

Statkraft AS

► **Vurdering av isdannelse i Tverrelva, Kobbelva, Sørelva og Skjoma**

Ulike slipp av minstevannføring

Oppdragsnr.: 5196746 Dokumentnr.: 01 Versjon: 02 Dato: 2020-02-03



Oppdragsgiver: Statkraft AS
Oppdragsgivers kontaktperson: Sjur Gammelsrud
Rådgiver: Norconsult AS, Vestfjordgaten 4, NO-1338 Sandvika
Oppdragsleder: Henrik Opaker
Fagansvarlig: Einar Markhus
Andre nøkkelpersoner: Sigrid Jacobsen Lofthus

02	2020-02-03	Oppdatert etter innspill fra Statkraft.	Henrik Opaker, Sigrid Jacobsen Lofthus	Einar Markhus	Henrik Opaker
01	2020-01-21	For godkjenning	Henrik Opaker, Sigrid Jacobsen Lofthus	Einar Markhus	Henrik Opaker
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

► Sammendrag

I denne rapporten har isdannelse ved ulike slipp av minstevannføringer fra Iptovatn og Kobbvatn blitt vurdert. Det er vurdert en minstevannføring på 0,2 m³/s, 0,5 m³/s, 0,7 m³/s, 1 m³/s og 1,5 m³/s. Studieområdet er Tverrelva nedstrøms Iptovatn og Kobbelva nedstrøms Kobbvatn. Disse to elvene møtes og går over i Sørrelva. Der hvor Sørrelva møter Nordelva, går elva over til Skjoma. Studieområdet inkluderer Skjoma helt ned til VM 173.22 Gammes.

Formålet med et eventuelt slipp av minstevannføring fra Iptovatn og Kobbvatn vil hovedsakelig være for å forbedre levevilkår for anadrom laksefisk. Anadrom strekning i Sørrelva og Skjoma er omtrent opp til vegbro ved kote 100. Denne rapporten har derfor sett på om et slipp av minstevannføring vil fryse til is før den når denne strekningen.

Elvene er inndelt i ulike seksjoner basert på om strekningen er en kulp eller et stryk. Det ble utført en befarings 7. - 9. oktober 2019 i Tverrelva, Kobbelva, Sørrelva og Skjoma ned til VM 173.22 Gammes, der det var tegn til påbegynnende isdannelse i øvre deler av Tverrelva og Kobbelva. De strekningene i elva hvor fallet var lite og vannhastigheten lav, ble definert som kulp. De strekningene hvor fallet var større, elvetverrsnittet mindre og hastigheten på vannet økte, ble definert som stryk.

Det er utført en statisk beregning av isdannelse i kulpene basert på antall frostdøgn og en korreksjonsfaktor. For strykene er det gjort en dynamisk beregning som beregner hvor langt en gitt vannføring vil renne før vanntemperaturen synker til 0 °C. I den dynamiske beregningen er det variert mellom et kaldt, normalt og mildt år. Ved ulike slipp av minstevannføring vil dette ha mest å si for strykene på grunn av at tverrsnittsarealet vil endre seg drastisk ved de ulike slippene av minstevannføring, og det er derfor det har blitt satt mest fokus på strykene i denne rapporten.

Ved isdannelse i elver er det kulpene som vil islegges først. Isen vil skyte ut fra kantene og fra punkter i overflaten og danne et isdekke. I kulpene hvor strømmingen er kraftigere vil det dannes sarr. Sarr er en svampaktig, vannholdig ismasse som flyter i vannstrømmen. Sarret vil enten avsettes ved langsgående kanter i stryket, feste seg til bunnen som bunnis, akkumuleres mot et tversgående isdekke eller akkumuleres under nedstrøms isdekke over en kulp.

De statiske beregningene for isdannelse over kulpene har gitt en istykkelse mellom ca. 70-80 cm i Tverrelva, mellom ca. 75-85 cm i Kobbelva, og mellom ca. 30-40 cm i Sørrelva og Skjoma. Det er fare for at flere av kulpene bunnfryses. I Tverrelva gjelder dette første og tredje kulp, mens det trolig vil være rundt fire dybdemeter tilgjengelig vann i den andre kulp. I Kobbelva vil den første kulp bunnfryse, mens det i den andre kulp vil være i overkant av to dybdemeter tilgjengelig vann. I Skjoma, i kulp oppstrøms Littlefallet, vil det være i underkant av tre dybdemeter tilgjengelig vann. Det må poengteres at det er stor usikkerhet knyttet til dybden til kulpene da disse ikke er oppmålt, men satt ut ifra øyemål på befarings kombinert med studering av kart og flyfoto.

De dynamiske beregningene for isdannelse over strykene har vist at et slipp av en minstevannføring mellom 0,2 og 1,5 m³/s ikke vil gi økt vannføring på anadrom strekning i Sørrelva og Skjoma i verken et kaldt, normalt eller mildt år. Dette som følge av at alt vannet allerede vil være fryst i oppstrøms seksjoner i Tverrelva og Kobbelva. Ved å øke slippet av minstevannføring, økte avstanden ned til frysepunktet. Den lengste avstanden ned til frysepunktet ble beregnet for et mildt år med et slipp på 1,5 m³/s. I dette tilfellet vil vannføringen nå frysetemperatur etter ca. 1,3 km i Kobbelva, og etter 0,5 km i Tverrelva. I Kobbelva er dette nesten 5 km oppstrøms starten av Sørrelva, og i Tverrelva i overkant av 2 km. Startpunkt for Sørrelva er definert i denne rapporten der samløpet til Kobbelva og Tverrelva er.

Hastigheten på vannføringen før den har nådd frysetemperatur i strykpartiene er over 0,6 m/s. Når dette er tilfellet, vil sarr kunne blandes i hele elvas tverrsnitt og avsettes som bunnis som kan vokse til isøyer eller -dammer. Noe sarr kan passere hele strykpartiet, og avsettes mot en isfront i nedstrøms kulp, eventuelt akkumuleres under isen. Med bakgrunn i dette vil det være fare for at et slipp av minstevannføring på inntil 1,5 m³/s fra Kobbvatn og Iptovatn kan gi utfordringer knyttet til isdammer og flomfare nedover vassdraget.

Det er utført en vurdering av sensitivitet i de dynamiske beregningene av isdannelse i vassdraget. Ved å gjøre en betydelig økning av vanntemperaturen ved slippsted fra 0,2 °C til 1 °C, så vil et slipp av minstevannføring fra Iptovatnsannsynligvis ha liten betydning for vannføringen på anadrom strekning i Sørelva og Skjoma. Dette selv i et mildt år og med maksimalt slipp av minstevannføring. Beregningene viser at slipp fra Kobbvatn vil ha enda mindre betydning enn slipp fra Iptovann. Sensitivitet for benyttet elvebredde i beregningene er også gjennomført. Å halvere bredden på elven i beregningene ga liten effekt på anadrom strekning i Sørelva og Skjoma, selv i et mildt år med maksimal minstevannføring.

► Ordforklaringer

Ord	Forklaring
Minstevannføring	Minimumskravet til hvilken vannføring som skal slippes forbi et kraftverk til enhver tid.
Frysestrekning	En beregnet strekning for hvor langt en vannføring vil renne før den når 0 grader celsius.
Dynamisk isdannelse	Isdannelse som oppstår i områder med høy grad av turbulens, dvs. konvensjonelt i stryk.
Statisk isdannelse	Isdannelse som oppstår i overflaten, dvs. i områder med lav grad av turbulens, konvensjonelt på kulper, langs bredder og på vann.
Persentiler	En persentil er den verdien som en gitt prosentandel av en gruppe data er mindre enn eller lik. Eks: En 25 %-persentil er at 25 % av dataene er lik eller under den gitte verdien, mens 75 % er over.
Median	Verdien til tallet som deler et utvalg i to deler slik at hver del har like mange elementer.
Studie-elvene	Tverrelva fra hoveddam i Iptovatn ned til samløp med Kobbelva. Kobbelva fra dam i Kobbvatn ned til samløp med Tverrelva. Sørelva fra samløp Tverrelva og Kobbelva, via Skjoma og ned til VM 173.22 Gamnes.
Sarr	Små ispartikler i vannmassen som danner utgangspunkt for isvekst (statisk og dynamisk). Sarr har nåleform.
Bunnis	Bunnis er sarr som har festet seg til elvebunnen. Kan også kalles <i>botnsarr</i> .
FKB-kart	Felles kartbaser
Initialtemperatur	Temperaturen vannet har ved slippsted. I denne rapporten er dette temperaturen minstevannføringen har ved slippsted i Kobbvatn og slippsted i Iptovatn.

► Innhold

1	Innledning	8
1.1	Beskrivelse av området	8
1.2	Historie	9
1.3	Rapportens omfang	9
2	Teori	11
2.1	Isdannelse i elver	11
2.1.1	<i>Statisk isdannelse</i>	11
2.1.2	<i>Dynamisk isdannelse</i>	13
3	Metode	15
3.1	Statisk isdannelse	15
3.2	Dynamisk isdannelse	16
4	Antagelser og forutsetninger	18
4.1	Befaring	18
4.2	Inndeling av seksjoner	18
4.3	Lengde	18
4.4	Helning	18
4.5	Bredde	18
4.6	Dybde	19
4.7	Fasong på elvetverrsnitt	19
4.8	Manningstall	19
4.9	Spesifikk varme og varmeoverføringskoeffisient	19
4.10	Temperaturrendring nedover elva	19
4.11	Lufttemperatur	21
4.12	Lokalt tilsig	22
5	Resultat	25
5.1	Endring av vanntemperatur i vassdraget	25
5.1.1	<i>Endring av vanntemperatur i vassdraget i et kaldt år</i>	25
5.1.2	<i>Endring av vanntemperatur i vassdraget i et normalt år</i>	26
5.1.3	<i>Endring av vanntemperatur i vassdraget i et mildt år</i>	27
5.2	Dynamisk isdannelse	28
5.2.1	<i>Minstevannføring på 0,2 m³/s</i>	28
5.2.2	<i>Minstevannføring på 0,5 m³/s</i>	29
5.2.3	<i>Minstevannføring på 0,7 m³/s</i>	29
5.2.4	<i>Minstevannføring på 1 m³/s</i>	31
5.2.5	<i>Minstevannføring på 1,5 m³/s</i>	34
5.3	Statisk isdannelse – kulpene	36

6	Diskusjon	39
7	Konklusjon	47
8	Feilkilder	48
8.1	Formelverk	48
8.2	Inndeling av seksjoner	48
8.3	Dimensjonene i Tverrelva, Kobbelva, Sørrelva og Skjoma	48
8.4	Vanntemperatur	48
8.5	Lufttemperatur	48
8.6	Lokalt tilsig (vannføring)	48
8.7	Beregning av vannstand i elva	49
9	Referanser	50
	Vedlegg	51
	Vedlegg 1: Befaringsnotat	51
	Vedlegg 2: Kart med oversikt over seksjonene	51
	Vedlegg 3: Bilder fra de ulike seksjonene med kommentarer	51
	Vedlegg 4: Inputdata for hver seksjon	51

1 Innledning

I 2019 kom NVE med krav om å utrede konsekvenser ved slipping av minstevannføring i Skjomenvassdraget i perioden 1.oktober-30.april i forbindelse med vilkårsrevisjon.

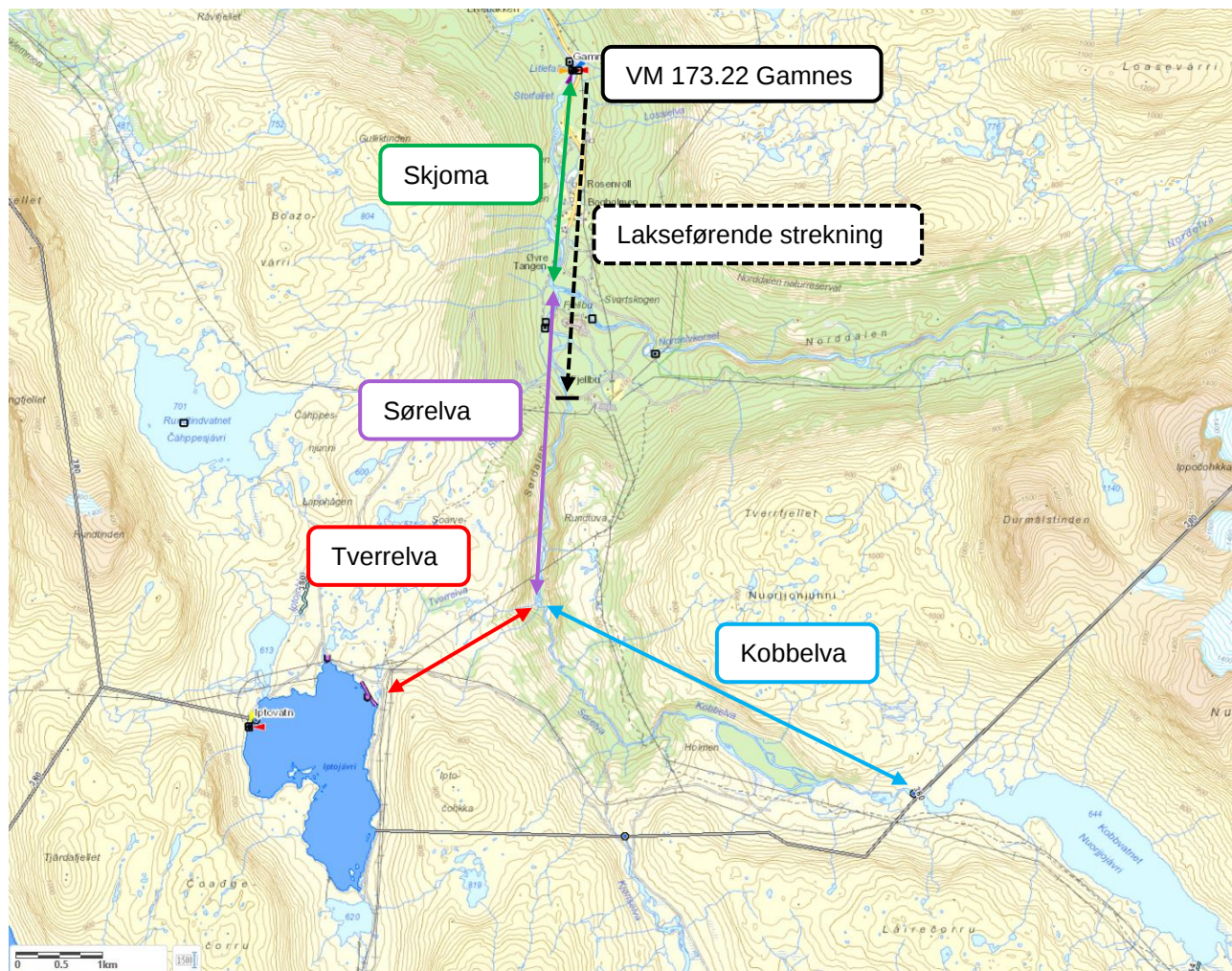
Denne rapporten er utarbeidet av Norconsult AS, og skal gi en faglig vurdering av isdannelse ved ulike slipp av minstevannføring på strekningene mellom Iptovatn, Kobbvatn og VM 173.22 Gamnes.

Formålet med eventuelt slipp av minstevannføring fra Iptovatn og Kobbvatn vil hovedsakelig være for å forbedre levevilkår for anadrom laksefisk. Anadrom strekning i Sørrelva og Skjoma er vurdert til å være omtrent til bru over Sørrelva som ligger ca. på kote 100. Antagelsen støttes opp under av at anadrom strekning i følge Lakseregisteret er 13,1 km, men økes med ca. 30 % ved etablering av fisketrapper ved Litjfallet og Storfallet (Statkraft, 2017). Avstanden fra fjorden til brua ved ca. kote 100 er omtrent 17 km. For å oppnå en bedring av levevilkår for anadrom fisk må vann som slippes fra Iptovatn og Kobbvatn, ikke fryse til is før det kommer ned til den nevnte brua ved kote 100. Antagelsen om anadrom strekning for laks opp til ca. kote 100 er bekreftet at Øyvind Kanstad Hanssen i Ferskvannsbiologen AS.

1.1 Beskrivelse av området

Studieområdet i denne rapporten er Tverrelva, Kobbelva, Sørrelva og Skjoma ned til VM 173.22 Gamnes. Tverrelva renner fra hoveddam på østsiden av Iptovatn og ned til samløp med Kobbelva. Kobbelva renner fra Kobbvatn. Sørrelva renner fra samløp med Tverrelva og Kobbelva og ut i Skjoma der hvor Sørrelva møter Nordelva. Denne rapporten ser kun på Skjoma i strekningen ned til VM 173.22 Gamnes.

Området ligger ca. 3 mil sør for Narvik i Nordland fylke. Studieområdet starter ved ca. kote 640 ved utløp Kobbvatn, og ca. kote 605 ved Iptovatn og ned til ca. kote 40 ved Gamnes målestasjon (VM 173.22).



Figur 1 - Kart over de aktuelle strekningene som inngår i studieområdet for vurdering av isdannelse. Lakseførende strekning er også skissert inn.

1.2 Historie

I 1973-74 ble Iptovatn regulert i forbindelse med kraftproduksjon i Skjomen kraftverk. Samtidig ble også vann fra Coadgejavri, Norddalen, Vanasjavri, Guovddelisjavre og Sijdasjavre overført til Skjomen kraftverk. I 1983 ble Loasejavri overført til Norddalen og videre til Iptovatn. I konsesjonen som ble gitt for reguleringen av Skjomenvassdragene, ble det ikke satt krav til slipp av minstevannføring fra verken Iptovatn eller Kobbvatn. For tiden er det igangsatt en prosess for å revurdere konsesjonsvilkårene for Skjomenreguleringen. Slipp av minstevannføring fra Iptovatn og Kobbvatn er potensielle nye vilkår som skal vurderes.

1.3 Rapportens omfang

Rapporten vil ta for seg isdannelse i Tverrelva, Kobbelva, Sørrelva og Skjoma ved ulike slipp av minstevannføring. Det er vurdert en minstevannføring på 0,2 m³/s, 0,5 m³/s, 0,7 m³/s, 1 m³/s og 1,5 m³/s. Det vil være strykene som er av hovedinteresse, da det er disse som vil få størst effekt av minstevannføring med tanke på isdannelse. Tabell 1 viser en oversikt over rapportens innhold.

