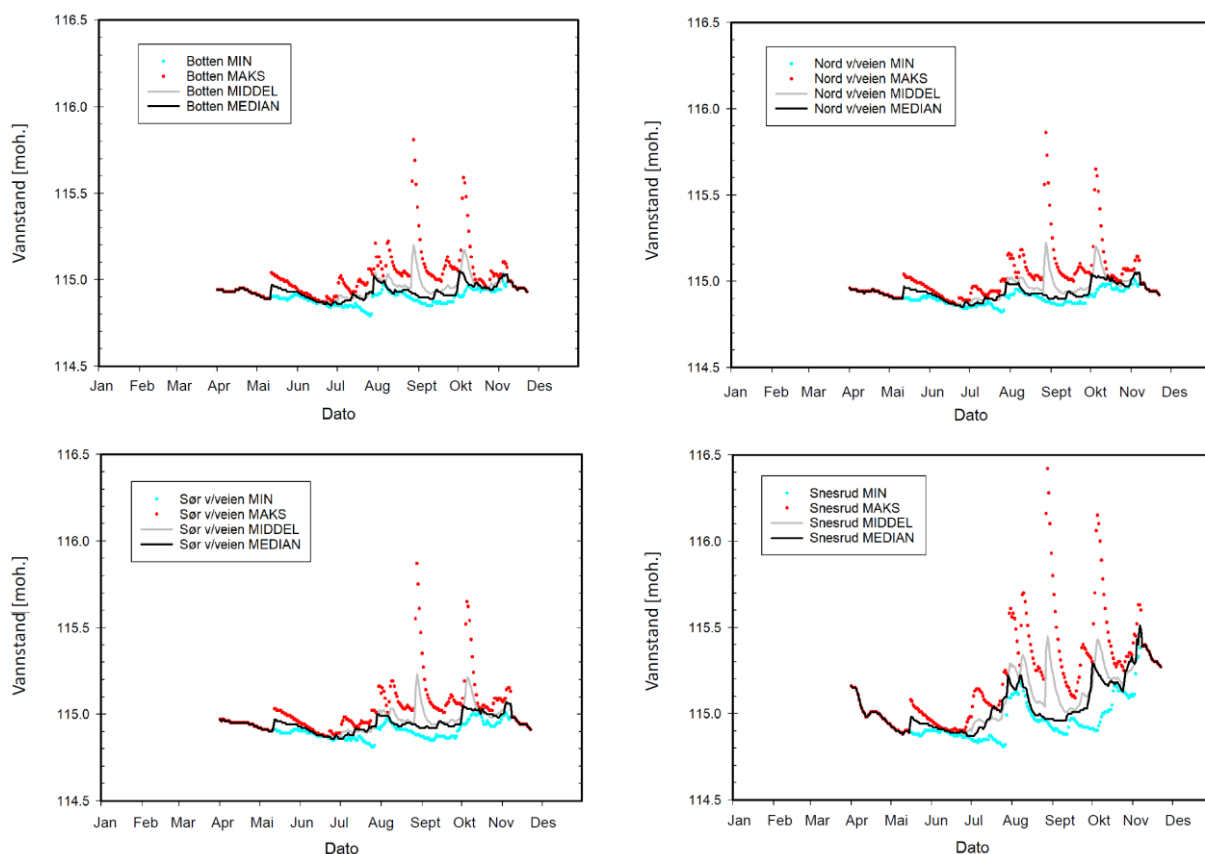
2.3 Analyse av vannstandsdata fra Gjølssjøen 2021-2023

Figur 2.5 viser foreløpige resultater av vannstandsmålingene i Gjølssjøen fra 2021 til 2023 for alle stasjoner. Selv om det kan forventes noen feil på grunn av manglende fastmerker (se **Kap. 1.3**), så er målingene i godt samsvar med den hydrologiske situasjonen beskrevet i forrige delkapittel. Maksimalvannstand ble observert under ekstremværet «Hans» i august 2023. Sommer 2022 hadde ingen store flommer.