Tabell 1 - Kapitteloversikt

Kapittel	Innhold
Kapittel 1	Innledning
Kapittel 2	Teori
Kapittel 3	Metode
Kapittel 4	Antagelser og forutsetninger
Kapittel 5	Resultater
Kapittel 6	Diskusjon
Kapittel 7	Konklusjon
Kapittel 8	Feilkilder
Kapittel 9	Referanser
Vedlegg 1	Befaringsnotat
Vedlegg 2	Kart med oversikt over seksjonene
Vedlegg 3	Bilder fra de ulike seksjonene med kommentarer
Vedlegg 4	Inputdata for hver seksjon

2 Teori

Følgende kapittel er basert på rapporten *Vurdering av isdannelse i Østerdalselva ved ulike slipp av minstevannføring* datert 2012-12-12.

2.1 Isdannelse i elver

Isdannelse i elver er avhengig av en kombinasjon av flere faktorer. Luft- og vanntemperaturen er de faktorene av størst betydning. Videre er vannhastighet og de fysiske karakterene til elveleiet avgjørende for hvordan isdannelsen vil utarte seg. Det skilles ofte mellom statisk og dynamisk isdannelse. Der fallet i elva er lite og elva er bred, i en kulp, vil den første isen dannes. Dette omtales i denne rapporten som statisk isdannelse. Der fallet er brattere og elva går i stryk, oppstår det dynamisk isdannelse. Isdannelse i elver deles altså inn i to hovedgrupper, der statisk isdannelse er i områder med liten vannhastighet og dynamisk isdannelse er i områder med høyere vannhastighet. For at vann skal fryse krever dette at vannoverflaten må være noe underkjølt (Asvall, Hvordan is i vassdrag dannes, 2010). Underkjøling er begrenset til maksimalt - 0,04 grader celsius (Stickler & Alfredsen, 2009).

2.1.1 Statisk isdannelse



Figur 2 - Bilde av kulp fra befaringen i Tverrelva utført 07.10.19.

Statisk isdannelse inntreffer i kulper, med svakt fall der vannet er nærmest stillestående. Her vil strømmingen være tilnærmet laminær og temperatursjiktningen i vannet vil være svak på begynnelsen av vinteren. I slike kulper starter isleggingen med at det dannes strandis der vannhastigheten er lavest. Dette kan være i bukter, viker og bakevjer. Vind kan bryte opp isen i de mer utsatte områdene og dermed forsinke isleggingen (Asvall, Hvordan is i vassdrag dannes, 2010).

Jo tykkere isen blir, desto kaldere blir isens overflate mot luften og dermed blir temperaturdifferansen mellom luften og isen mindre, og varmetapet avtar. Dette betyr at isveksten vil foregå saktere med økt istykkelse (Kanavin, Islegging av sjøer og elver - kort sammendrag av resultater fra undersøkelser, 1970).

Når det har dannet seg et sammenhengende isdekke, vil isen ha en temperatur på 0 °C på undersiden. Dermed er en underkjøling av vannet utelukket. Når overflaten på isen underkjøles, vil varme fjernes fra grenseoverflaten mellom vann og is, og da vil vannet på undersiden av isen fryse, og istykkelsen øker (Asvall, Hvordan is i vassdrag dannes, 2010).

Et snøfall over isen kan fungere som en svært god varmeisulator. Snødekket kan redusere, nesten stoppe, isveksten i forhold til hva den var før snøen la seg. Dette gjelder også under sterk kulde (Kanavin, Islegging av sjøer og elver - kort sammendrag av resultater fra undersøkelser, 1970).

Målinger i Nord-Norge, nærmere bestemt Barduelva, fra 1950-69 gjort av Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen, gav en geografisk betinget koeffisient for statisk isdannelse på 2,0-2,3 under naturlige forhold, og lik 2,7-3,2 i et snøfritt felt (Kanavin, Islegging av sjøer og elver - kort sammendrag av resultater fra undersøkelser, 1970). Koeffisienten benyttes for å beregne statisk isdannelse, se ligning (1).

2.1.2 Dynamisk isdannelse



Figur 3 - Bilde av stryk fra befaringen i Kobbelva utført 08.10.19.

Der strømmingen på vannet er mer turbulent kalles isdannelsen for dynamisk. I ei elv som går i stryk, vil gjennomblandingen være så voldsom at vannet tilnærmet har samme temperatur over hele tverrsnittet. Dermed kan hele elvetverrsnittet nedkjøles til 0 °C på samme tidspunkt i ei stri elv. Ved videre avkjøling vil et øvre, tynt sjikt bli underkjølt, og dette sjiktet vil raskt blandes ut med resten av tverrsnittet. Dersom det underkjølte vannet kommer i kontakt med en krystallasjonsbasis (eksempelvis uorganiske partikler og isdråper) vil det dannes is. Dersom krystallasjonsbasisen består av en svevende partikkel, for eksempel en allerede dannet iskrystall, dannes sarr (Kanavin, Islegging av sjøer og elver - kort sammendrag av resultater fra undersøkelser, 1970).

Sarren vil flyte med vannstrømmen og fnokkes sammen til sarrflak. Når vannhastigheten er mindre enn ca. 0,4 m/s, vil sarren flyte opp til overflaten og feste seg på langsgående kanter. På denne måten vil isdekket vokse utover mot midten av elva, og isen blir dermed tynnere midt i elva. Sarrproduksjonen vil avta når de åpne delene av elva avtar. Opp til vannhastigheter som er ca. 0,6 m/s vil isen også vokse oppover elva, i motstrøms retning, på grunn av at sarret vil flyte opp mot overflaten. Når vannhastigheten er høyere enn ca. 0,6 m/s, vil sarret blandes med vannmassene i hele elvas tverrsnitt. Da kan noe av sarren feste seg på

bunnen av elva som bunnis. Bunnis kan vokse til isøyer og isdammer slik at de stenger hele elveleiet, så lenge de mottar underkjølt vann og sarr. Noe sarr vil også kunne passere hele strykpartiet og enten avsettes i elveparti nedstrøms med lavere vannhastigheter mot en isfront, eller akkumuleres under isen. I kulpene som allerede er dekket av is, vil sarret følge en prosess som ligner avsetning av grus og sand i elveløp. Forskjellen er at sarret vil flyte opp under isdekket. Slike sarrbanker kan endre vannets løp og kan være årsaken til oppvatning og råkdannelse i strømfaret. Sarren kan deretter fryse til is (Asvall, Hvordan is i vassdrag dannes, 2010) (Kanavin, Islegging av sjøer og elver - kort sammendrag av resultater fra undersøkelser, 1970). Dannelsen av sarr og bunnis kalles kjøving (Kanavin, Islegging av sjøer og elver - kort sammendrag av resultater fra undersøkelser, 1970).

Isbruer vil oppstå der sterkt sarrførende elver innsnevres eller der det oppstår et dypere parti, for eksempel i en kulp. Innsnevringen av elveløpet som kan føre til dannelse av en isbro, er erfaringsmessig rundt over 1/3 av bredden til elva (Kanavin, Islegging av sjøer og elver - kort sammendrag av resultater fra undersøkelser, 1970).

3 Metode

Følgende kapittel er basert på rapporten *Vurdering av isdannelse i Østerdalselva ved ulike slipp av minstevannføring* datert 2012-12-12.

For å vurdere isdannelse i Tverrelva, Kobbelva, Sørrelva og Skjoma, ble elvene delt inn i ulike seksjoner basert på om strekningen var "en kulp" eller "et stryk". I kulper vil isdannelsen hovedsakelig bestå av dannelse av overflateis, mens i stryk vil isdannelsen hovedsakelig bestå av dannelse av sarr og bunnis, se *Kapittel 2 Teori*.

Resultatene av beregningene er presentert i tabeller og figurer. Videre vil de sees i sammenheng med skjønnsmessige vurderinger av typer islegging og i sammenheng med kartleggingen av den delvis påbegynte isdannelsen som ble gjort under befaringen.

3.1 Statisk isdannelse

For kulpene vil det bli gjort beregninger som anslår tykkelsen på isen som følge av antall frostdøgn. Beregningene tar utgangspunkt i Stefans formel:

$$t = \alpha \sqrt{AFDD_j} \quad (1)$$

Her er t isens tykkelse, α er en korreksjonsfaktor og $AFDD$ er akkumulerte frostdøgn, som kan beregnes som følgende:

$$AFDD_j = \sum_{i=1}^j (-T_{ai}) \quad (2)$$

Her er T_{ai} den gjennomsnittlige lufttemperaturen i et frostdøgn (U.S. Research and Development Center, 2001).

I rapporten *"Islegging i sjøer og elver"* av Edvigs V. Kanavin fra 1950-69, er det gjort målinger i Nord-Norge, Østlandet og Sørlandet for å beregne korreksjonsfaktoren. Her står det at korreksjonsfaktor for statisk isdannelse Nord-Norge, nærmere bestemt i Barduelv, er beregnet til 2-2,3 ved naturlige forhold og at maksimal tykkelse på isen ble målt til 50-105 cm ved feltforsøk, utført i 1950-69 av Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen. I et snøfritt felt ble korreksjonsfaktoren beregnet til 2,7-3,2 og maksimal tykkelse på isen målt til 90-140 cm. Med utgangspunkt i dette er korreksjonsfaktoren, α , i denne rapporten satt mellom 2-2,3.

Det som er målet med beregningene, er å bestemme om de ulike kulpene vil være fullstendig eller delvis tilfrosset ved en islegging. For å svare på dette, ble dybdene til de ulike kulpene bestemt basert på en befaring, og deretter sammenlignet med beregnede istykkelser. Forskjellen i vannstand med et slipp av minstevannføring lik 0,2 m³/s, 0,5 m³/s, 0,7 m³/s, 1 m³/s og 1,5 m³/s vil være marginal. Kulpene har et så stort overflateareal at det vil være få centimeter i dybden som skiller de ulike tilfellene fra hverandre. Dermed vil målet med den statiske beregningen av isdannelse være å undersøke om kulpene vil bli fullstendig tilfrosset uten noe slipp av minstevannføring. Vannet i kulpene i et slikt tilfelle er dermed bare et resultat av et lokalt tilsig. Forskjellen ved slipp av ulike minstevannføringer vil dermed være mest avgjørende i strykene.

3.2 Dynamisk isdannelse

For strykene vil det bli gjort beregninger som anslår hvor langt vannet må renne, målt fra nærmeste oppstrøms kulp, før det når 0 °C og deretter vil begynne å fryse. Beregningene vil være avhengig av luft- og vanntemperatur, elvas helning, friksjonsforhold og tverrsnittsgeometri.

Formel 3 gir lokasjonen der en vannføring når 0 °C. Tabell 2 angir variablene i denne formelen.

$$l_{T_w=0} - l_{T_w,0} = \frac{-\rho_w c_p V H}{C_0} \ln \left[\frac{-T_a}{T_{w,0} - T_a} \right] \quad (3)$$

Tabell 2 - Oversikt over variablene i formelen som beregner frysestrekning (Beltaos, 1995).

Variabel	Forklaring	Benevning
$l_{T_w=0}$	Lokasjonen nedstrøms der vanntemperaturen når 0 °C	[m]
$l_{T_w,0}$	Lokasjonen som har en initial vanntemperatur lik $T_{w,0}$ °C	[m]
ρ_w	Tettheten til vann	[kg/m ³]
C_p	Spesifikk varme til vann	[J/kg °C]
V	Hastigheten til vannet	[m/s]
H	Dybden av strømmingen	[m]
C_0	Varmeoverføringskoeffisienten	[W/m ² °C]
T_a	Lufttemperaturen	[°C]
$T_{w,0}$	Initial vanntemperatur	[°C]

Figur 4 viser en skjematisk illustrasjon av termene som blir benyttet for å bestemme plasseringen av 0 °C-isoterme, total isproduksjon og tykkelsen til isakkumuleringen og isveksten.

4 Antagelser og forutsetninger

4.1 Befaring

Befaringen ble gjennomført av Henrik Opaker og Sigrid Jacobsen Lofthus, begge fra Norconsult AS, 07.-08.10.2019. På befaringen ble det ikke sluppet en kontrollert minstevannføring fra verken Iptovatn eller Kobbvatn. På første befaringdag ble Tverrelva i strekningen mellom hoveddam i Iptovatn og ned til ca. kote 510, i tillegg til Sørrelva og Skjoma i strekningen fra bru ved ca. kote 100 og ned til Gamnes befar. Strykparti fra ca. kote 510 og ned til bru ca. kote 100 ble vurdert til å være for bratt og utilgjengelig for befaring. På andre befaringdag ble Kobbelva på strekningen mellom hoveddam i Kobbvatn og ned til deponi befar. Strekningen videre ned mot samløp med Tverrelva ble vurdert til å være for bratt og utilgjengelig for befaring.

Hovedformålet med befaringen var å se på elvas karakteristikk for å kunne vurdere om ulike strekninger av vassdraget er preget av rolig, laminær strømning eller turbulent strømning. Strekningene med rolig, laminær strømning er karakterisert som kulper, mens strekninger med turbulent strømning er karakterisert som stryk. I tillegg var det på befaringen interessant å se på den begynnende isdannelsen i øvre del av vassdraget.

Se Vedlegg 1 – *Befaringsnotat* og Vedlegg 3 - *Bilder med kommentarer* for nærmere informasjon.

4.2 Inndeling av seksjoner

Beregningene baserer seg på at elva er inndelt i ulike delstrekninger som blir omtalt som *seksjoner*. Seksjonene er videre definert som kulp eller stryk. For å vurdere om en strekning var en kulp eller et stryk ble observasjoner fra befaringen i Tverrelva, Kobbelva, Sørrelva og Skjoma lagt til grunn. Se Vedlegg 3 – *Bilder med kommentarer*. De strekningene som hadde lite fall, lav vannhastighet og i noen tilfeller fullt isdekke under befaringen ble definert som kulper, og de strekningene med større fall, raskere vannhastighet og mindre elvetverrsnitt ble definert som stryk.

Det var de øvrige delene av Tverrelva og Kobbelva som var best tilgjengelig under befaringen. Nedre deler av disse elvene før samløpet ble vurdert som ikke tilgjengelige med tanke på egen sikkerhet. Det vil være de øvre delene av elvene som vil få størst effekt av en minstevannføring, da denne vil avta nedover elvene som følge av lokalt tilsig og tilfrysing i de øvrige delene.

4.3 Lengde

Lengdene til de ulike seksjonene er målt opp ved hjelp av NVEs karttjenester med flyfoto.

4.4 Helning

Elvas helning er beregnet ved å finne høydedifferansen mellom starten og slutten på hver seksjon og dividert med den oppmålte lengden. Det er kun tilgjengelig 20-meterskoter helt ned til ca. kote 185. Dette er ca. 1 km oppstrøms bru ved ca. kote 100 over Sørrelva. Fra brua ved ca. kote 100 og videre nedstrøms i vassdraget er 5-meterskoter tilgjengelig.

4.5 Bredder

Elvas bredde ble stedvis oppmålt under befaringen, og da i Skjoma. Elvebredden er hovedsakelig bestemt ut ifra NVEs karttjenester med flyfoto. Dette utgjør en risiko for feil i beregningene, men på grunn av at elvas bredde vil endre seg gjennom en seksjon, antas denne antagelsen som tilstrekkelig.

4.6 Dybde

Det var ikke mulig å måle opp dybden på de dypeste kulpene under befaringen. En slik oppmåling ville krevd oppmåling fra båt. Under befaringen ble det notert at kulp 3 i Tverrelva var relativt grunn og ca. 0,5 m dyp. Basert på flyfoto er det tatt utgangspunkt i denne dybden og justert for de andre kulpene. Dette er et relativt grovt anslag, men det er ikke mulig å beregne denne dybden når man ikke har kulpens tverrsnitt.

I den dynamiske beregningen av isdannelse er det antatt en normal strømming. Dybden ved ulike slipp av minstevannføring er beregnet ut ifra Mannings formel.

4.7 Fasong på elvetverrsnitt

Det er forutsatt elvetverrsnitt med en sidehelning 1:1,5 for kulpene og 1:3 for strykene.

4.8 Manningstall

Det ble observert en del store steiner i Tverrelva, Kobbelva, Sørrelva og Skjoma under befaringen, og ellers stein av varierende størrelse. De største steinene ved brua ved ca. kote 100 hadde en diameter på over 1 meter. På grunn av elvas noe grove bunn, benyttes Manningstall lik 25 for strykene.

4.9 Spesifikk varme og varmeoverføringskoeffisient

Varmeoverføringskoeffisienten til vann er satt til 20 W/m² °C. Spesifikk varme er satt til 4220 J/kg °C slik som den er ved 0 °C (Beltaos, 1995). Energien som er nødvendig for faseovergangen fra vann til is er lik 334 000 J/kg.

4.10 Temperaturendring nedover elva

For å beregne hvordan temperaturen på vannføringen vil endre seg nedover elva, har det blitt tatt utgangspunkt i følgende formel (K.T. Alfredsen, NTNU ved institutt for vann- og miljøteknikk, personlig kommunikasjon, 02.10.12):

$$L = \frac{\rho C_p (U h \Delta T)}{V} \quad (5)$$

Her er ρ [kg/m³] vannets tetthet, C_p [J/kg °C] er spesifikk varme til vann, U [m/s] er vannets hastighet, h [m] er vannets dybde, ΔT [°C] temperaturendring, V [W/m²] er netto varmetap og L lengde til nedkjøling med ΔT . Tettheten til vann er satt til 1000 kg/m³, spesifikk varme til vann er satt 4220 J/kg °C, vannets dybde og hastighet er beregnet ved hjelp av Mannings formel for strykene. For å beregne hastighet for kulpene har det blitt gjort en antagelse om at en endring i vannføringen sammenlignet med dybden i kulpen er neglisjerbar. Dermed har det blitt antatt samme dybde for kulpene ved de ulike minstevannføringene for å beregne temperaturendringen nedover elva.