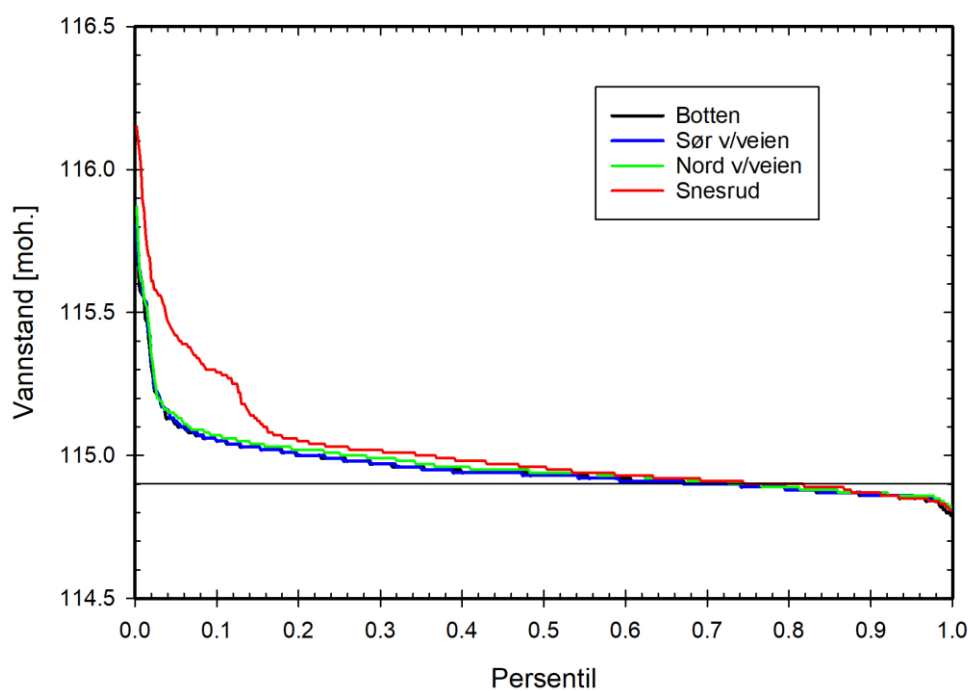


Figur 2.5: Resultater av vannstandsmålingene fra 2021 til 2023 for alle stasjoner. På grunn av manglende referansehøyder kan det være betydelige avvik mellom de ulike stasjonene og årene. Se forklaringer i tekst.

Analyse av vannstandsobservasjoner i Gjølssjøen 2021-2023



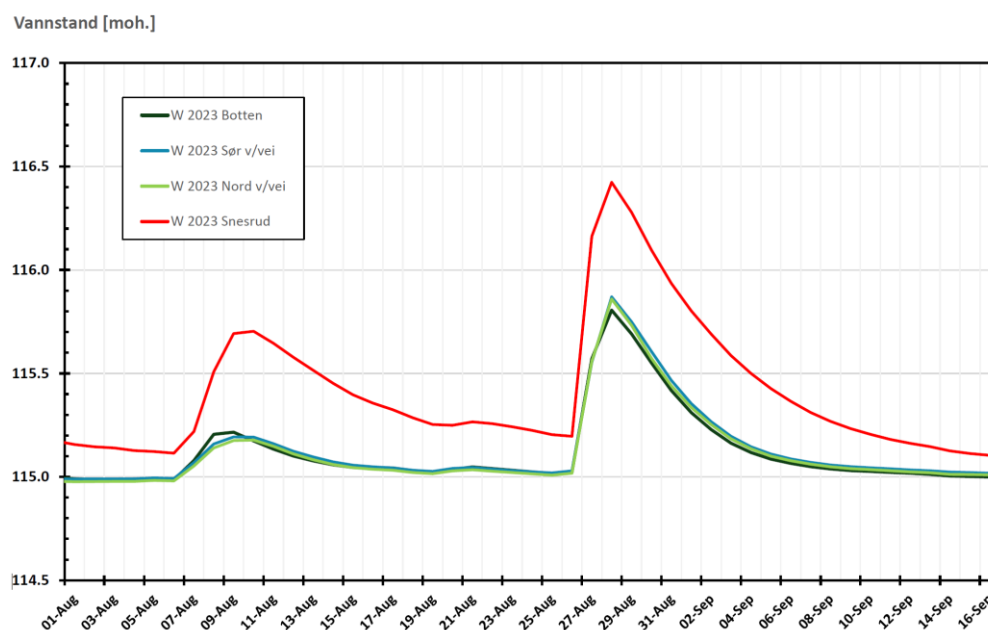
Figur 2.6: Beregnete foreløpige hydrologiske nøkkelverdier for alle stasjoner for den korte tidsserien fra 2021-2023.



Figur 2.7: Beregnete foreløpige vannstandsvarigheter for alle stasjoner for den korte tidsserien fra 2021-2023 (uten vinter, for perioden som er vist i **Figur 2.5**). På grunn av manglende fastmerker kan det være betydelig avvik i forhold til den reelle referansehøyden, se **Kapittel 1.3**.

Tabell 2.2: Foreløpige hydrologiske nøkkelverdier (døgnmiddel) for observasjonsperioden 2021-2023. På grunn av manglende fastmerker kan det være betydelige avvik, se **Kapittel 1.3**.

Parameter	Periode	Vannstand [m o.h.] ³			
		Botten	Sør v/veien	Nord v/veien	Snesrud
Minimum	2021	114.79	114.81	114.82	114.81
	2022	114.84	114.84	114.85	114.85
	2023	114.85	114.85	114.85	114.84
	2021-2023	114.79	114.81	114.82	114.81
Middellavvann	2021-2023	114.83	114.83	114.84	114.83
Middelverdi	2021	114.94	114.95	114.95	115.15
	2022	114.92	114.92	114.94	114.93
	2023	115.00	115.00	115.02	115.01
	2021-2023	114.95	114.95	114.96	115.01
Median	2021	114.92	114.91	114.92	115.02
	2022	114.92	114.92	114.93	114.92
	2023	114.99	114.99	115.01	115.00
	2021-2023	114.93	114.92	114.94	114.94
Maksimum	2021	115.59	115.65	115.65	116.15
	2022	115.05	115.05	115.09	115.07
	2023	115.81	115.81	115.87	115.86
	2021-2023	115.81	115.81	115.87	116.15
Middelflom	2021-2023	115.48	115.50	115.54	115.69