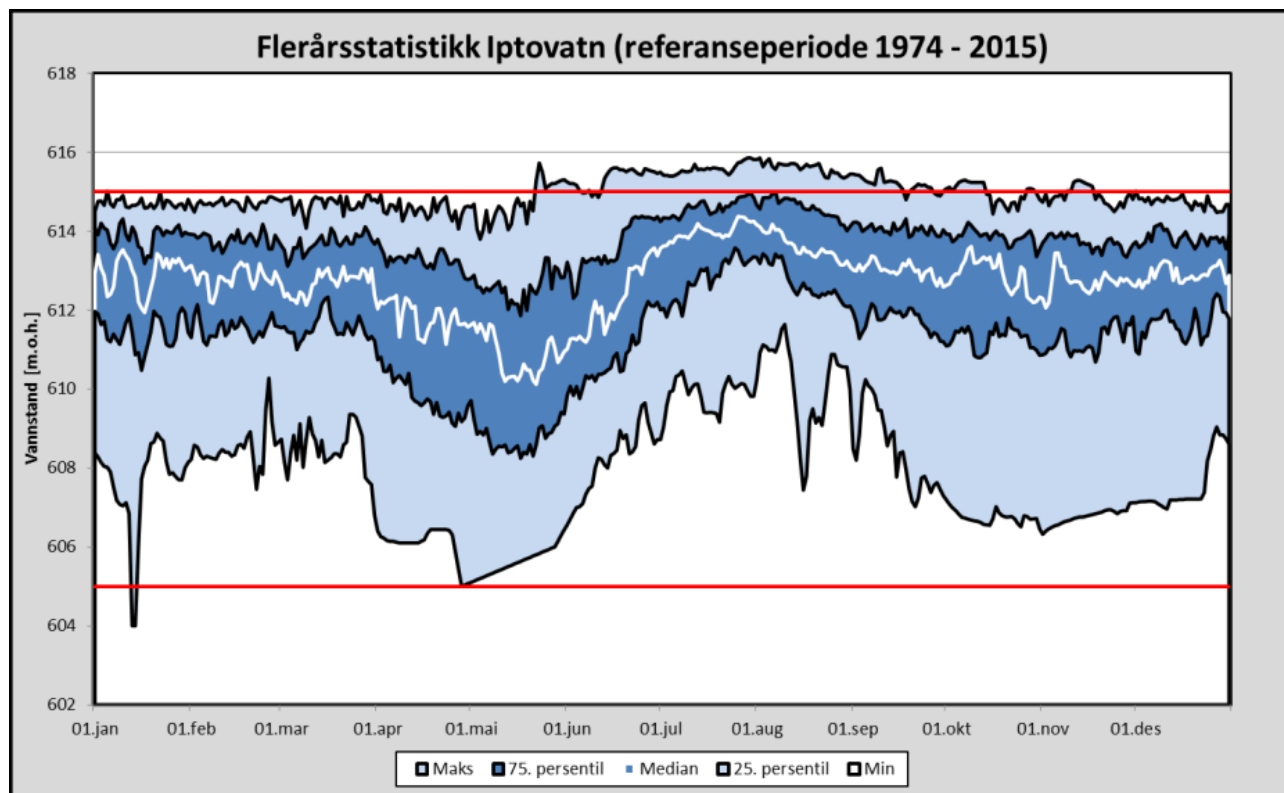
Netto varmetap settes til 300, 200 og 100 W/m² for henholdsvis et kaldt, normalt og mildt år (Asvall, Hvordan is i vassdrag dannes, 2010). L blir satt som lengden til hver seksjon for å kunne beregne temperaturen ved starten til hver neste seksjon. Omskrevet med hensyn på temperaturendringen blir formelen:

$$\Delta T = \frac{VL}{\rho C_p (Uh)} \quad (6)$$

Det blir antatt at initialtemperaturen til vannet som forlater Iptovatn og Kobbvatn i perioden desember-april har en temperatur lik 0,2 °C. Denne antagelsen er basert på vanntemperaturmålinger gjort ved målestasjon 155.29 Nedre Røssåga kraftstasjon inntak. Her er det tilgjengelig målinger i perioden 1962-2000. Temperaturen måles i vannet Stormyrbassenget. Dette vannet skal ha et magasinivolum på ca. 19 mill. m³. Oppstrøms Stormyrbassenget ligger Røssvatnet som har magasinivolum på 2 309 mill. m³. Fra Røssvatnet går vannet gjennom Øvre Røssåga kraftverk ned til Stormyrbassenget. Det er antatt at temperaturen i Stormyrbassenget er så påvirket av vannføringen fra Røssvatnet at temperaturen i de to vannene er tilnærmet lik. Gitt det store volumet i Røssvatn, samt at Røssvatnet ligger ca. 400 m lavere enn Iptovatn og Kobbvatnet, er det ventet at temperaturen i Iptovatn og Kobbvatn bør være lavere enn i måleserien 155.29. Fra måleserien 155.29 er det beregnet temperaturer i månedene desember-april. Temperaturene ved 25-percentil, median og 75-percentil er hhv. 0,39, 0,59 og 0,84 °C. Grunnet det lille volumet i Iptovatn og Kobbvatn sammenlignet med Røssvatn, er det ventet at variasjonen i temperatur vil være mindre i Iptovatn og Kobbvatn fra år til år.

Minstevannføringen som slippes fra Kobbvatn vil hovedsakelig være overflatevann. Kobbvatn er ikke regulert og slipp av minstevannføring her vil være avhengig av å kjøre Båtsvann kraftverk på grunn av lite eller ingen naturlig tilsig vinterstid.

Fra Iptovatn vil minstevannføringen slippes fra en bunntappeluke som er montert noe høyt. Reguleringshøyden for Iptovatn er fra HRV ved kote 615 og LRV ved kote 605, der bunnstokken på tappeluken er ved kote 609,5. Iptovatn er regulert, og i vintersesongen vil vannstanden i magasinet ofte ligge under HRV (se Figur 5). Minstevannføringen som slippes fra Iptovatn tas såpass grunt at temperaturen sannsynligvis vil være samme som for overflatevann. Det er benyttet samme antagelse om initialtemperatur på vannet fra både Kobbvatn og Iptovatn.



Figur 5: Observerte vannstander i Iptovatn (Statkraft, 2017)

Ved start Sørrelva, like etter samløpet mellom Kobbelva og Tverrelva, har vanntemperaturen blitt beregnet ut ifra å vekte temperaturen ved siste punkt i henholdsvis Tverrelva og Kobbelva med hensyn på vannføringen.

4.11 Lufttemperatur

For å beregne lufttemperaturen for studieområdet ble målestasjonen 84170 Skjomen-Slettjord valgt. Denne ligger ved kote 6, noe som er lavere enn studieområdet som strekker seg fra ca. kote 640 til kote 65. Måleserien viser at for månedene desember til og med april er 25-persentilen $-3,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, middeltemperaturen er $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ og 75-persentilen er $2,7\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Det er gjort en antagelse om en tørr adiabatisk temperaturkonstant lik $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ per 100 høydemeter (E. Burt, 1999). Det er valgt å benytte tørr, og ikke våt adiabatisk konstant, da det virker sannsynlig at lufta i beregningsområdet vil ha relativt lav luftfuktighet vinterstid. Videre er det gjort en forenklet antagelse om at temperaturen er stabil i følgende strekninger gitt i tabellen under. «Justering av temperatur» betyr hvor mange grader celsius denne strekningen er justert i forhold til dataene fra målestasjonen 84170 Skjomen-Slettjord.

Tabell 4 - Justering av lufttemperatur

Strekning	Fra kote	Til kote	Justering av temperatur [°C]
Fra Iptovatn til og med siste kulp i Tverrelva (T: Kulp 3)	615	515	-5,59
Fra Kobbvatn til og med siste kulp i Kobbelva (S: Kulp 2)	644	616	-6,24
Skjoma, mellom Storfallet og Litjfallet.	40		Ingen justering

Med tidligere oppgitte temperaturer for kaldt, normal og mildt år, og justeringene av temperatur for høyde gitt i Tabell 4, så får man temperaturer som oppgitt i Tabell 5.

Tabell 5 - Lufttemperatur benyttet i beregninger

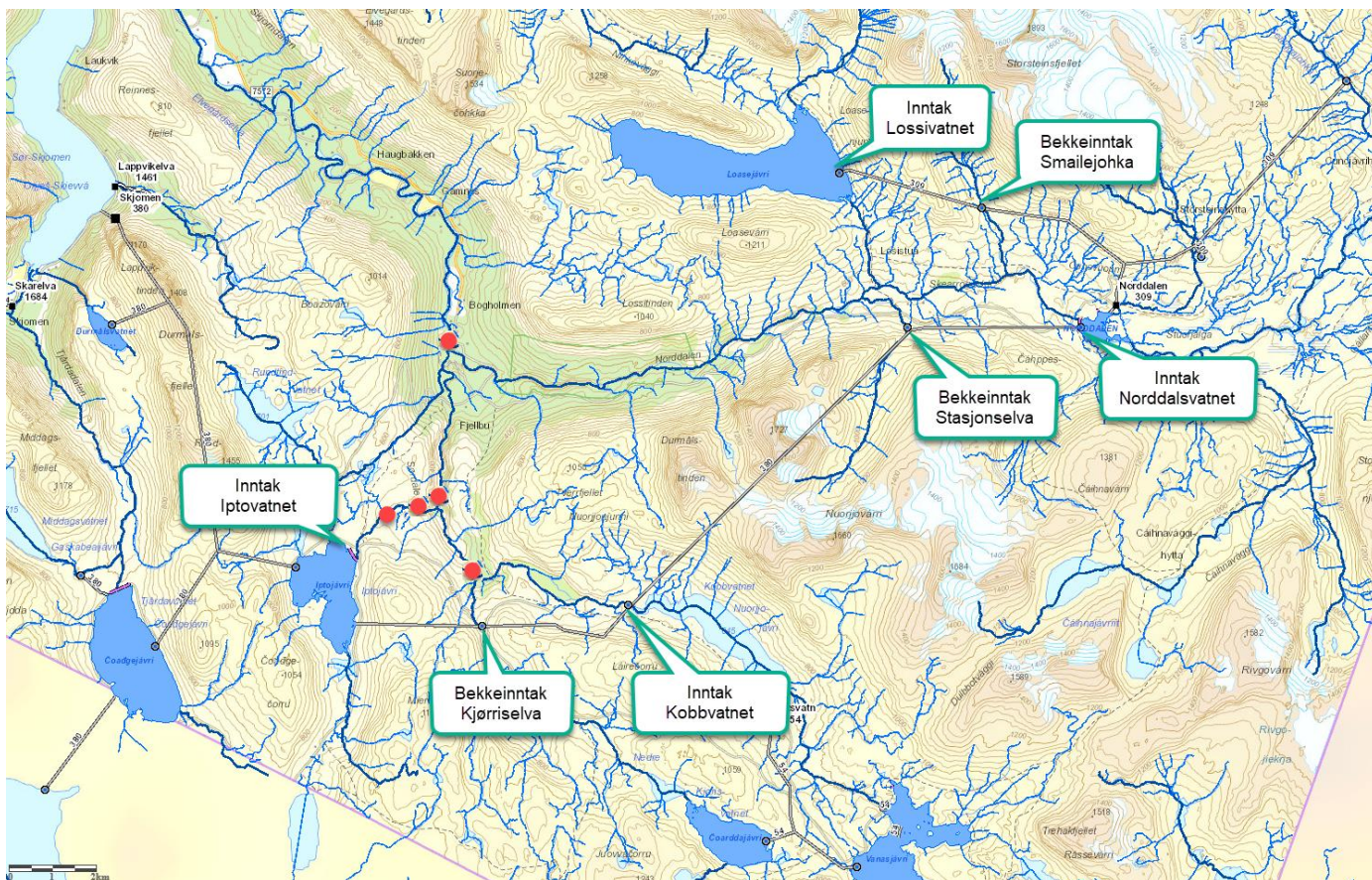
Strekning	Temperatur, kaldt år [°C]	Temperatur, normalt år [°C]	Temperatur, mildt år [°C]
Fra Iptovatn til og med siste kulp i Tverrelva (T: Kulp 3)	-9,5	-6,1	-2,9
Fra Kobbvatn til og med siste kulp i Kobbelva (S: Kulp 2)	-10,1	-6,7	-3,5
Skjoma, mellom Storfallet og Litjfallet.	-3,9	-0,5	2,7

4.12 Lokalt tilsig

Det har blitt gjort en korrigering av vannføringen fra et lokalt tilsig i bestemte punkter i Tverrelva, Kobbelva, Sørrelva og Skjoma. Disse punktene er gitt i Figur 6 med rød markering.

I Tverrelva er det justert for et lokalt tilsig i to punkter. Dette er mellom T: Stryk 2 og T: Stryk 3, samt mellom T: Stryk 4 og T: Stryk 5. I Kobbelva er det justert for et lokalt tilsig i ett punkt, og dette tar hensyn til den regulerte vannføringen som går til bekkeinntaket i Kjørriselva.

Der hvor Tverrelva og Kobbelva møtes, går elva over til Sørrelva. Der hvor Sørrelva møter Nordelva, går elva over i Skjoma. Skjoma er justert for et lokalt tilsig like nedstrøms samløp med Nordelva. Nordelva renner ut fra et felt som er regulert. Her er det tatt hensyn til inntakene i Lossivatnet og Norddalsvatnet, samt bekkeinntakene i Smailejohka og Stasjonselva.



Figur 6 - Oversikt over hvilke punkter (rød markering) hvor tilsiget er justert.

Det ble tatt utgangspunkt i målestasjonen 173.22 Gamnes, og valgt median vannføringsverdi for vintermånedene desember – april i perioden 1974-2018. For å finne spesifikk vannføring er det tatt hensyn til at store deler av det naturlige nedbørfeltet er regulert ved Skjomenutbyggingen, og ikke lenger bidrar til vannføring i vinterhalvåret. Medianverdien ble valgt for å kunne luke ut dager i datagrunnlaget der det har regnet og ikke vært frost. Datagrunnlaget viser at frostperioden starter i desember og varer ut april. Den spesifikke vannføringsverdien for perioden desember-april har blitt skalert med hensyn på nedbørfeltstørrelse for å kunne gjelde de ulike punktene i Tverrelva, Kobbelva, Sørrelva og Skjoma.

Tabell 6 gir en oversikt over feltstørrelsene, med hensyn på reguleringer innad i feltet, og skalert vannføring.

Tabell 6 - Oversikt over justering for lokalt tilsig

Korrigerings for lokalt tilsig					
Beskrivelse av punkt	Punkt ved kote	Nedbørfelt regulert (km ²)	Nedbørfelt uregulert restfelt (km ²)	Prosent av nedbørfelt for skalering	Skalert tilsig i punkt [l/s]
Dam i Iptovatn	614	22,4		0,00 %	0,00
Start T: Stryk 1	607	22,4	0,1	0,08 %	0,27
Mellom T: Stryk 2 og T: Stryk 3	540	22,4	0,6	0,51 %	1,60
Mellom T: Stryk 4 og T: Stryk 5	469	22,4	2,5	2,11 %	6,68
Dam i Kobbvatn	644	270,5		0,00 %	0,00
Start K: Stryk 1	640	270,5	0,1	0,08 %	0,27
Kobbelva nedstrøms bekkeinntak i Stasjonselva	436	305,4	11,9	10,06 %	31,81
Start Sørrelva, samløpet mellom Kobbelva og Tverrelva	256	327,8	20,2	17,08 %	53,99
Nedstrøms samløp med Nordelva	64	693	82,8	69,99 %	221,31

5 Resultat

Dette kapittelet vil gi en oversikt over de viktigste resultatene fra beregningene gjort på statisk og dynamisk isdannelse i Tverrelva, Kobbelva, Sørelva og Skjoma.

5.1 Endring av vanntemperatur i vassdraget

For å beregne isdannelse i kulpene og strykene nedover Tverrelva, Kobbelva, Sørelva og Skjoma har det blitt tatt hensyn til at temperaturen på vannføringen vil endre seg nedover elveleiet. Dette vil si at vannet som renner inn i en seksjon (kulp eller stryk) vil ha en lavere temperatur enn vannet som rant inn i seksjonen oppstrøms. Figur 7 - Figur 9 viser temperaturendringen ved ulike slipp av minstevannføring i henholdsvis et kaldt, normalt og mildt år. Dersom beregningene har gitt en negativ verdi for vanntemperaturen, betyr dette at overflatevannet allerede er fryst før det har nådd den aktuelle seksjonen.

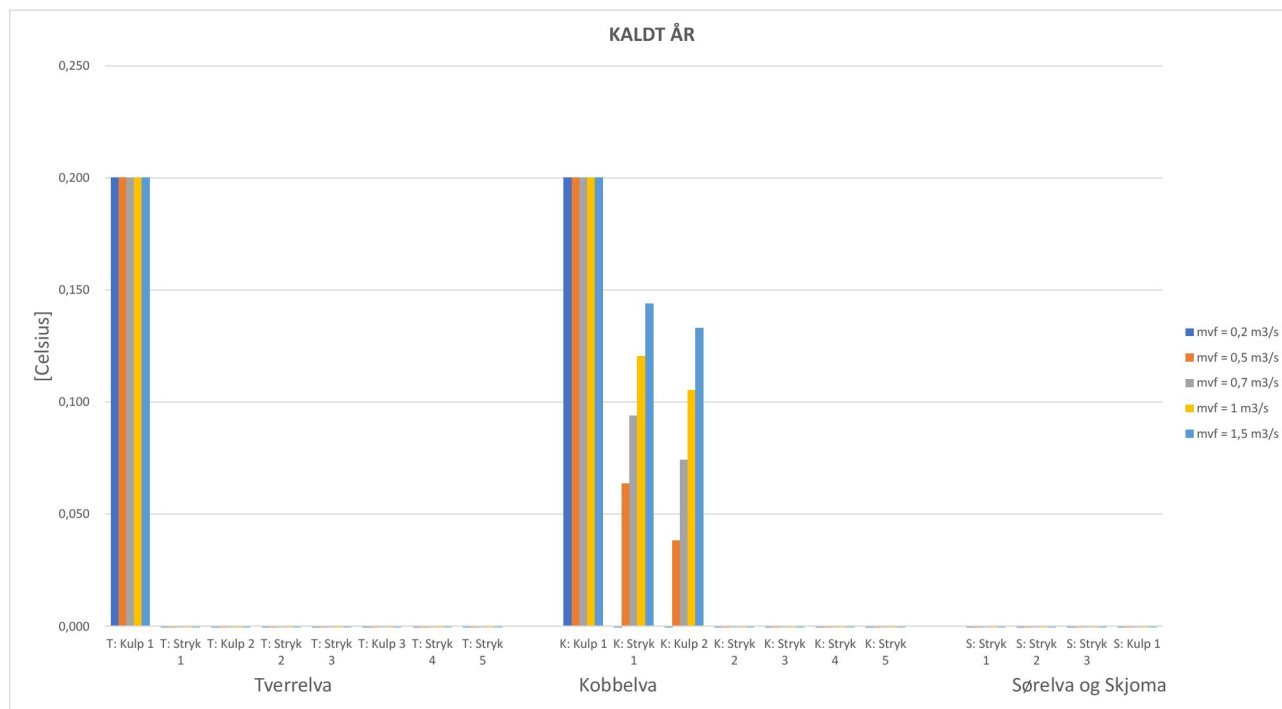
For alle beregningene er det antatt en initialtemperatur i Iptovatn og Kobbvatn på 0,2 °C.