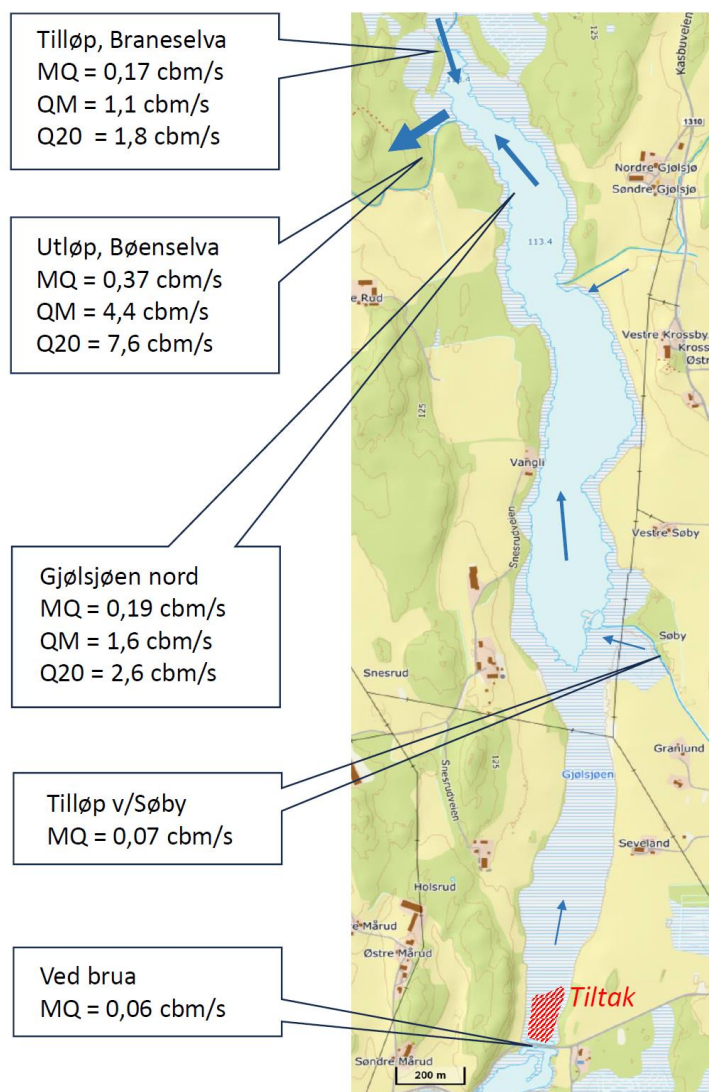


Figur 2.8: Vannstander (døgnmiddel) under ekstremværet «Hans» i august/september 2023 (med betydelig usikkerhet i forhold til absolutt høyde pga. manglende fastmerker).

³ NN2000; foreløpige verdier på grunn av manglende fastmerker, se Kapittel 1.3.

Tabell 2.2 viser foreløpige hydrologiske nøkkelverdier basert på døgnmiddelverdier for enkeltårene og hele observasjonsperioden, se også **Figur 2.6**. Resultatene antyder at målestasjonene i Sør (Botten, Sør v/veien og Nord v/veien) oppfører seg nesten likt i forhold til vannstand, selv om flomtoppen gjerne opptrer flere timer eller 1-2 dager tidligere i Botten enn ved veien. Vannstanden i nordre basseng ved Snesrud viser en større vannstandsøkning særlig i flomsituasjoner. Dette gjenspeiler seg også i varighetskurven (**Fig. 2.7**).

Tabell 2.3 viser størrelsen på nedbørsfeltet, alminnelig lavvannføring, middelvannføring og flomvannføringer for ulike lokaliteter ved Gjølssjøen basert på NVE-applikasjon Nevina. Flomvannføringene er oppgitt som døgnverdier ift. RFFA_2018. Det ble brukt 20 % klimapåslag etter anbefaling fra KSS (2022). Nedbørsfeltet til dagens nordre basseng er mer en seks ganger større enn nedbørsfeltet til de sørlige bassengene (**Tab. 2.1 og 2.3**), og vannføringen i nordre basseng øker ved passasjen fra sør til nord (**Fig. 2.9**). Vannmengden som tilføres nordre basseng er dermed mye større enn i de to sørlige bassengene, og det medfører åpenbart større vannstandsøkninger f.eks. ved ekstremnedbør under dagens hydromorfologiske forhold.



Figur 2.9: Gjølssjøens nord for brua med merking av dagens tiltaksområde (se **Figur 1.2**) og middelvannføring (MQ), middelflom (QM) og 20-årsflom (Q20) ved utvalgte steder. Tykkelsen på strømningspilene i kartet representerer cirka forholdet mellom vannføringen på stedene. cbm = m³.

Tabell 2.3: Vannføringer på utvalgte steder. Fra NVEs NEVINA-applikasjon. A_E = Nedbørsfelt, ALV = alminnelig lavvannføring, MQ = middelvannføring, QM = middelflom, Q_x = Flom med gjentakintervall x. Flomverdiene er døgnverdi (RFFA 2018).

Sted	Nr	A _E km ²	ALV m ³ /s	MQ m ³ /s	QM m ³ /s	Q5 m ³ /s	Q10 m ³ /s	Q20 m ³ /s	Q50 m ³ /s	Q100 m ³ /s	Q200 m ³ /s
Gjølssjøens utløp (Bøenselva)	1	29,1	0,032	0,37	4,4	5,8	6,7	7,6	8,8	9,7	10,7
Tilløp fra Braneselva i nord	2	13,5	0,012	0,17	1,1	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
Tilløp fra sør, v/utløpet	3	15,4	0,020	0,19	1,6	2,0	2,3	2,6	3,0	3,2	3,5
Tilløp fra sør, v/brua	4	4,7	(0,005)	0,06	-	-	-	-	-	-	-

Gjølssjøens hydromorfologiske forhold kan være påvirket av en rekke faktorer, som f.eks. beveraktivitet. Vannstanden i Gjølssjøen i sommer 2020 var sannsynligvis noe påvirket av en beverdemning som ble observert i Bøenselva nedenfor utløpet, se Zinke (2020). Oppstuvningshøyden ved beverdemningen ble denne gangen i felt grovt estimert til 30-40 cm. Ifølge informasjonen fra oppdragsgiveren ble en beverdam fjernet rundt 30. mai 2022 i Bøenselva. Det er derfor sannsynlig at beveraktivitet kan ha påvirket vannstanden i nordre del av Gjølssjøen fram til denne datoen.

2.4 Sammenlignelse med tidligere informasjoner

Tidligere ble det antatt at dagens middelvannstand lå ved 114,7 til 114,8 moh. [NN2000], se Zinke (2020). **Tabell 2.2** viser en middelerverdi som er ca. 115,0 (114.95 ... 115.01) moh. [NN2000]. Forskjellen på 0.2-0.3 m ligger imidlertid i samme størrelsesorden som usikkerheten på grunn av manglende fastmerker (**Kap. 1.3**). For å få mer nøyaktige informasjoner om dagens middelvannstand er det nødvendig å sette fastmerker og måle opp referansehøyder ved målestasjonene (**Kap. 3.2**).

Under befaringene i juli og september 2020, ble det gjort noen vannkantobservasjoner som indikerte vannstander på mellom 114,8 og 115,1 moh. [NN2000] (Zinke 2020). De hydrologiske forholdene under befaringen i 2020 representerer midlere eller noe høyere sommervannføringer, vurdert ut ifra nedbør i regionen i nevnte tidsperiode. De foreløpige nye måleresultatene er i samsvar med denne observasjonen, hvis man tar usikkerhetene i betraktning.

Foreløpig vannstand på middelflom for tidsperioden 2021-2023 ligger mellom 115,5 til 115,7 moh. (**Tab. 2.2**), dvs. 0.5 til 0.7 m høyere enn middelvannstanden. Selv om denne differansen er noenlunde i samsvar med «stikkprøveaktige» observasjoner av flomkanter i 2020, så bør man ikke trekke konklusjoner før man har mer nøyaktige målinger med tilstrekkelig gode referansehøyder.

2.5 Foreløpig ekspertvurdering av sjøens oppførsel i ulike hydrologiske situasjoner

I forbindelse med analysen av vannstandsdataene var det ønskelig å gjøre en vurdering av hvordan sjøen oppfører seg, og hva konsekvensen av å åpne vegetasjonsbelter gjennom innsjøen kunne være. Vann- og kantvegetasjon påvirker flere hydromorfologiske faktorer, bl.a. strømningsmotstand og strømningshastigheter, strømnings- og sedimenteringsmønstre under store flommer og skråningsstabiliteten (f.eks. Zinke m.fl. 2011). Nedenfor er noen foreløpige og usikre svar på spørsmålene som ble stilt i forbindelse med det. For et endelig svar er det nødvendig å etablere fastmerker og tilhørende referansehøyder (se **Kapittel 1.3** og **3.2**). På grunn av de store usikkerhetene bør man sjekke og eventuelt korrigere alle svar basert på nye målinger med referansehøyder.