5.1.1 Endring av vanntemperatur i vassdraget i et kaldt år

I et kaldt år i Tverrelva vil alle alternativer for slipp av minstevannføring begynne å fryse før det når første stryk.

I Kobbelva vil et slipp av minstevannføring på 0,2 m³/s begynne å fryse før det når første stryk, mens slipp på 0,5 m³/s, 0,7 m³/s, 1 m³/s og 1,5 m³/s vil begynne å fryse før andre stryk, noe som er ca. 470 meter nedstrøms slippsted i Kobbvatn.

Som følge av dette vil samtlige slipp av minstevannføring fra Iptovatn og Kobbvatn være fryst før det når Sørelva i et kaldt år.



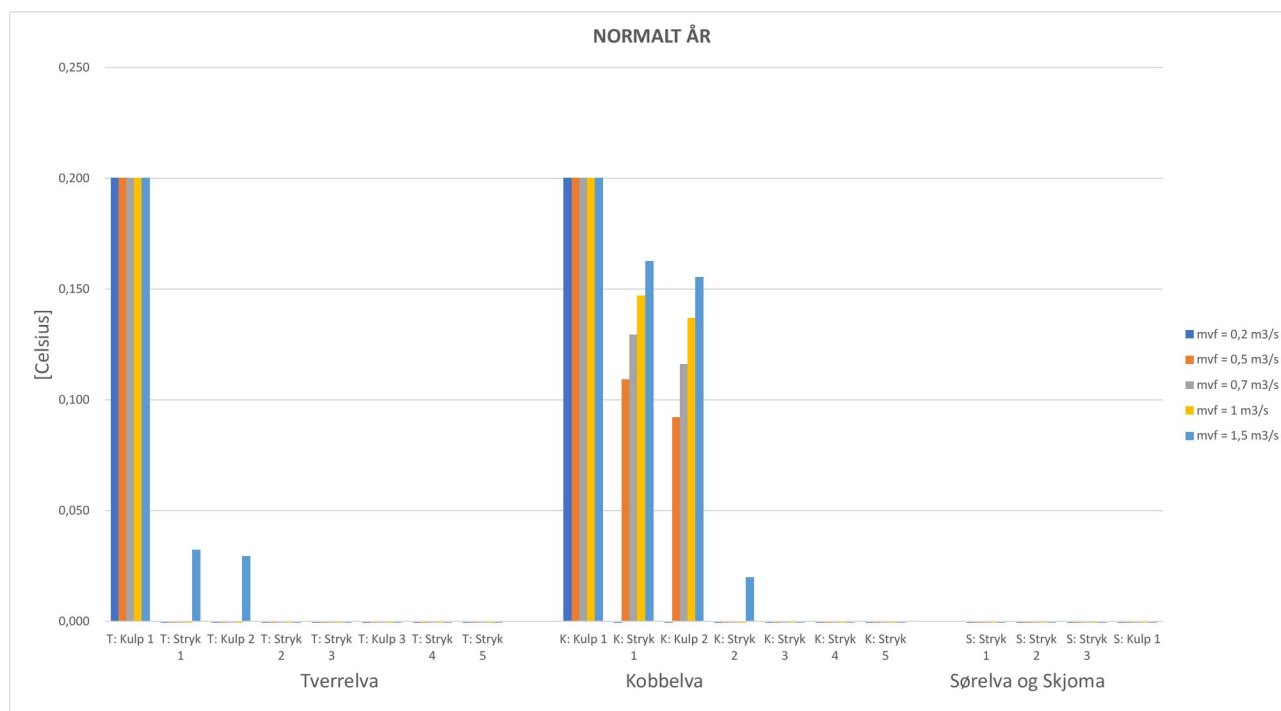
Figur 7 - Vanntemperatur ved innløpet til hver seksjon ved ulike slipp av minstevannføring i et kaldt år

5.1.2 Endring av vanntemperatur i vassdraget i et normalt år

I et normalt år i Tverrelva vil et slipp av minstevannføring mindre enn 1,5 m³/s nå 0 °C og begynne å fryse før det har nådd første stryk. Et slipp av minstevannføring på 1,5 m³/s vil begynne å fryse før det når andre stryk, det vil si ca. 500 meter nedstrøms slippsted i lptovatn.

I et normalt år i Kobbelva vil et slipp av minstevannføring på 0,2 m³/s nå 0 °C før første stryk. Et slipp av minstevannføring på 0,5 m³/s, 0,7 m³/s og 1 m³/s vil begynne å fryse før andre stryk, ca. 470 meter nedstrøms slippsted i Kobbvatn. Et slipp på 1,5 m³/s vil begynne å fryse før tredje stryk, noe som er ca. 1120 meter nedstrøms slippsted.

Som følge av dette vil samtlige slipp av minstevannføring fra lptovatn og Kobbvatn være fryst før det når Sørrelva i et normalt år.



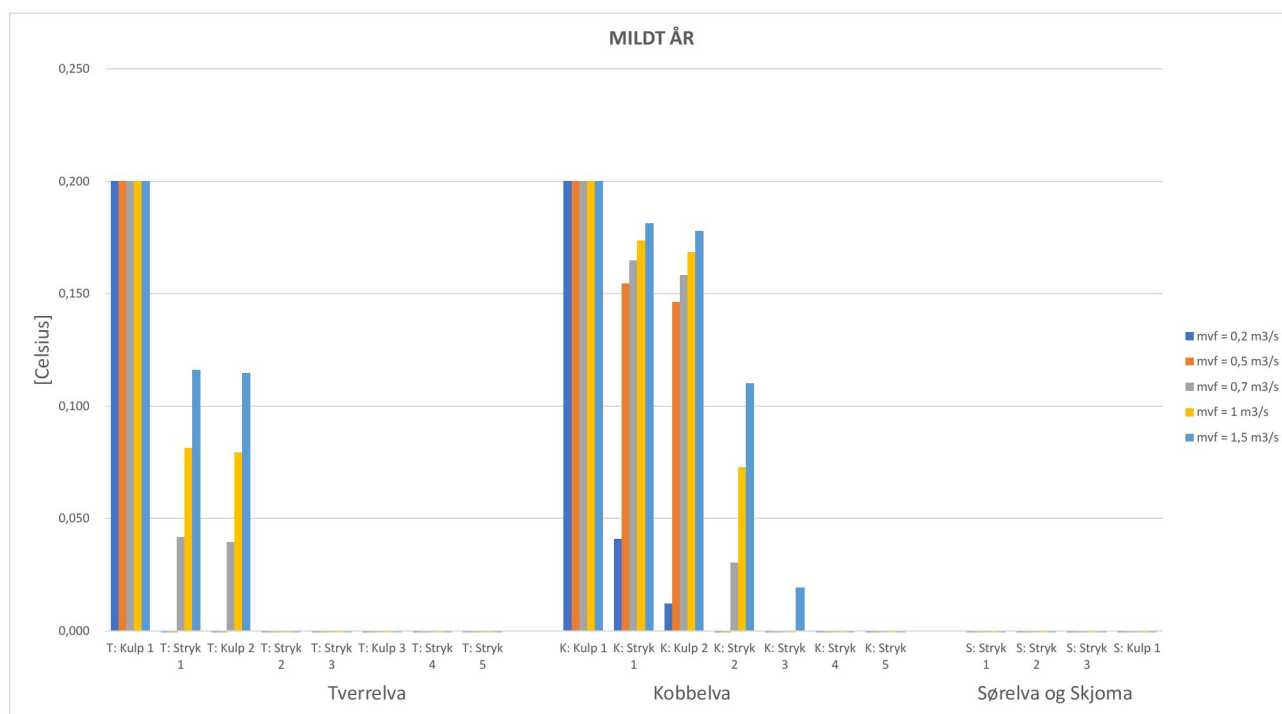
Figur 8 - Vanntemperatur ved innløpet til hver seksjon ved ulike slipp av minstevannføring i et normalt år

5.1.3 Endring av vanntemperatur i vassdraget i et mildt år

I et mildt år i Tverrelva vil et slipp av en minstevannføring mindre enn 0,7 m³/s nå 0 °C og begynne å fryse allerede før det når første stryk. En minstevannføring på 0,7 m³/s, 1 m³/s og 1,5 m³/s vil nå 0 °C før det når andre stryk. Det vil si ca. 500 meter nedstrøms slippsted i Iptovatn.

I et mildt år i Kobbelva vil de ulike slippene av minstevannføring nå 0 °C innen det fjerde stryket. Dette er ca. 1100 meter nedstrøms slippsted i Kobbvatn. En minstevannføring mindre enn 0,7 m³/s vil begynne å fryse innen det har nådd andre stryk, altså ca. 470 meter nedstrøms Kobbvatn.

Som følge av dette vil samtlige slipp av minstevannføring fra Iptovatn og Kobbvatn være fryst før det når Sørelva i et mildt år.



Figur 9 - Vanntemperatur ved innløpet til hver seksjon ved ulike slipp av minstevannføring i et mildt år

5.2 Dynamisk isdannelse

Det har blitt undersøkt om vannføringen i strykene vil nå 0 °C og begynne å fryse i strykene. For å beregne dette ble det blant flere variabler tatt utgangspunkt i luft- og vanntemperatur ved innløp til hvert stryk. Figur 10 til og med Figur 21 viser hvor langt vannet vil renne med de gitte betingelser for hver seksjon ved de ulike slippene av minstevannføring. Dersom frysestrekningen som blir beregnet er innenfor lengden til stryket, vil en isdannelse begynne i denne seksjonen.

Legg merke til at Sørrelva og Skjoma ikke er beskrevet i følgende figurer. Dette som følge av at isdannelse allerede er påbegynt for alle slippalternativene i øvrige seksjoner, se Kapittel 5.1. I de tilfellene beregnet initialtemperatur i Kobbelva og Tverrelva allerede har nådd frysepunkt før innløp til aktuelt stryk, vil det dermed ikke være beregnet noen frysestrekning.

5.2.1 Minstevannføring på 0,2 m³/s

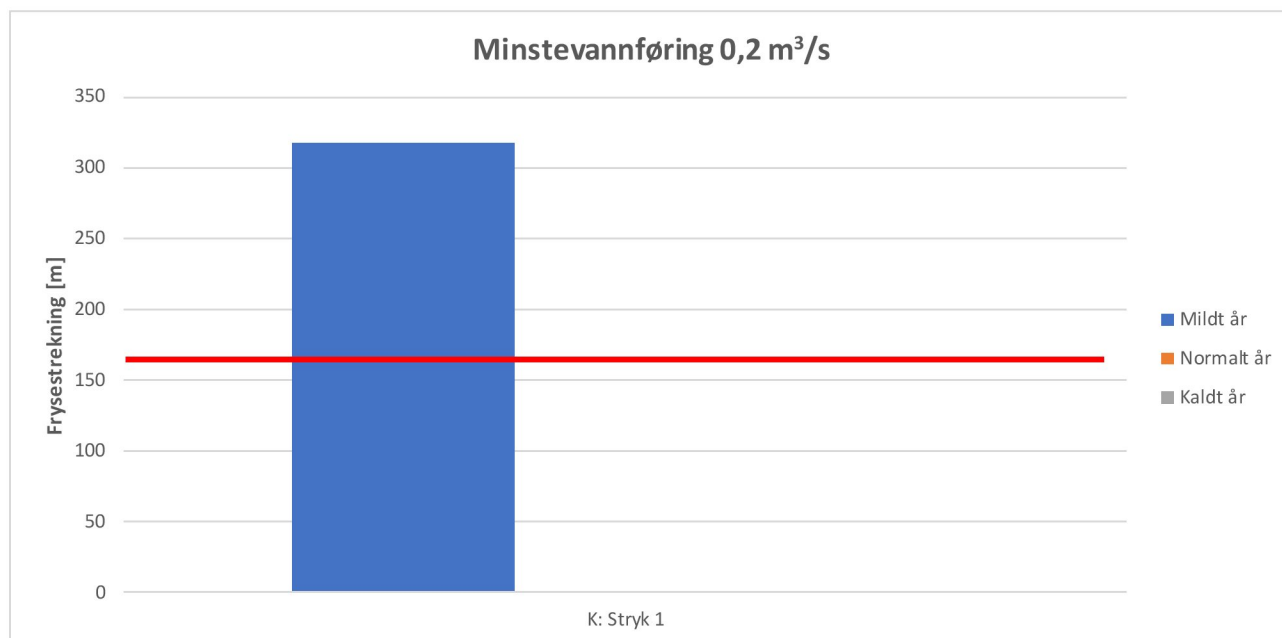
Tverrelva:

Dersom det slippes minstevannføring på 0,2 m³/s fra Iptovatn, vil det føre til isdannelse i den første kulpen nedstrøms Iptovatn. Dette vil skje også i et mildt år.

Kobbelva:

Et slipp av minstevannføring på 0,2 m³/s i et mildt år fra Kobbvatn vil ikke gi påbegynnende isdannelse i det første stryket i Kobbelva, da beregnet frysestrekning er større enn seksjonens lengde som er 160 meter. Imidlertid vil slippet av minstevannføring nå frysepunktet i påfølgende kulp.

I et normalt år og kaldt år vil slipp av minstevannføring på 0,2 m³/s fra Kobbvatn fryse til is allerede i den øverste kulpen, og vil følgelig ikke gi isdannelse i øvrige stryk, som ligger nedstrøms øverste kulp.



Figur 10 - Beregnet frysestrekning med et slipp av minstevannføring på 0,2 m³/s i Kobbelva - stryk 1. Rød linje skisserer seksjonens lengde.

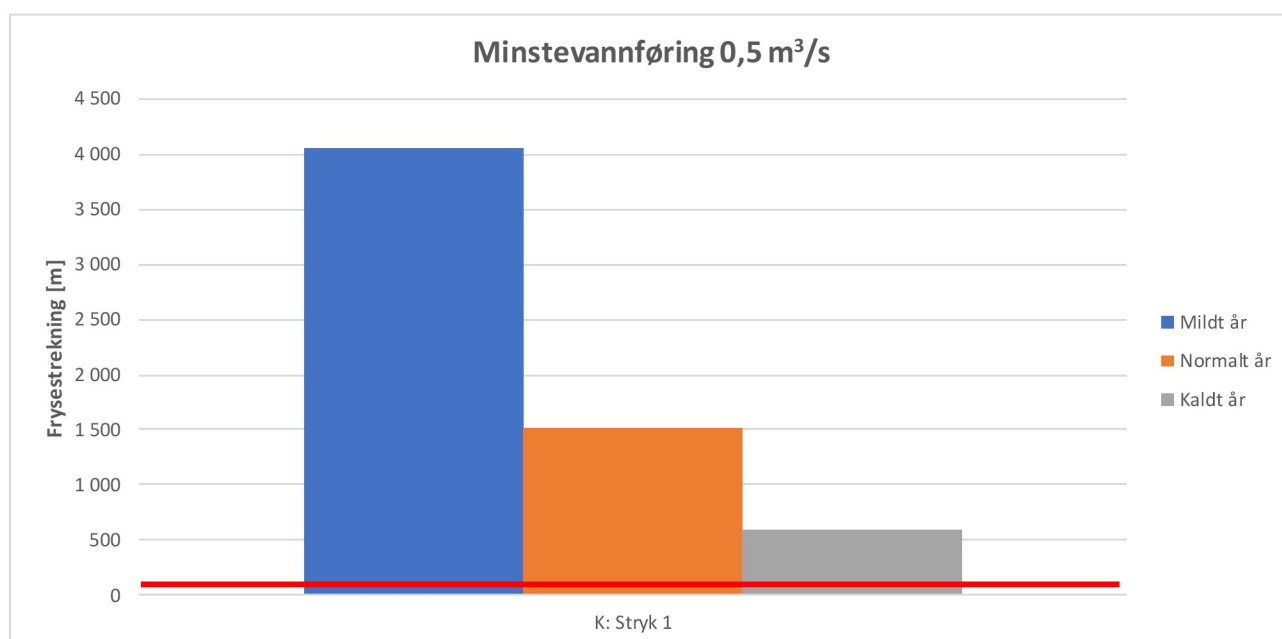
5.2.2 Minstevannføring på 0,5 m³/s

Tverrelva:

Dersom det slippes minstevannføring på 0,5 m³/s fra Iptovatn, vil det føre til isdannelse i den første kulpen nedstrøms Iptovatn. Dette vil skje også i et mildt år.

Kobbelva:

Et slipp av minstevannføring på 0,5 m³/s vil ikke gi påbegynnende isdannelse i verken et mildt, normalt eller kaldt år i første stryk i Kobbelva, da beregnet frysestrekning er større enn seksjonens lengde som er 160 meter. Imidlertid vil slippet av minstevannføring nå frysepunktet i påfølgende kulp.

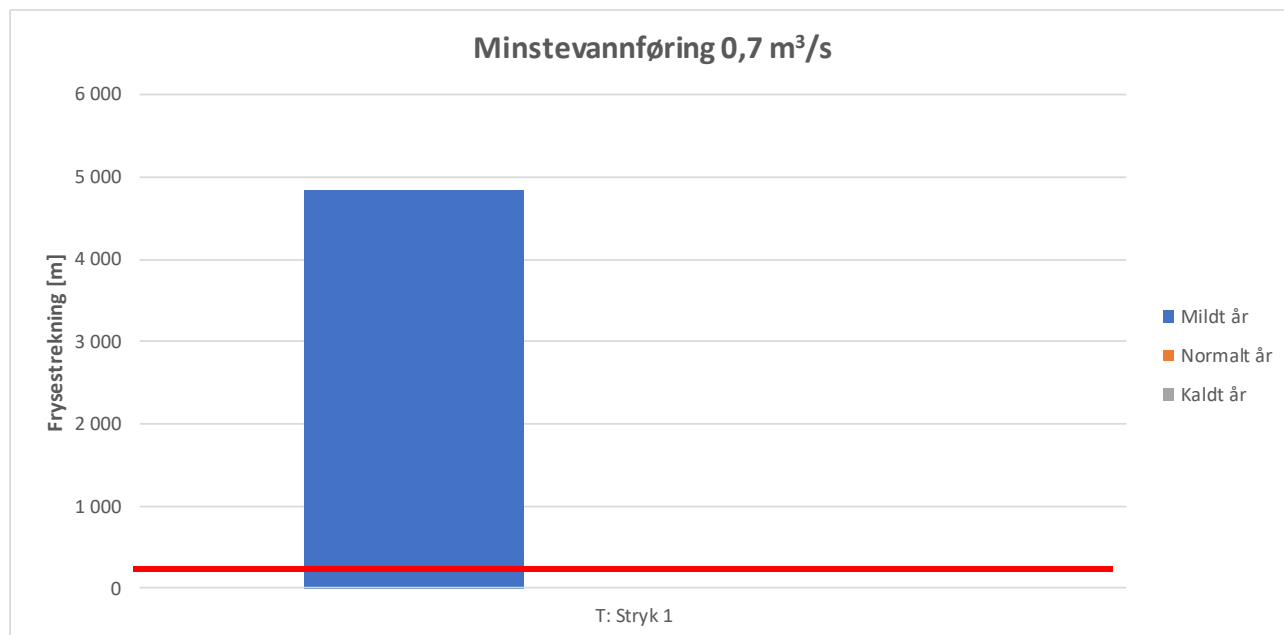


Figur 11 - Beregnet frysestrekning med et slipp av minstevannføring på 0,5 m³/s i Kobbelva – stryk 1. Rød linje skisserer seksjonens lengde.