Vil det være en negativ effekt på flom i nordre del (nordre basseng) om hele vegetasjonsbeltet åpnes opp igjen?

De foreløpige resultatene av vannstandsmålingene gir ingen indikasjon for en negativ effekt på flom i nordre del om hele vegetasjonsbeltet åpnes igjen. Under dagens forhold er vannstandøkningen i flomsituasjoner større i nordre basseng enn i de sørlige bassengene.

Skjer det noen forsinkelse av vannet i vegetasjonen som fører til flom i søndre del (basseng 1)?

Både mellom basseng 1 (Botten) i søndre del av Gjølssjøen og Sandtorpfjorden (basseng 2) og mellom Sandtorpfjorden og nordre basseng ligger grunne områder som er preget av vegetasjon. Vegetasjonen kan i utgangspunktet påvirke strømningsforholdene i flomsituasjoner, og det kan f.eks. føre til oppstuvningseffekter i elver. Effekten er bl.a. avhengig av vassdragets morfologi, vannføring og vegetasjonstetthet. Vannføringen i innsjøer er forholdsvis lav i forhold til strømningsbredden (sammenlignet med elver), og effekten på vannstand er derfor mindre.

De foreløpige resultatene av vannstandsmålingene antyder at flomsituasjoner fører til dynamiske forhold, hvor man ofte får en kortvarig høyere vannstand i nordre del av Gjølssjøen enn i sør. Under ekstremværet «Hans» var denne vannstandsforskjellen antagelig i størrelsesorden 0,5 m. På grunn av en slik vannstandsgradient kan det eventuelt temporært oppstå strømminger fra nord mot sør i Gjølssjøen. Hvis dette er tilfellet, så ville en fullstendig åpning av vegetasjonsbeltene eventuelt ha en viss effekt også på bassengene i sør, fordi det ville føre til en forbedret hydraulisk kommunikasjon mellom de ulike bassengene.

Er kulvert for liten mellom bassengene sør og nord for veien?

Dimensjon av kulverten ved veibrua er ikke kjent fra før og ble ikke undersøkt. De foreløpige resultatene av vannstandsobservasjonene fra 2021 til 2023 antyder at det er lave vannstandsforskjeller eller -gradienter mellom målestasjon sør v/veien og nord v/veien, både ved lav- og middelvannstander og i flomsituasjoner. Vannføringen gjennom brua er forholdsvis lav, sammenlignet med vannføringene i nordre basseng (**Figur 2.9**). Derfor er det foreløpig ingen indikasjoner på at kulvert er for liten. Allikevel bør dimensjonen av kulverten kartlegges for framtidige vurderinger.

3 Konklusjoner og anbefalinger for veien videre

3.1 Oppsummering og konklusjoner

Haldenvassdraget vannområde har mellom 2021-23 samlet inn vannstandsdata på fire lokaliteter i Gjølssjøen (Botten, sør v/veien, nord v/veien, Snesrud). Dataene ble registrert med vannstandsloggere (trykkceller) som sto ute i den isfrie perioden. Det foreligger imidlertid kun relative vannstandsmålinger uten dokumentasjon av loggerens «nullnivå» på de enkelte årene. På grunn av dette kan referansehøydene for vannstandsmålingene ikke dokumenteres. Det medfører stor usikkerhet for alle analyser og konklusjoner som er presentert i denne rapporten.

For å kunne foreløpig sammenligne dataene fra ulike år og stasjoner ble det skjønnsmessig fastsatt en «referansedato» på kote ca. 114,9 m o.h., som referansehøyde med tilhørende beregnet «nullnivåer» for trykkcellens monteringsdyp. Disse verdier er imidlertid veldig usikker, og det kan ikke utelukkes avvik i størrelsesorden 0,1 til 0,5 m eller mer fra den reelle referansehøyden. For framtidige målinger bør man sette fastmerker, måle opp referansehøyder og registrere loggerens monteringsdyp i forhold til det.