5.2.3 Minstevannføring på 0,7 m³/s

Tverrelva:

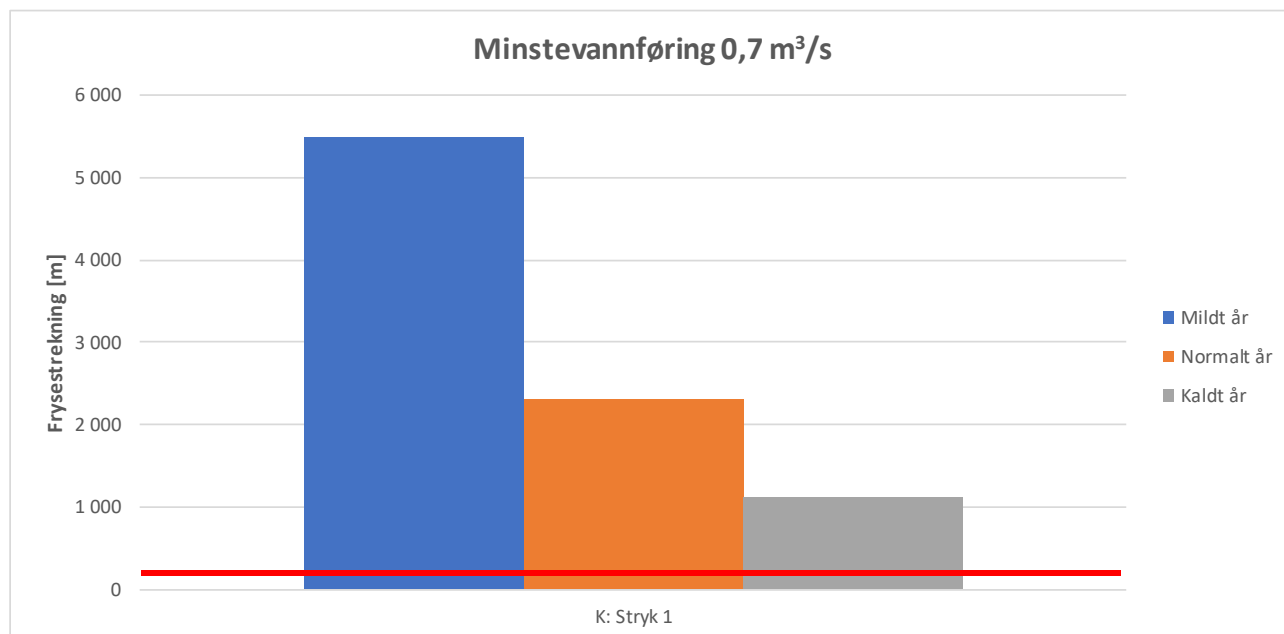
Et slipp av minstevannføring på 0,7 m³/s vil ikke gi påbegynnende isdannelse i Tverrelva et mildt år, da beregnet frysestrekning er større enn seksjonens lengde som er 155 meter. Imidlertid vil slippet av minstevannføring nå frysepunktet i påfølgende kulp.



Figur 12 - Beregnet frysestrekning med et slipp av minstevannføring på 0,7 m³/s i Tverrelva - stryk 1. Rød linje skisserer seksjonens lengde.

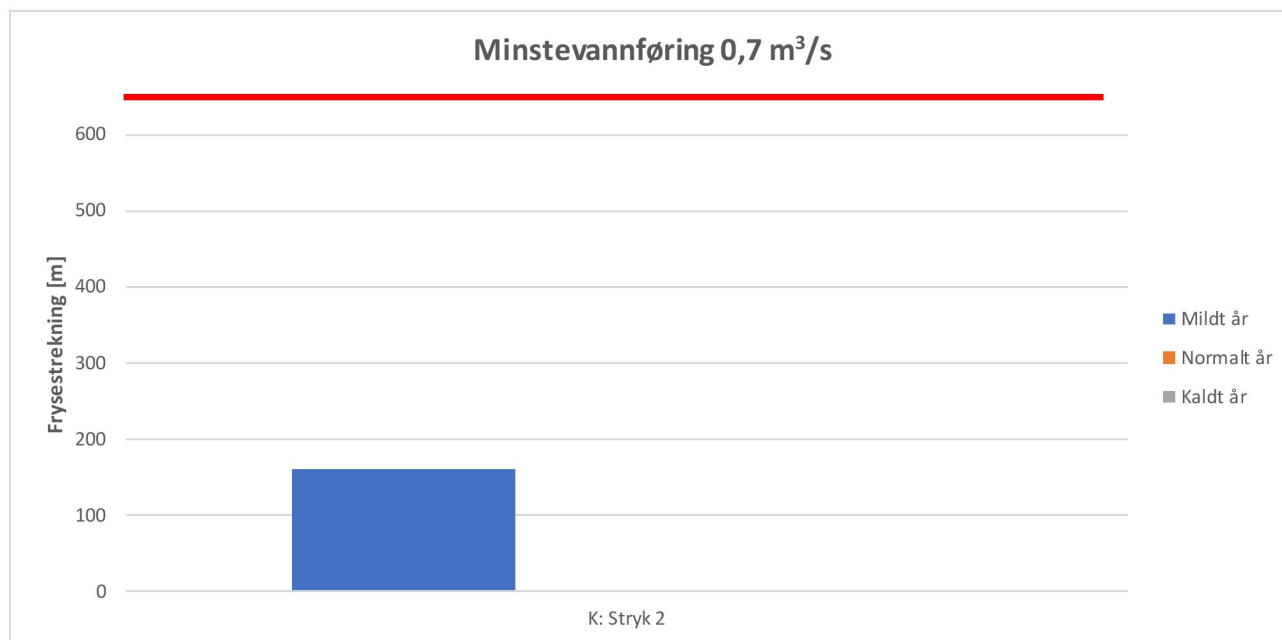
Kobbelva:

Et slipp av minstevannføring på 0,7 m³/s vil ikke gi påbegynnende isdannelse i verken et mildt, normalt eller kaldt år i første stryk i Kobbelva, da beregnet frysestrekning er større enn seksjonens lengde som er 160 meter.



Figur 13 - Beregnet frysestrekning med et slipp av minstevannføring på 0,7 m³/s i Kobbelva - stryk 1. Rød linje skisserer seksjonens lengde.

Et slipp av minstevannføring på 0,7 m³/s vil gi påbegynnende isdannelse i et mildt år i andre stryk i Kobbelva, da beregnet frysestrekning er mindre enn seksjonens lengde som er 650 meter. I et normalt og kaldt år vil minstevannføring på 0,7 m³/s begynne å fryse til is i den andre kulpen, mellom stryk 1 og stryk 2, slik at vannet ikke kommer frem til stryk 2.

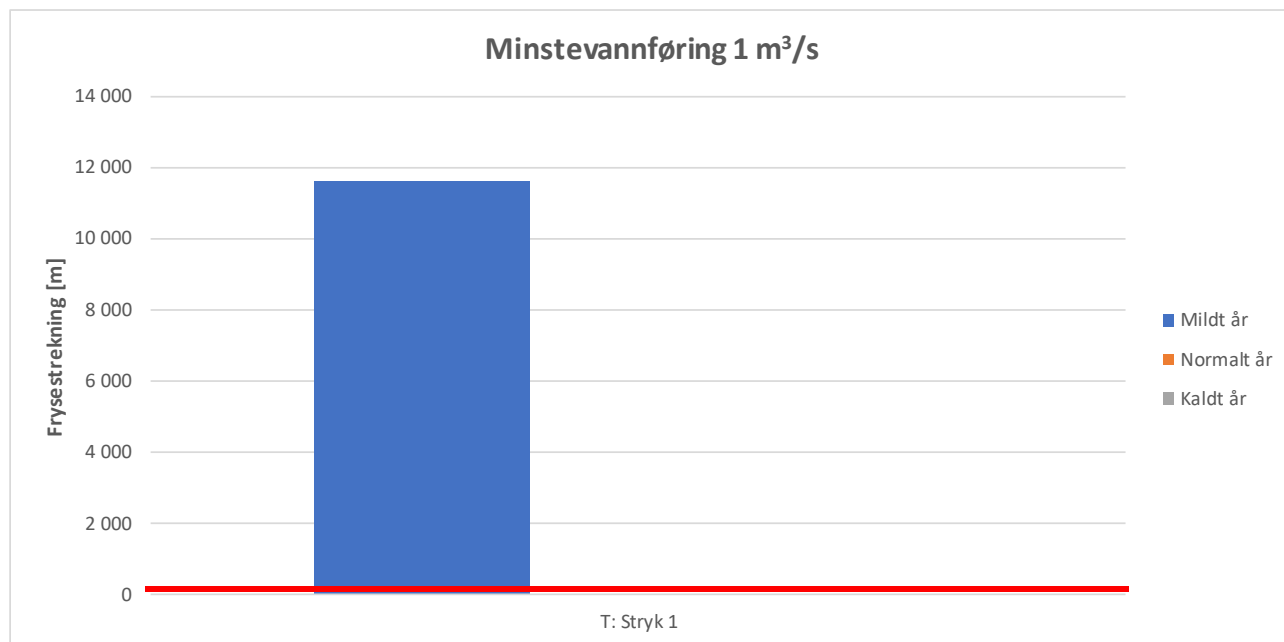


Figur 14 - Beregnet frysestrekning med et slipp av minstevannføring på 0,7 m³/s i Kobbelva - stryk 2. Rød linje skisserer seksjonens lengde.

5.2.4 Minstevannføring på 1 m³/s

Tverrelva:

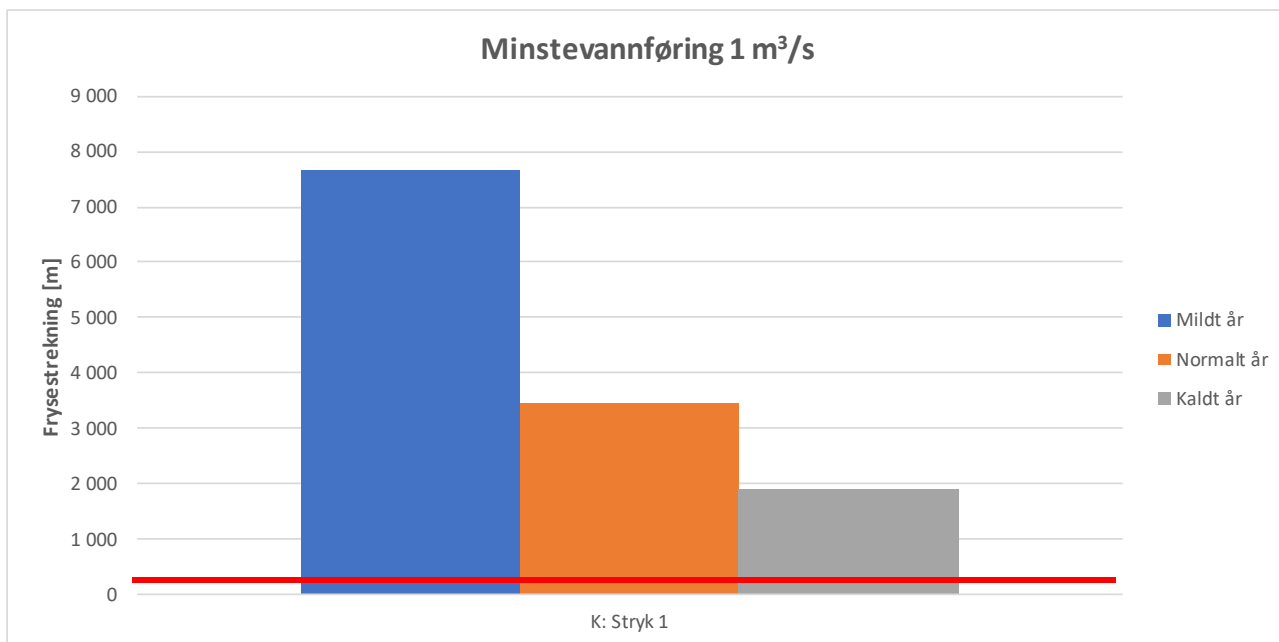
Et slipp av minstevannføring på 1 m³/s vil ikke gi påbegynnende isdannelse i et mildt år i første stryk i Tverrelva, da beregnet frysestrekning er større enn seksjonens lengde som er 155 meter. I et normalt og kaldt år vil en minstevannføring på 1 m³/s gi påbegynnende isdannelse i den øverste kulpen, oppstrøms stryk 1.



Figur 15 - Beregnet frysestrekning med et slipp av minstevannføring på 1 m³/s i Tverrelva - stryk 1. Rød linje skisserer seksjonens lengde.

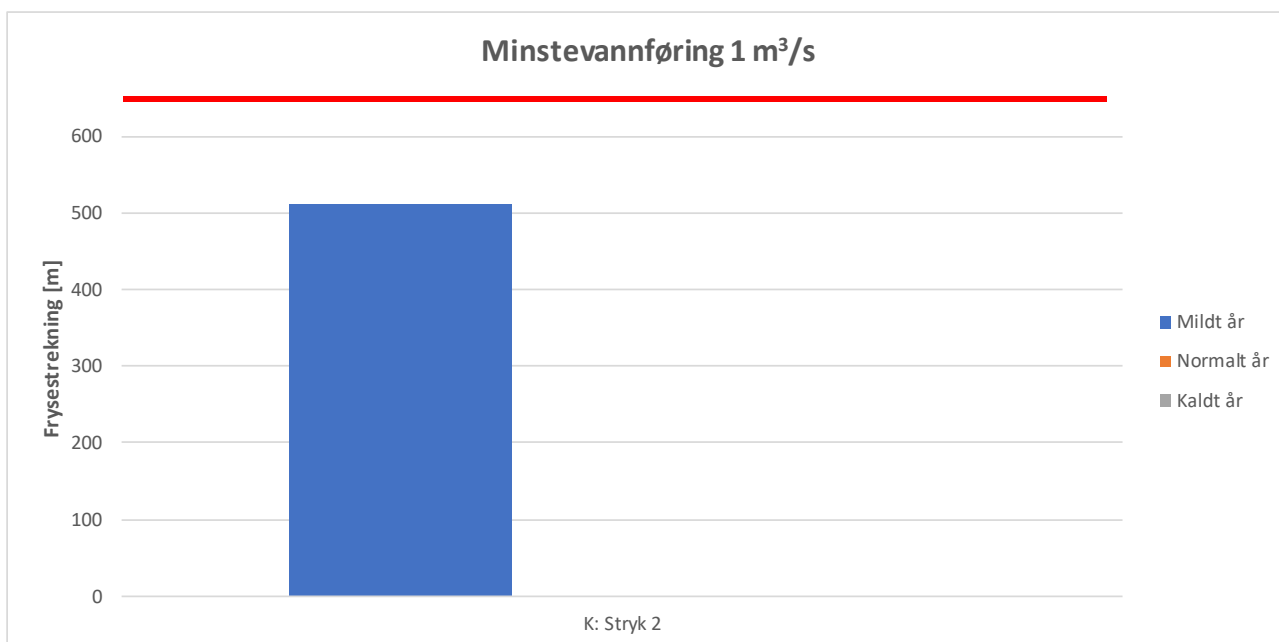
Kobbelva:

Et slipp av minstevannføring på 1 m³/s vil ikke gi påbegynnende isdannelse i verken et mildt, normalt eller kaldt år i første stryk i Kobbelva, da beregnet frysestrekning er større enn seksjonens lengde som er 160 meter.



Figur 16 - Beregnet frysestrekning med et slipp av minstevannføring på 1 m³/s i Kobbelva - stryk 1. Rød linje skisserer seksjonens lengde.

Et slipp av minstevannføring på 1 m³/s vil gi påbegynnende isdannelse i et mildt år i andre stryk i Kobbelva, da beregnet frysestrekning er mindre enn seksjonens lengde som er 650 meter. I et normalt og kaldt år vil minstevannføring på 1 m³/s gi påbegynnende isdannelse i kulpen mellom stryk 1 og stryk 2.

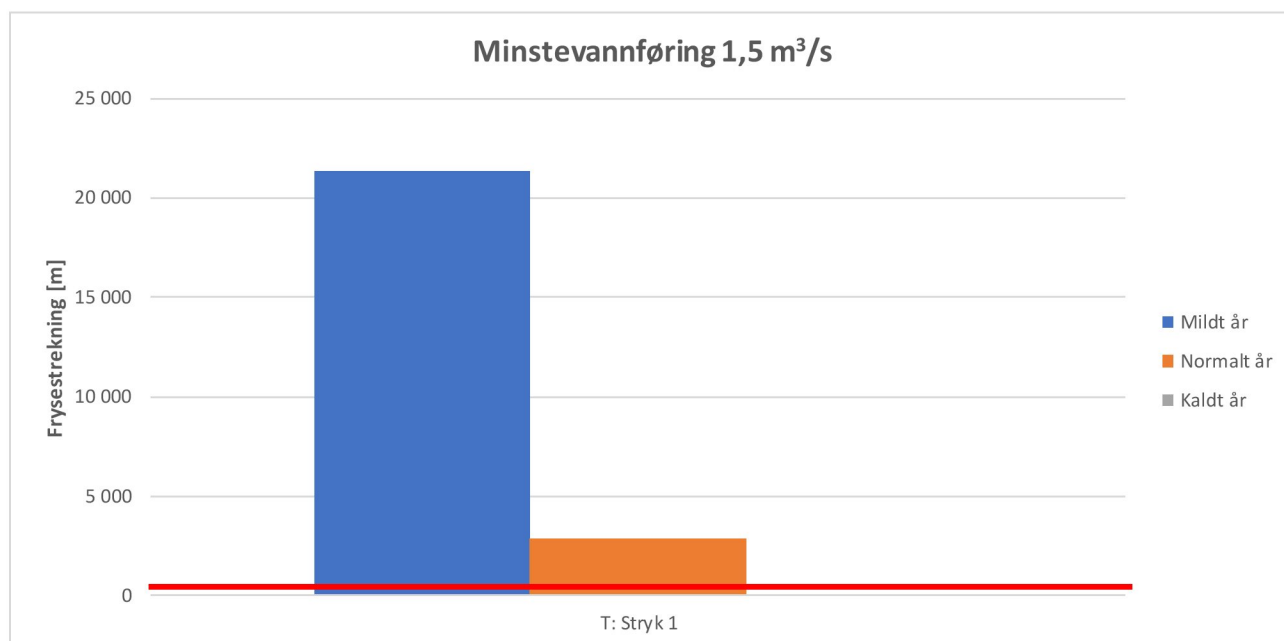


Figur 17 - Beregnet frysestrekning med et slipp av minstevannføring på 1 m³/s i Kobbelva - stryk 2. Rød linje skisserer seksjonens lengde.

5.2.5 Minstevannføring på 1,5 m³/s

Tverrelva:

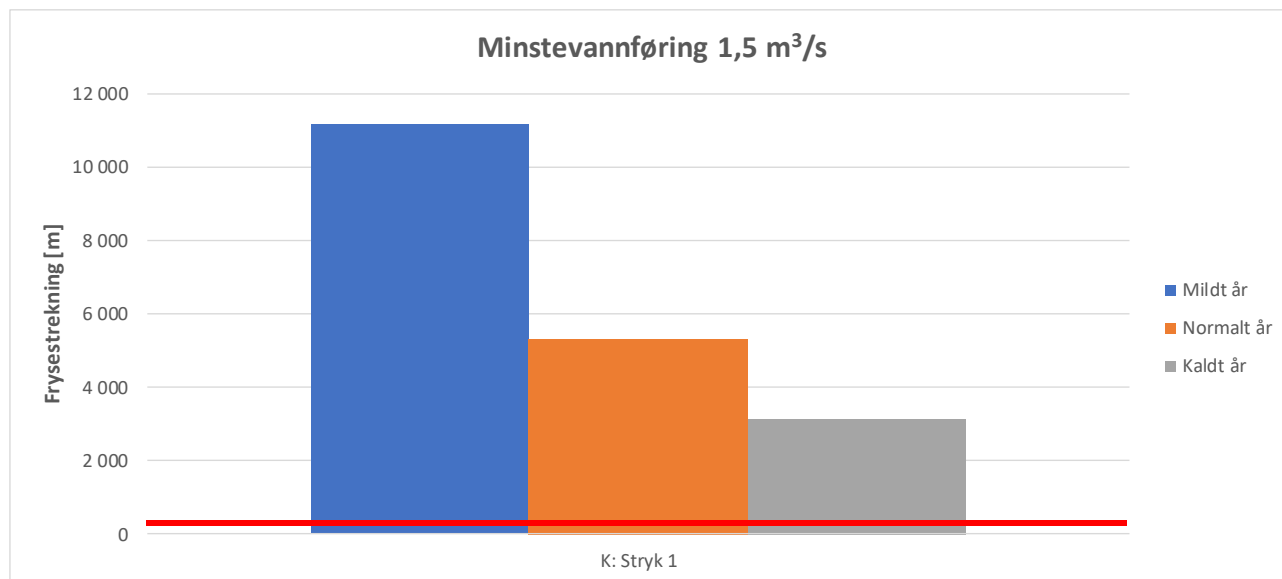
Et slipp av minstevannføring på 1,5 m³/s vil ikke gi påbegynnende isdannelse i et mildt og normalt år i første stryk i Tverrelva, da beregnet frysestrekning er større enn seksjonens lengde som er 155 meter. I et kaldt år vil slipp av minstevannføring på 1,5 m³/s gi påbegynnende isdannelse i kulpen oppstrøms stryk 1.



Figur 18 - Beregnet frysestrekning med et slipp av minstevannføring på 1,5 m³/s i Tverrelva - stryk 1. Rød linje skisserer seksjonens lengde.

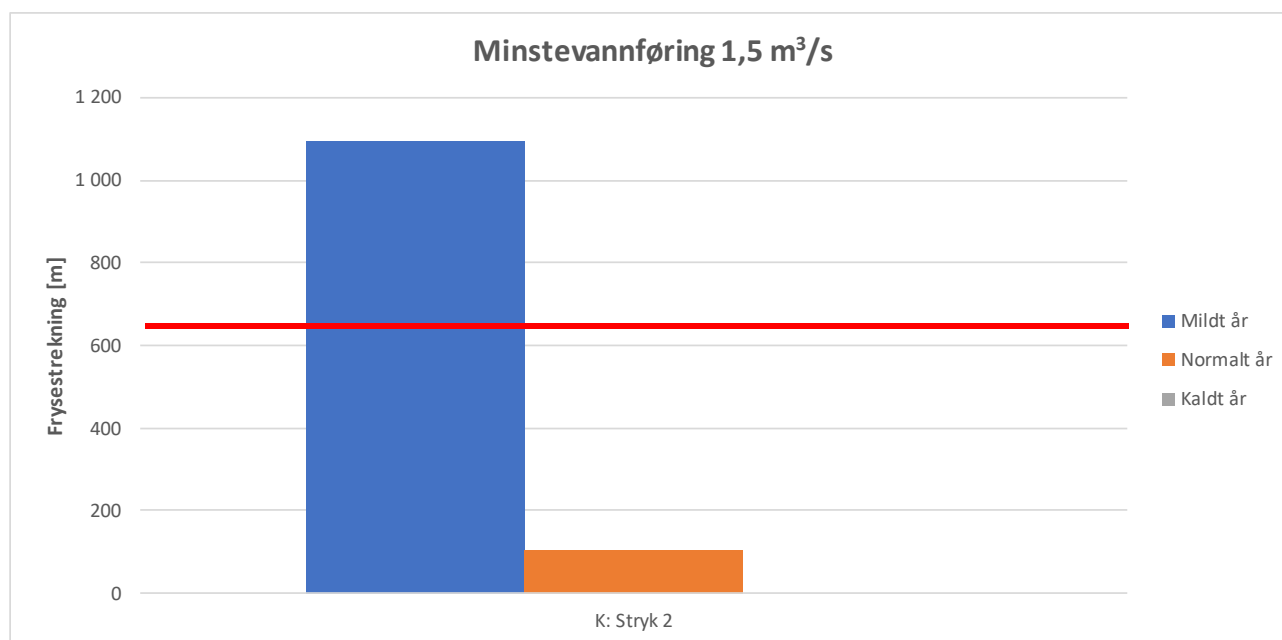
Kobbelva:

Et slipp av minstevannføring på 1,5 m³/s vil ikke gi påbegynnende isdannelse i verken et mildt, normalt eller kaldt år i første stryk i Kobbelva, da beregnet frysestrekning er større enn seksjonens lengde som er 160 meter.



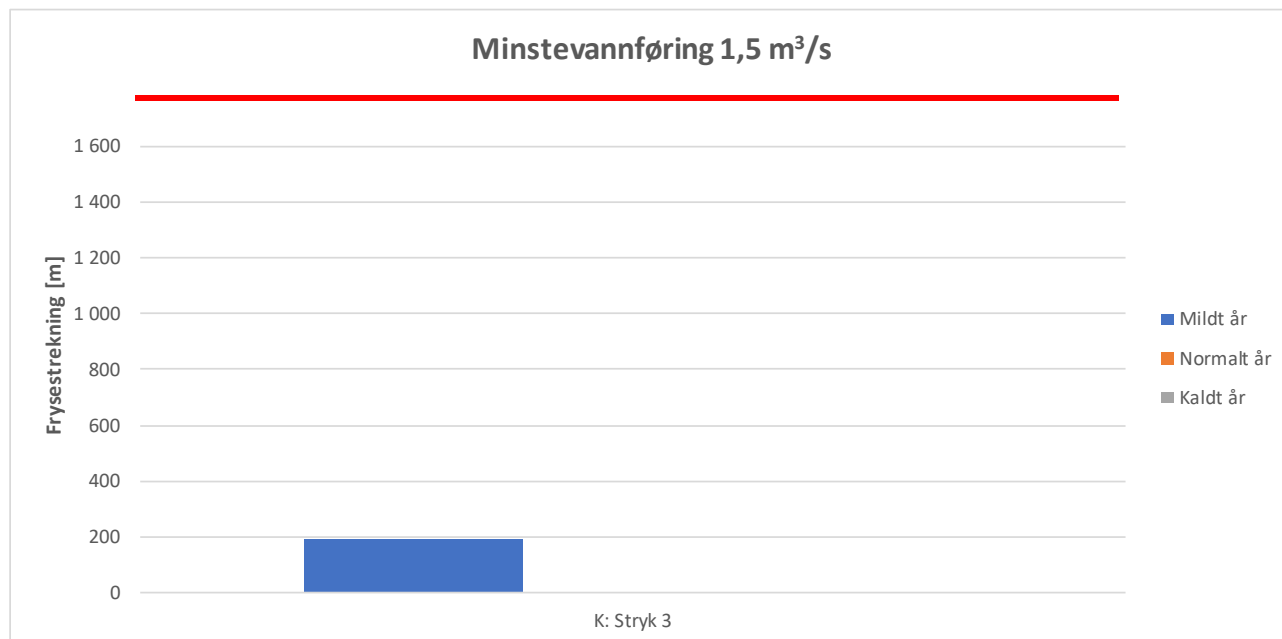
Figur 19 - Beregnet frysestrekning med et slipp av minstevannføring på 1,5 m³/s i Kobbelva - stryk 1. Rød linje skisserer seksjonens lengde.

Et slipp av minstevannføring på 1,5 m³/s vil ikke gi påbegynnende isdannelse i et mildt år i andre stryk i Kobbelva, da beregnet frysestrekning er større enn seksjonens lengde som er 650 meter. I et normalt år vil isdannelse inntreffe i andre stryk. I et kaldt år vil minstevannføring på 1,5 m³/s gi påbegynnende isdannelse i kulpen mellom stryk 1 og stryk 2.



Figur 20 - Beregnet frysestrekning med et slipp av minstevannføring på 1,5 m³/s i Kobbelva - stryk 2. Rød linje skisserer seksjonens lengde.

Et slipp av minstevannføring på 1,5 m³/s vil gi påbegynnende isdannelse i et mildt år i tredje stryk i Kobbelva, da beregnet frysestrekning er større enn seksjonens lengde som er 1780 meter.



Figur 21 - Beregnet frysestrekning med et slipp av minstevannføring på 1,5 m³/s i Kobbelva - stryk 3. Rød linje skisserer seksjonens lengde.

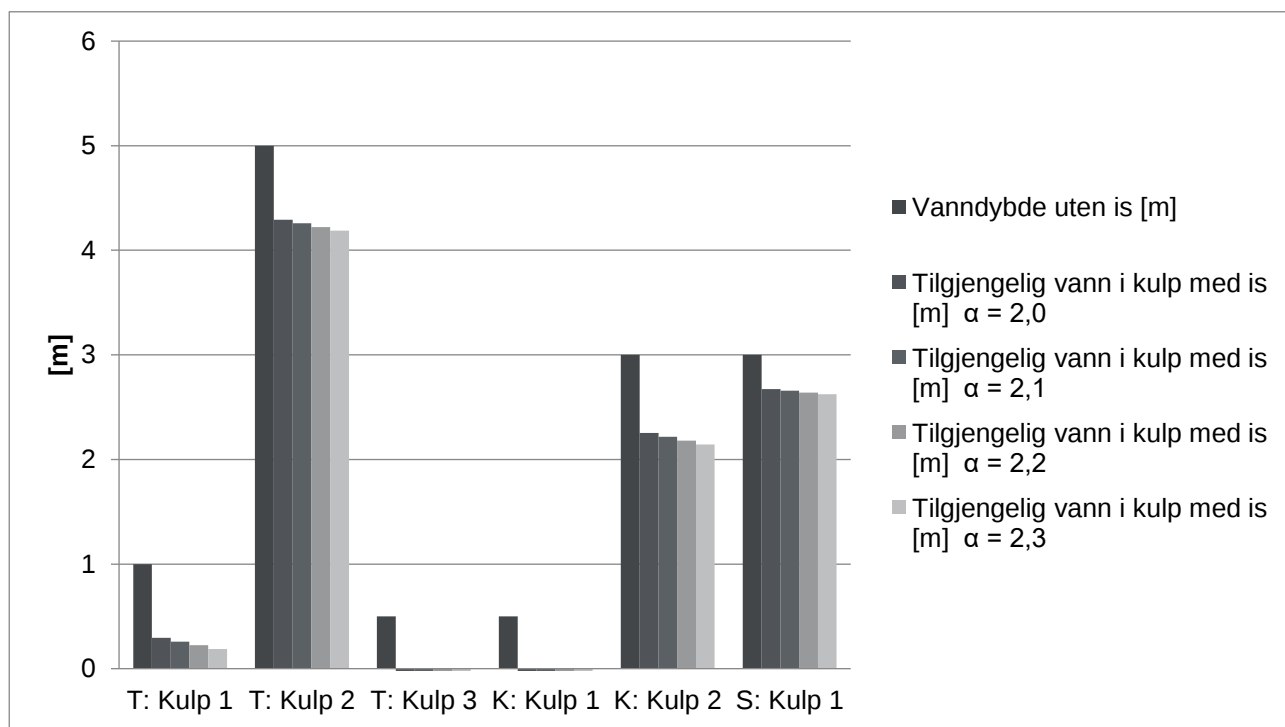
5.3 Statisk isdannelse – kulpene

For kulpene i Tverrelva, Kobbelva, Sørrelva og Skjoma er det gjort en statisk beregning av isdannelse. Denne beregningen har anslått tykkelsen på isen i kulpene basert på antall frostdøgn i løpet av et normalår. Det er gjort en justering av lufttemperaturen i Tverrelva, Kobbelva, Sørrelva og Skjoma basert på høyde over havet som beskrevet i kapittel 4.11 Lufttemperatur. Tabell 7 viser en oversikt over beregnet istykkelse ved ulike korreksjonsfaktorer. Her er det gjort en antagelse om at kulpene har like isforhold som ved en gjennomsnittlig innsjø som dekkes med snø. Istykkelsen er beregnet til å være konstant i de ulike kulpene innenfor de tre delene av vassdraget. Forskjellen i isdannelse mellom kulpene innad i hver del av vassdraget vil være mengde tilgjengelig vann.

Tabell 7 - Beregning av istykkelse ved statisk isdannelse i kulpene i Tverrelva, Kobbelva, Sørelva og Skjoma

Istykkelse		
Strekning	α	Istykkelse [cm]
Tverrelva (kote 615-515)	2,3	81
	2,2	78
	2,1	74
	2	71
Kobbelva (kote 644-616)	2,3	86
	2,2	82
	2,1	78
	2	75
Sørelva og Skjoma (kote 40)	2,3	38
	2,2	36
	2,1	34
	2	33

I Tverrelva er istykkelsen beregnet til å være mellom 71 og 81 cm, i Kobbelva mellom 75 og 86 cm og i Sørelva og Skjoma mellom 33 og 38 cm. Disse istykkelsene har blitt sammenlignet med tilgjengelig vann i kulpene, og dette er vist i Figur 22.



Figur 22 - Vanndybde uten is i kulpene og tilgjengelig vann ved islegging med ulike korreksjonsfaktorer.

I Tverrelva vil det være noe tilgjengelig vann i første kulp nedstrøms Iptovatnet, T: Kulp 1, men trolig begrenset og det kan se ut som det er fare for at denne bunnfryses. Når det gjelder T: Kulp 2 vil det være tilgjengelig vann, med en gjennomsnittlig reduksjon grunnet isdannelse på 15 %. T: Kulp 3 vil være bunnfrost.

I Kobbelva vil første kulp nedstrøms Kobbvatnet, K: Kulp 1, være bunnfrost. K: Kulp 2 vil ha noe tilgjengelig vann, med en gjennomsnittlig reduksjon grunnet isdannelse på 27 %.

I Skjoma, S: Kulp 1, kulpen mellom Litjfallet og Storfallet vil ha noe tilgjengelig vann, med en gjennomsnittlig reduksjon grunnet isdannelse på 12 %.

6 Diskusjon

I dette kapitlet er beregnede verdier for statisk og dynamisk isdannelse i Tverrelva, Kobbelva, Sørrelva og Skjoma sett i sammenheng med skjønnsmessige vurderinger basert på innspill fra vedlikeholdsleder Jørgen Sivertsen i Statkraft. Først er resultatene fra beregningene vurdert, og deretter er disse sett i sammenheng med erfaringer fra vassdraget.

Beregningsresultater isdannelse:

Tabell 8 til og med Tabell 10, gir en oversikt over den beregnede effekten på isdannelse ved ulike slipp av minstevannføring. Tabellene viser et kaldt, normalt og mildt år. Der det står «Alle vannflater har fryst til is» vil det si at i nedstrøms seksjoner er det et stabilt isdekke over kulpene der vann med en temperatur lik 0 °C vil renne. Isdekket og eventuelt snø vil isolere mot ytterligere isdannelse fram til vårløsningen. I strykene har vannføringen nådd frysetemperatur og det foregår en sarrproduksjon.

I et kaldt år vil ingen av alternativene for slipp av minstevannføring ha noen effekt i Tverrelva. Alle kulper vil ha et isdekke, og det vil foregå sarrproduksjon allerede fra første stryk. I Kobbelva vil en minstevannføring større enn 0,2 m³/s ha en effekt på første stryk, og det er beregnet at det ikke vil påbegynne noen isdannelse her. Imidlertid vil det i nedstrøms seksjoner begynne en isdannelse, og et slipp av minstevannføring vil dermed gi svært liten effekt på elva som helhet. Følgelig vil et slipp av minstevannføring under 1,5 m³/s ikke ha noen effekt på Sørrelva, da dette allerede vil være fryst i Kobbelva og Tverrelva.

Tabell 8 - Oppsummering av isdannelse i Tverrelva, Kobbelva og Sørrelva i et kaldt år.