De foreløpige resultatene av vannstandsmålingene i Gjølssjøen fra 2021 til 2023 er i godt samsvar med den hydrologiske situasjonen i undersøkelsesperioden. Maksimalvannstand ble observert under ekstremværet «Hans» i august 2023. Det ble beregnet foreløpige hydrologiske nøkkelverdier basert på døgnmiddelverdier for enkeltårene og hele observasjonsperioden. Resultatene antyder at målestasjonene i Sør (Botten, Sør v/veien og Nord v/veien) oppfører seg nesten likt i forhold til vannstand, selv om flomtoppen opptrer gjerne flere timer eller 1-2 dager tidligere i Botten enn ved veien. Vannstanden i nordre basseng ved Snesrud viser en større vannstandsøkning særlig i flomsituasjoner. Nedbørsfeltet til dagens nordre basseng er mer en seks ganger større enn nedbørsfeltet til de sørlige bassengene, og vannføringen i nordre basseng øker normalt ved passasjen fra sør til nord.

De foreløpige resultatene av vannstandsmålingene gir ingen indikasjon for en negativ effekt på flom i nordre del, om hele vegetasjonsbeltet åpnes igjen. Resultatene antyder at flomsituasjoner fører ofte til en høyere vannstand i nordre del av Gjølssjøen enn i sør. På grunn av en slik vannstandsgradient kan det muligens temporær oppstå strømminger fra nord mot sør i Gjølssjøen. Hvis dette er tilfellet, så ville en fullstendig åpning av vegetasjonsbeltene eventuelt ha en viss effekt også på de sørlige bassengene. For et endelig svar er det nødvendig å etablere fastmerker og måle opp tilhørende referansehøyder, som beskrevet nedenfor.

3.2 Anbefalinger

Ved installasjon og drift av loggerne bør NVE-retningslinjene for etablering av vannmålestasjoner brukes som veiledning (NVE 2023, NVE 2016). Retningslinjene skal sikre at registrering av vannstand utføres etter standardiserte metoder, og at kravene til dataleveranse og nøyaktighet tilfredsstilles uavhengig av hvem som utfører målingene. Et minimumskrav er et fastmerke⁴ som er referanse for hver vannstandsangivelsen. Alle målestasjoner for vannstandsregistrering må ha det, og det tillater å oppgi trykkcellenes monteringsdyp i forhold til et kjent referansenivå.⁵ Videre kan det monteres målestav (vannstandsskala) for enkel avlesning, samt hjelp punkter av

⁴ Et fastmerke omtales også som bolt, kontrollbolt, fastmerkebolt, FM, vannstandsbolt, referanse, høydebolt, osv.

⁵ Det er ønskelig at alle vannstandsserier i Norge skal kunne presenteres i det offisielle, nasjonale høydesystemet NN2000 [moh.].

forskjellig karakter. I tillegg til automatisk registrering av vannstand ved hjelp av ulike nivåsensorer, skal en målestasjon ha mulighet for manuell kontroll av at instrumentene fungerer tilfredsstillende (NVE 2023).

Ifølge NVE (2016) skal instrumentene registrere vannstanden i innsjøer eller magasiner med en nøyaktighet på minimum ± 1 cm under vanlige forhold, og usikkerheten skal ikke overstige ± 10 cm i flomsituasjoner. Registreringshyppighet i innsjøer eller magasiner vil normalt være en gang per time. Der vannstanden registreres med automatiske loggersystemer skal det utføres manuelle kontroller av vannstanden, enten ved avlesning av skala på målestav/bolt eller ved nivellering. Bolten skal etterses en gang per år med hensyn til gjengroing, skade, merking osv. Ved skade må det vurderes om det er behov for ny innmåling (NVE 2016).

Figur 3.1 viser hvordan en enkel vannmålestasjon kan se ut. Fastmerket kan i dette tilfellet f.eks. ligge på betongveggen. Høyden til fastmerket bør måles opp ved hjelp av nivellement og/eller RTK-GPS med en nøyaktighet av minst 1 cm, helst med referanse til høydesystemet NN2000.