Seksjon		Kaldt år					
		mvf = 0,2 m ³ /s	mvf = 0,5 m ³ /s	mvf = 0,7 m ³ /s	mvf = 1 m ³ /s	mvf = 1,5 m ³ /s	
Tverrelva	T: Kulp 1	Isdekke	Isdekke	Isdekke	Isdekke	Isdekke	
	T: Stryk 1	Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is	
	T: Kulp 2						
	T: Stryk 2						
	T: Stryk 3						
	T: Kulp 3						
	T: Stryk 4						
T: Stryk 5							
Kobbelva	K: Kulp 1	Isdekke	Isdekke	Isdekke	Isdekke	Isdekke	
	K: Stryk 1	Alle vannflater har fryst til is	Ingen isdannelse	Ingen isdannelse	Ingen isdannelse	Ingen isdannelse	
	K: Kulp 2		Isdekke	Isdekke	Isdekke	Isdekke	
	K: Stryk 2		Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is
	K: Stryk 3						
	K: Stryk 4						
	K: Stryk 5						
Sørrelva og Skjoma	S: Stryk 1	Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is	
	S: Stryk 2						
	S: Stryk 3						
	S: Kulp 1						

I et normalt år vil et slipp av minstevannføring under 1,5 m³/s ikke ha noen effekt i Tverrelva. Alle kulper vil ha et isdekke, og det vil foregå sarrproduksjon allerede fra første stryk. Ved et slipp på 1,5 m³/s vil dette være tilfellet fra andre stryk. I Kobbelva vil et slipp av minstevannføring på 0,2 m³/s ikke ha noen effekt. De større alternativene til slipp vil passere første stryk, før alle vannflater har fryst fra og med andre stryk. Ved et slipp på 1,5 m³/s vil isdannelsen begynne noe senere i andre stryk, men forskjellen her er liten. Et slipp av minstevannføring under 1,5 m³/s vil heller ikke her ha noen effekt på Sørelva, da dette allerede vil være fryst i Kobbelva og Tverrelva.

Tabell 9 - Oppsummering av isdannelse i Tverrelva, Kobbelva og Sørelva i et normalt år.

Seksjon		Normalt år					
		mvf = 0,2 m ³ /s	mvf = 0,5 m ³ /s	mvf = 0,7 m ³ /s	mvf = 1 m ³ /s	mvf = 1,5 m ³ /s	
Tverrelva	T: Kulp 1	Isdekke	Isdekke	Isdekke	Isdekke	Isdekke	
	T: Stryk 1	Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is	Ingen isdannelse	
	T: Kulp 2					Isdekke	
	T: Stryk 2					Alle vannflater har fryst til is	
	T: Stryk 3						
	T: Kulp 3						
	T: Stryk 4						
T: Stryk 5							
Kobbelva	K: Kulp 1	Isdekke	Isdekke	Isdekke	Isdekke	Isdekke	
	K: Stryk 1	Alle vannflater har fryst til is	Ingen isdannelse	Ingen isdannelse	Ingen isdannelse	Ingen isdannelse	
	K: Kulp 2		Isdekke	Isdekke	Isdekke	Isdekke	
	K: Stryk 2		Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is	Isdannelse begynner i denne seksjonen
	K: Stryk 3						Alle vannflater har fryst til is
	K: Stryk 4						
	K: Stryk 5						
Sørelva og Skjoma	S: Stryk 1	Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is	
	S: Stryk 2						
	S: Stryk 3						
	S: Kulp 1						

I et mildt år vil et slipp av minstevannføring under 0,5 m³/s ikke ha noen effekt i Tverrelva, mens et slipp større enn 0,5 m³/s vil ha litt å si for første stryk, mens fra andre stryk er alle vannflater fryst. I Kobbelva vil det ved alle slippalternativene ikke være noen isdannelse i første stryk. Ved et slipp mellom 0,7 og 1 m³/s vil isdannelse begynne i andre stryk. Ved et slipp på 1,5 m³/s vil isdannelsen begynne i tredje stryk. Naturligvis vil det største alternativet til minstevannføring i et mildt år gi størst effekt. Men dynamisk isdannelse vil allerede inntreffe ca. 1,3 km nedstrøms slippsted fra Kobbvatn, noe som er 20 % av elvestrengens totale lengde. Et slipp av minstevannføring under 1,5 m³/s vil heller ikke her ha noen effekt på Sørrelva, da dette allerede vil være fryst i Kobbelva og Tverrelva.

Tabell 10 - Oppsummering av isdannelse i Tverrelva, Kobbelva og Sørrelva i et mildt år.

Seksjon		Mildt år						
		mvf = 0,2 m ³ /s	mvf = 0,5 m ³ /s	mvf = 0,7 m ³ /s	mvf = 1 m ³ /s	mvf = 1,5 m ³ /s		
Tverrelva	T: Kulp 1	Isdekke	Isdekke	Isdekke	Isdekke	Isdekke		
	T: Stryk 1	Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is	Ingen isdannelse	Ingen isdannelse	Ingen isdannelse		
	T: Kulp 2			Isdekke	Isdekke	Isdekke		
	T: Stryk 2			Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is
	T: Stryk 3							
	T: Kulp 3							
	T: Stryk 4							
T: Stryk 5								
Kobbelva	K: Kulp 1	Isdekke	Isdekke	Isdekke	Isdekke	Isdekke		
	K: Stryk 1	Ingen isdannelse	Ingen isdannelse	Ingen isdannelse	Ingen isdannelse	Ingen isdannelse		
	K: Kulp 2	Isdekke	Isdekke	Isdekke	Isdekke	Isdekke		
	K: Stryk 2	Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is	Isdannelse begynner i denne seksjonen	Isdannelse begynner i denne seksjonen	Ingen isdannelse		
	K: Stryk 3			Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is	Isdannelse begynner i denne seksjonen		
	K: Stryk 4							
	K: Stryk 5						Alle vannflater har fryst til is	
Sørrelva og Skjoma	S: Stryk 1			Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is	Alle vannflater har fryst til is
	S: Stryk 2							
	S: Stryk 3							
	S: Kulp 1							

Beregningene viser at et slipp av minstevannføring ikke vil ha noen effekt i verken et kaldt, normalt eller mildt år i Sørrelva og Skjoma, da vannet allerede vil være fryst i Tverrelva og Kobbelva. Ved å øke slippet av minstevannføring fra 0,2 m³/s til 1,5 m³/s gir beregningene små endringer i hvor langt slippet vil renne før isdannelse begynner. I et mildt år vil vannføringen nå frysetemperatur etter ca. 1,3 km i Kobbelva, og etter 0,5 km i Tverrelva. I Kobbelva er dette nesten 5 km oppstrøms starten av Sørrelva, og i Tverrelva i overkant av 2 km. Startpunkt for Sørrelva er definert i denne rapporten der samløpet til Kobbelva og Tverrelva er.

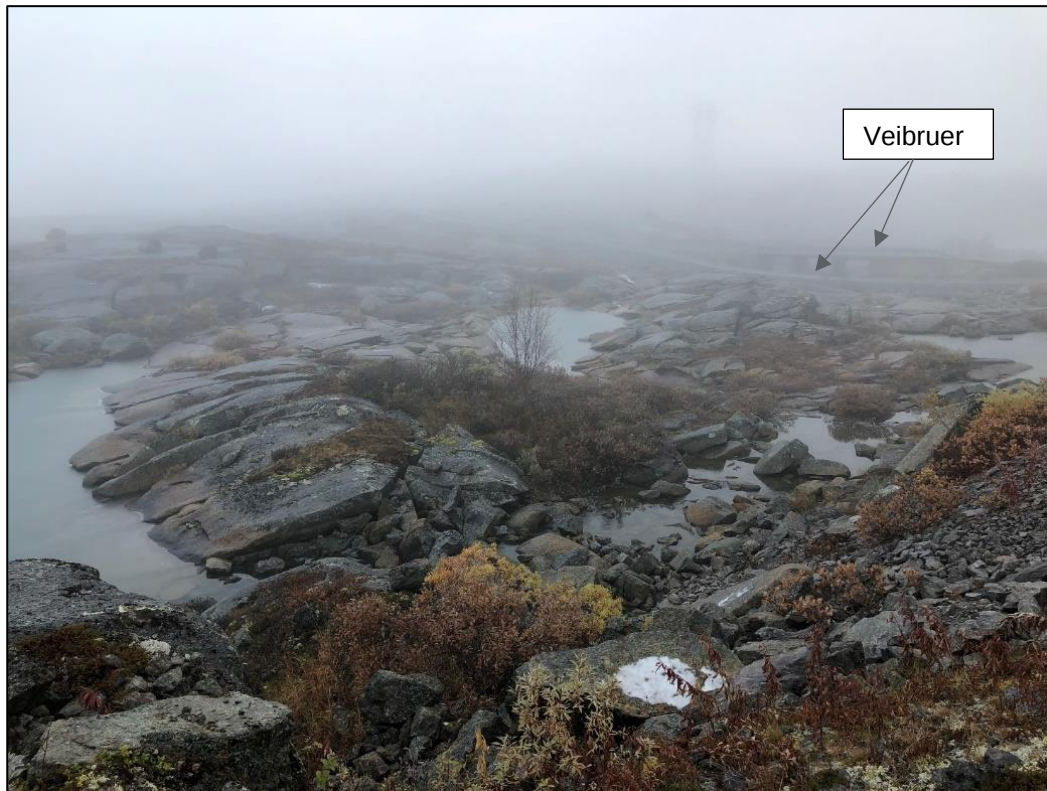
Til tross for at de ulike slippene av minstevannføring er beregnet til å være fullstendig tilfrosset i et punkt i elvene, er det samtidig beregnet at det vil være noe stillestående, tilgjengelig vann i noen av kulpene. Dette gjaldt andre kulp i Tverrelva, den andre kulpen i Kobbelva og kulp i Skjoma. Det er opplyst fra lokale at det kan forekomme noe fisk i elva. Det ble også observert fisk under befaringen ved bro som ligger ved kote 100.

Beregningsresultater for vannhastigheter og vurdering av sarrproduksjon:

Vannhastighetene som er beregnet i Tverrelva og Kobbelva ligger i hovedsak over 0,6 m/s i de øverste strykene hvor man kan forvente at det er åpent vann ved et eventuelt slipp av minstevannføring fra Iptovatn og Kobbvatn.

Fra teorien beskrevet i Kapittel 2.1.2 er det kjent at når vannhastigheten er under 0,4 m/s så vil sarr som eventuelt dannes flyte opp til overflaten og feste seg på langsgående kanter, altså vokse utover mot midten av elva. Opp til vannhastigheter som er ca. 0,6 m/s vil isen også vokse oppover i elva, i motstrøms retning. Når vannhastighetene er over ca. 0,6 m/s vil sarren blandes med hele elvas tverrsnitt. I disse tilfellene kan noe av sarret feste seg på bunnen som bunnis. Bunnis kan vokse til isøyer og isdammer slik at de stenger hele elveleiet, så lenge de mottar underkjølt vann og sarr. Noe sarr vil også kunne passere hele strykpartiet og enten avsettes i elveparti nedstrøms med lavere vannhastigheter mot en isfront, eller akkumuleres under isen.

Basert på vannhastighetene som er beregnet i stryk i Tverrelva, og i strykene i Kobbelva er det ventet at man vil få dannelse av bunnis og mulig oppbygging av isdammer. Beregningene viser at det er på det øverste stryket i Tverrelva, og i de tre øverste strykene av Kobbelva at det er størst sannsynlighet for at dette skal kunne skje. Det er lite infrastruktur på strekningene der det er mest sannsynlig med dannelse av bunnis. To veibruer krysser imidlertid Tverrelva på det øverste strykpartiet (Figur 23). Det er mulig at disse bruene ligger såpass høyt at de ikke vil bli påvirket av eventuell isdannelse gjennom brua. Det er kun høydekurver med 20 m ekvidistanse i området, og med det grunnlaget er det vanskelig å si sikkert om bruene er utsatte eller ikke.



Figur 23 - Bilde fra Tverrelva, første strykperti. Veibruer skimtes i bakgrunnen.

Sensitivitetsvurdering beregninger:

Det er gjort en vurdering av sensitivitet i beregningene av isdannelse i vassdraget. Det er kontrollert hvor sensitive beregningene er for endringer i parameterne:

- Initialtemperatur i Iptovattn og Kobbvatn
- Bredde elv

Initialtemperaturen i Iptovattn og Kobbvatn er ved vurdering av sensitivitet satt lik 1,0 °C. Dette er ca. 0,15 °C høyere enn det som var registrert som 75-percentilen fra Røssvatn. Det er vurdert som lite sannsynlig at vanntemperaturen kan være noe høyere enn 1,0 °C i Iptovattn og Kobbvatn vinterstid. Beregningene viser at slipp av minstevannføring fra Iptovann, fremfor slipp av minstevannføring fra Kobbvatn, vil gi størst mulig økning i vannføring i Sørelva. Etterfølgende resultater gjelder derfor for slipp av minstevannføring fra Iptovann. Med vanntemperatur på 1,0 °C i Iptovattn, vil et slipp av minstevannføring gi følgende resultater i Sørelva:

Minstevannføring	0,5 m ³ /s	0,7 m ³ /s	1,0 m ³ /s	1,5 m ³ /s
Mildt år	Isdannelse i stryk 2	Isdannelse i stryk 2	Isdannelse i stryk 3	Isdannelse i kulp 1
Normalt år	Fryst oppstrøms Sørelva	Fryst oppstrøms Sørelva	Isdannelse i stryk 2	Isdannelse i stryk 2
Kaldt år	Fryst oppstrøms Sørelva	Fryst oppstrøms Sørelva	Fryst oppstrøms Sørelva	Fryst oppstrøms Sørelva

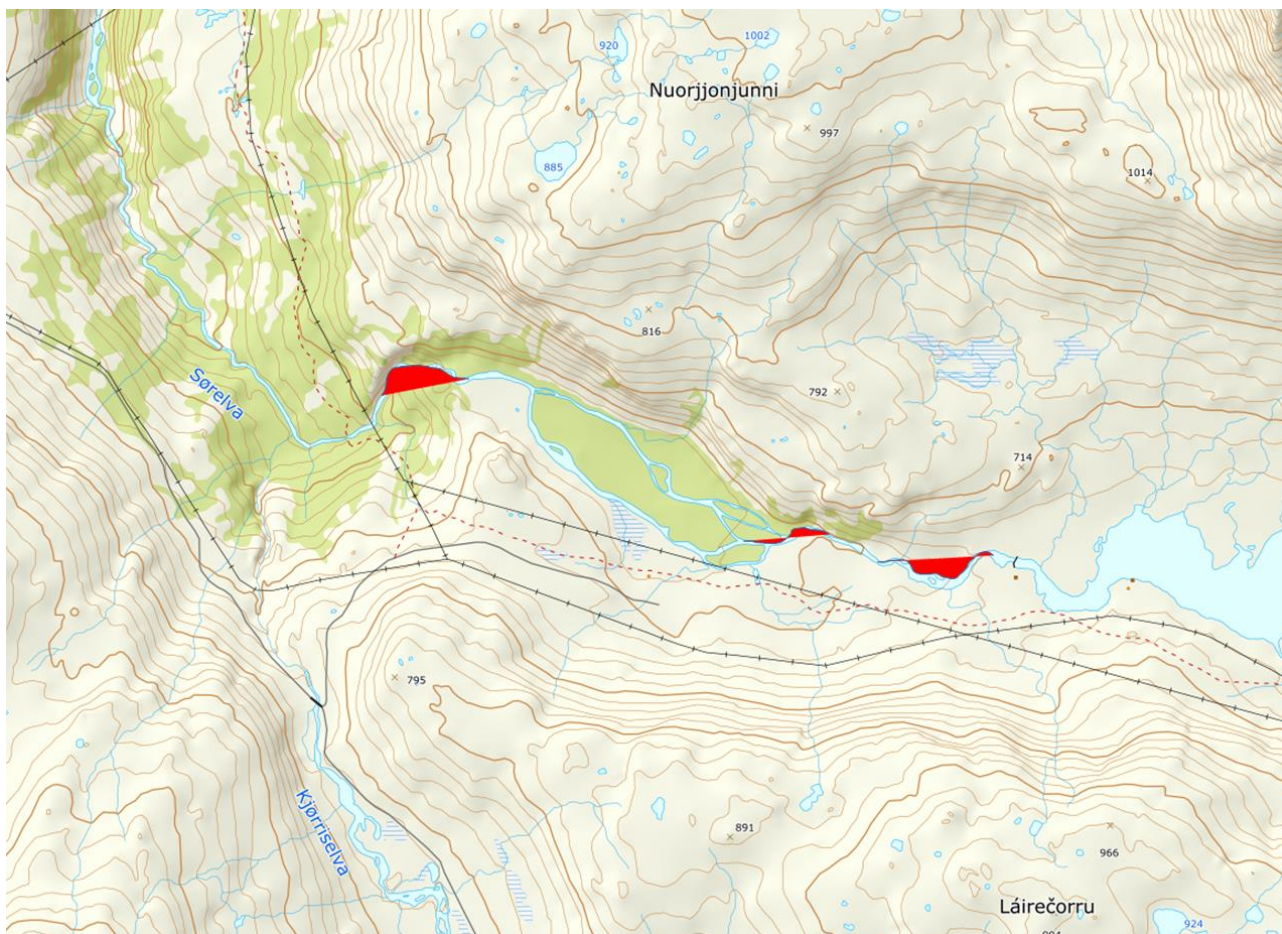
Beregningene av sensitivitet for vanntemperaturen viser at i et mildt år kan et eventuelt slipp av minstevannføring faktisk gi et bidrag på anadrom strekning i Sørelva dersom det slippes tilstrekkelig vann. I et normalt eller kaldt år vil derimot et slipp av minstevannføring ha liten betydning i Sørelva. Minstevannføringen vil kun ha effekt i øverste stryk i et normalt år ved slipp av 1,0-1,5 m³/s fra Iptovann . Øverste stryk i Sørelva er antageligvis oppstrøms anadrom strekning.

For kontroll av sensitivitet for endring av bredde til elva, så er elvebredden som er benyttet i beregningene halvert. Halvering av bredden vil medføre at vannet fra Iptovatn og Kobbvatn vil renne lenger før det når 0 °C. Det er likevel kun i et mildt år, og med slipp av 1,5 m³/s fra Iptovatn, som vil gi økt vannføring i Sørelva. Da er det imidlertid beregnet at vanntemperaturen når 0 °C i løpet av det første strykpartiet i Sørelva. Minstevannføringen vil dermed sannsynligvis ha liten effekt på anadrom strekning i Sørelva.

Sammenligning av beregningsresultater mot erfaringer fra vassdraget:

Jørgen Sivertsen, som er vedlikeholdsleder i Statkraft, informerer om at kulpene fra Iptovatn og Kobbvatn ned mot Gamnes som regel er islagt fra september/oktober til mai/juni. Strykene er stort sett fullstendig gjenfryst.