Figur 3.1: Enkel vannmålestasjon med målestav og perforert rør for vannstandsloggeren (trykksensor). Foto: CIK Solutions (2023).

4 Litteratur

- CIK Solutions 2023. Datenlogger für die Überwachung des Wasserstands. Langzeitaufzeichnung von Wasserständen in Süß- und Salzwässern. <https://www.cik-solutions.com/datenlogger-monitoringsysteme/hobo-produkte/wasserstand/> (2024-01-25).
- Grinde, L., Heiberg, H., Mamen, J., Gangstø Skaland, R., Tilley Tajet, H. T., Tunheim, K., Aaboe, S. 2023. Været i Norge. Klimatologisk oversikt Året 2022. MET info no. 13/2022, ISSN 1894-759X, Meteorologisk institutt, Oslo, 30 s.
- Grinde, L., Heiberg, H., Mamen, J., Gangstø Skaland, R., Tilley Tajet, H. T., Tunheim, K. 2022. Været i Norge. Klimatologisk oversikt Året 2021. MET info no. 13/2021, ISSN 1894-759X, Meteorologisk institutt, Oslo, 28 s.
- Holtskog, T., Dervo, B.K, Mjelde, M., Zinke, P., Nygård, M., Hoch, L., Elvigen, S.W., Nilsson, A. 2020. Restaureringsplan for Gjølsjøen - 2020. Dokkadeltaet Våtmarkssenter Rapport 2020- 13.
- KSS 2022. Klimaprofil Østfold, sist oppdatert i april 2022. Klimaservicecenter. <https://klimaservicecenter.no/kss/klimaprofiler/ostfold> (2024-01-25).
- NVE 2016. Retningslinjer for hydrologiske undersøkelser: Retningslinjer for registrering av vannstand i regulerte vannmagasin. Utarbeidet av NVE, vedtatt: 20.06.2016. https://www.nve.no/Media/4561/5_retn-magasin vannstand_20062016.pdf (2024-01-25).
- NVE 2023. Etablering av målestasjon for vannføring, Kap. 4 Vannstandsregistrering. NVE Digital veileder – Vann og vassdrag. <https://veiledere.nve.no/etablering-av-hydrologisk-vannforingstasjon/4vannstandsregistrering/> (2024-01-25).
- NVE 2024. Tørke-, flom- og jordskredåret 2023. Webinfo, publisert 04.01.2024, sist oppdatert 09.01.2024. Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo. <https://www.nve.no/nytt-fra-nve/nyheter-hydrologi/toerke-flom-og-jordskredaaret-2023/> (2024-01-12).
- Selbekk, L. K. 2023. Muntlige informasjoner om restaureringstiltak og monitoring i Gjølsjøen. Online-Møte på 27. november 2023.
- Varsom 2022. Tørke-, flom- og jordskredåret 2021. Webinfo, publisert 09.02.2022. Norges vassdrags- og energidirektorat i samarbeid med Statens vegvesen og Meteorologisk institutt. <https://www.varsom.no/nyheter/nyheter-flom-og-jordskred/torke-flom-og-jordskredaret-2021/> (2024-01-12).
- Varsom 2023. Tørke-, flom- og jordskredåret 2022. Webinfo, publisert 20.01.2023. Norges vassdrags- og energidirektorat i samarbeid med Statens vegvesen og Meteorologisk institutt. <https://www.varsom.no/nyheter/nyheter-flom-og-jordskred/torke-flom-og-jordskredaret-2022/> (2024-01-12).
- Zinke, P. 2020. Restaureringsplan for Gjølsjøen naturreservat. Hydrologisk ekspertvurdering. Sciencemonastery AS Rapport 2020-02, Trondheim, 2020-02, 36s.
- Zinke, P., Olsen, N. R. B. & Bogen, J. 2011. Three-dimensional numerical modelling of levee depositions in a Scandinavian freshwater delta. Geomorphology 129, 320-333.