Det er ikke tidligere sluppet minstevannføring fra Kobbvatn eller Iptovatn, men vinteren 2014 oppstod det en lekkasje i inntaket ved Kobbvatn. Lekkasjen ble tettet sensommeren 2015. Lekkasjen ble av Statkraft estimert til å ha vært ca. 0,04-0,06 m³/s. Grunnet lekkasjen oppstod det en del issvuller i elveleiet til Kobbelva. Statkraft har skissert områdene hvor det var synlig isdannelse i denne perioden i Figur 24.



Figur 24 - Områder som ble utsatt for issvuller i forbindelse med lekkasje. Skissert opp av Statkraft.

Beregningene har vist at det vil være størst sannsynlighet for isdannelse i de tre første strykene i Kobbelva. Dette samsvarer med erfaringene Statkraft gjorde seg under lekkasjen. Oppskisserte områder hvor det oppstod issvuller i forbindelse med lekkasjen er i stryk 1, nedre del av stryk 2 og i slutten av stryk 3.

Om noe av lekkasjevannet nådde helt ned til Gamnes, var avhengig av at det ble dannet et islag med et isolerende lag med snø over, som vannet kunne renne under. Dersom det ikke skulle kunne dannes issvuller, var en avhengig av at vannføringen fikk plass under isdekket. Det vil si at vannføringen gjennom vinteren måtte være mindre enn vannføringen da islaget ble dannet. Dersom det oppstod endringer av vannføring gjennom vinteren, ville det dannes issvuller nedover vassdraget, slik som observasjonene Statkraft gjorde seg tilsvarte.

7 Konklusjon

I denne rapporten har det blitt undersøkt hvilke konsekvenser ulike slipp av minstevannføringer vil ha for Tverrelva, Kobbelva, Sørrelva og Skjoma. Minstevannføringen har vært variert mellom 0,2 m³/s, 0,5 m³/s, 0,7 m³/s, 1 m³/s og 1,5 m³/s. Strykene har vært av hovedinteresse da det er de som får størst effekt av en minstevannføring. Det har vært variert mellom et kaldt, normalt og mildt år i den dynamiske beregningen av isdannelse i strykene. Den statiske beregningen av isdannelsen i kulpene har gitt en istykkelse basert på temperaturdata fra et normalår justert for hvert elvestrekk, og denne istykkelsen har blitt sammenlignet med tilgjengelig vann i hver kulp. Resultatene har blitt sett i sammenheng med skjønnsmessige vurderinger.

Beregningene har vist at et slipp av minstevannføring inntil 1,5 m³/s ikke vil ha noen effekt i verken et kaldt, normalt eller mildt år på anadrom strekning for laksefisk i Sørrelva og Skjoma. Dette som følge av at vannet vil fryse i oppstrøms seksjoner i Kobbelva og Tverrelva. Ved å øke slippet av minstevannføring, økte avstanden ned til frysepunktet. Den lengste avstanden ned til frysepunktet ble beregnet for et mildt år med et slipp på 1,5 m³/s. I dette tilfellet vil vannføringen nå frysetemperatur etter ca. 1,3 km i Kobbelva, og etter 0,5 km i Tverrelva. I Kobbelva er dette nesten 5 km oppstrøms starten av Sørrelva, og i Tverrelva i overkant av 2 km. Startpunkt for Sørrelva er definert i denne rapporten der samløpet til Kobbelva og Tverrelva er, og går over til Skjoma der Sørrelva møter Nordelva.

Selv om de ulike slippene av en minstevannføring er beregnet til å være fryst i et punkt i elvene, er det samtidig beregnet at det vil være noe stillestående, tilgjengelig vann i noen av kulpene. Dette gjaldt den andre kulpen i Tverrelva, den andre kulpen i Kobbelva og kulp i Skjoma. Det er opplyst fra lokale om at det kan forekomme noe fisk i elva.

Vannhastighetene som er beregnet i Tverrelva og Kobbelva ligger i hovedsak over 0,6 m/s i de øverste strykene hvor man kan forvente at det er åpent vann ved et eventuelt slipp av minstevannføring fra Iptovatn og Kobbvatn. Når dette er tilfellet, vil sann kunne blandes i hele elvas tverrsnitt og avsettes som bunnis som kan vokse til isøyer eller -dammer. Noe sann kan passere hele strykpartiet, og avsettes mot en isfront i nedstrøms kulp, eventuelt akkumuleres under isen. Med bakgrunn i dette vil det være fare for at et slipp av minstevannføring på inntil 1,5 m³/s fra Kobbvatn og Iptovatn kan gi utfordringer knyttet til dannelse av isdammer og flomfare nedover vassdraget.

8 Feilkilder

8.1 Formelverk

Per i dag er det generelt lite formelverk på isdannelse i elver. Formelverket som er benyttet i denne rapporten på beregning av isdannelse gir et relativt grovt anslag. Den statiske isberegningen baseres på antall frostdøgn og en korreksjonsfaktor og den tar ikke hensyn til andre faktorer som vanntemperatur eller fasong på kulpen. Den dynamiske beregningen anslår hvor vanntemperaturen når 0 °C basert på vann- og lufttemperatur, spesifikk varme, varmeoverføringskoeffisient, hastighet og dybde på strømmingen. Alle disse variablene er antatt med en fare for usikkerhet.

8.2 Inndeling av seksjoner

Det er fare for at inndelingen av seksjoner for beregning av dynamisk eller statisk isdannelse ikke er korrekt. I noen seksjoner var det vanskelig å si om strekningen var en ren kulp, stryk eller en blanding av disse to. Dersom seksjonen var en blanding mellom stryk og kulp, ble seksjonen definert til den type seksjon man så mest av. Det var også strekninger i elva som ikke ble befart da disse strekningene ble vurdert som for bratte og utilgjengelige. Her ble inndelingen av seksjoner basert på kartmaterieell.

8.3 Dimensjonene i Tverrelva, Kobbelva, Sørrelva og Skjoma

Bredde, dybde, høyde og lengde av de ulike seksjonene er hovedsakelig basert på øyemål fra befaringen, samt oppmåling på kart/flyfoto. Det var stedvis mulig å måle dybder i strykpartiene, mens de dypeste kulpene måtte man hatt båt for å kunne måle opp.

8.4 Vanntemperatur

Det finnes ingen målinger av vanntemperaturen i Iptovatn og Kobbvatn. Basert på en måleserie for vanntemperatur fra Røssvatn, virker det imidlertid klart at vanntemperaturen ved Iptovatn og Kobbvatn sannsynligvis er kun noen tidels grader vinterstid. I og med at det ikke eksisterer noen målinger, er det klart at det er noe usikkerhet knyttet til vanntemperaturen. Det er ventet at vanntemperaturen varierer lite vinterstid i Iptovatn og Kobbvatn fra år til år, slik at det er valgt å ikke skille på vanntemperaturen i et kaldt, normalt og mildt år.

8.5 Lufttemperatur

Lufttemperaturen er anslått basert på en måleserie ved vassdraget, men denne målestasjonen ligger vesentlig lavere enn deler av beregningsstrekningen. For å kompensere for endring av temperatur i høyden, er tørr adiabatisk temperaturkonstant benyttet. I praksis vil endringen i temperatur med høyden kunne variere. Det er videre benyttet persentiler fra måleserien i perioden desember-april. April er en vesentlig varmere måned enn desember-mars, slik at dersom april hadde vært utelatt ville beregningene som er utført vist at vann som slippes fra Iptovatn og Kobbvatn fryser en del høyere i vassdraget, enn det beregningene nå viser.

8.6 Lokalt tilsig (vannføring)

Det er noe usikkerhet knyttet til det lokale tilsiget nedstrøms Iptovatn og Kobbvatn. Lokaltilsiget nedstrøms Iptovatn og Kobbvatn er estimert ut fra måleserien ved Gamnes etter regulering. I vintermånedene er det lite sannsynlig at det har forekommet flomtap ved de regulerte feltene, men det kan ikke utelukkes helt. Et eventuelt flomtap vil bety at det har vært større feltareal som har bidratt til vannføringen ved Gamnes enn det

som er lagt til grunn. Det er imidlertid lite sannsynlig at omfanget av flomtap har vært så stort at det påvirker den medianvannføringen som Norconsult har benyttet.

8.7 Beregning av vannstand i elva

Vannstanden i elva er beregnet ut fra bruk av Mannings formel. Tverrsnittene som er lagt til grunn for Mannings formel er tilnærmet, og avviker fra tverrsnittene i realiteten. Det er også i mange tilfeller vanskelig å estimere hva som er reell strømningsbredde i elveløpet. Dette gjelder spesielt i øvre del av vassdraget der det i mange tilfeller er slik at vannet renner mellom større steiner midt i elveløpet. Den grove tilnærmingen i tverrsnitt, samt usikkerheten knyttet til faktisk strømningsbredde, gjør at det er en vesentlig usikkerhet i beregnede vannstander, som kun er å anse som grove anslag.

9 Referanser

Asvall, R. P. (2010). *Hvordan is i vassdrag dannes*. Oslo: NVE.

Beltaos, S. (1995). *River Ice Jams*. Colorado USA: ISBN: 0-918334-87-X.

E. Burt, J. A. (1999). *Understandig weather and climate*.

Kanavin, E. V. (1970). *Islegging av sjøer og elver - kort sammendrag av resultater fra undersøkelser*. Oslo: Norges Vassdrags- og elektrisitetsvesen.

NVE. (u.d.). *NVE Atlas*.

Stickler, M., & Alfredsen, K. T. (2009). *Anchor ice formation in streams: a field study*. Trondheim: Department of Hydraulic and Environmental Engineering, University of Science and Technology.

U.S. Research and Development Center. (2001). *Method to Estimate River Ice Thickness Based on Meteorological Data*. Hanover, New Hampshire: US Army Corps of Engineers.

Vedlegg

Vedlegg 1: Befaringsnotat

Vedlegg 2: Kart med oversikt over seksjonene

Vedlegg 3: Bilder fra de ulike seksjonene med kommentarer

Vedlegg 4: Inputdata for hver seksjon

VEDLEGG 1: BEFARINGSNOTAT

Oppdragsgiver: Statkraft AS ved Sjur Gammelsrud

Tilstede under befaring: Henrik Opaker og Sigrid Jacobsen Lofthus

BEFARING DAG 1

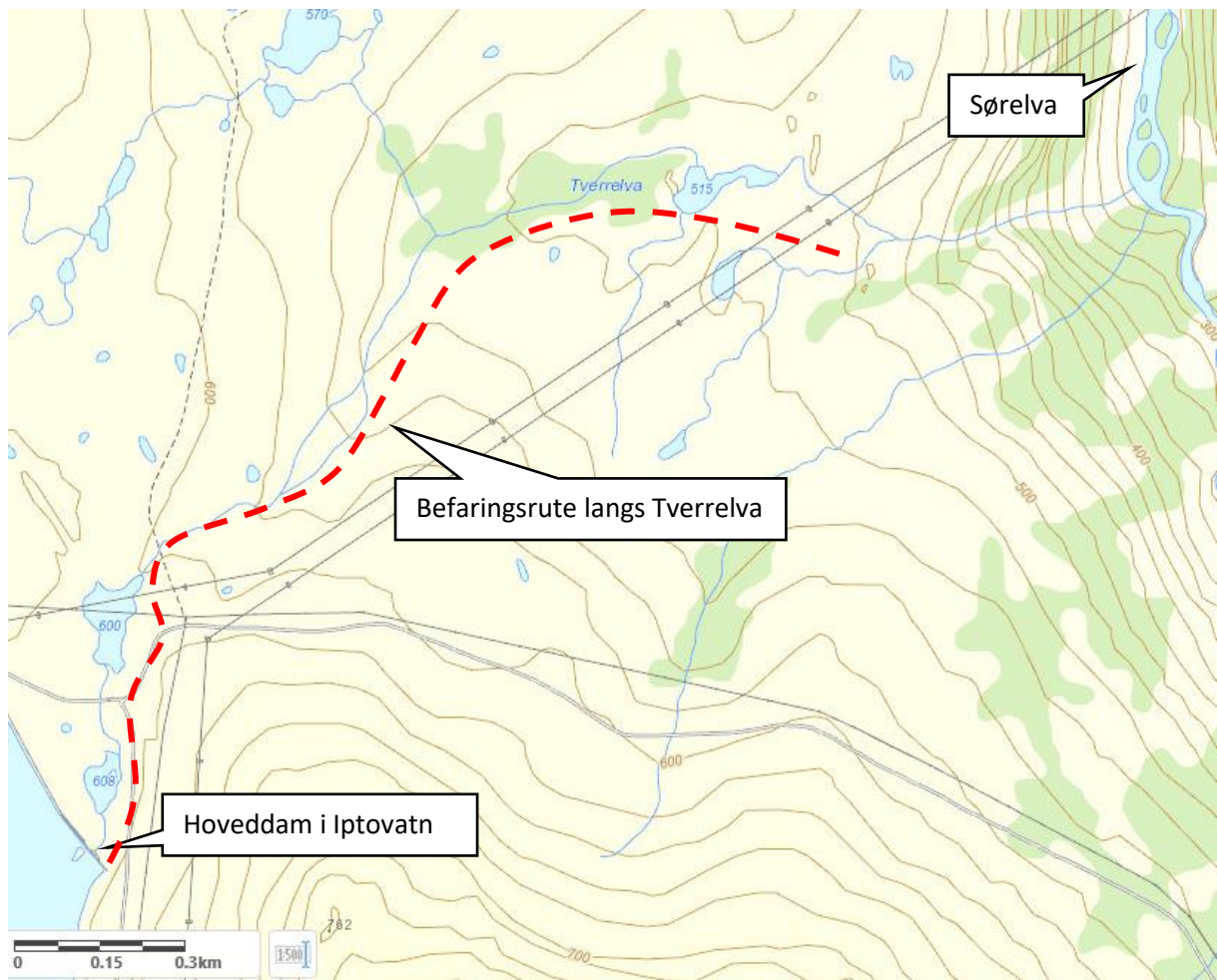
Hvor: Tverrelva, Sørrelva og Skjoma ned til VM 173.22 Gamnes

Tidspunkt: Mandag 7.oktober 2019

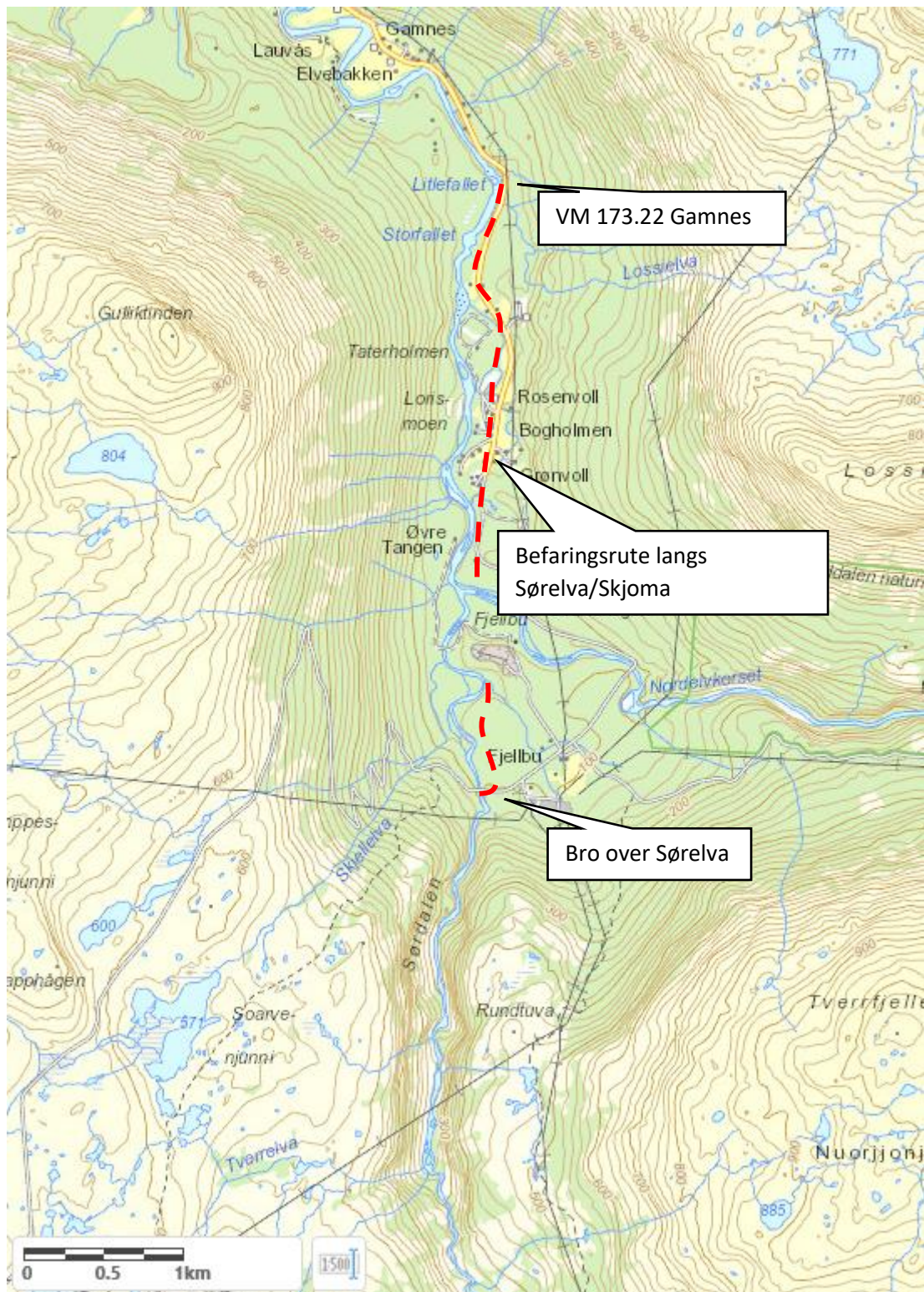
Vær og temperatur: Tåke, regn/sludd, 3 grader

Notater

Strekningen fra hoveddam i Iptovatnet og ned til ca. kote 510, Tverrelva, ble befart første del av dagen. Deretter ble Sørrelva og Skjoma i strekningen fra bru og ned til Gamnes befart.



Figur 1 - Strekingen som ble befart langs Tverrelva.



Figur 2 – Strekingen som ble befarert langs Sørrelva og Skjoma.

Befaringsområdet langs Tverrelva er preget av lite vegetasjon og glattskurt berg.

Like nedstrøms hoveddam i Iptovatn går elva i en kulp, deretter fortsetter den inn i et kort strykparti gjennom to veibruer, før den går over i en større kulp igjen. Begge disse kulpene var islagte, mens strykpartiet var åpent. Videre går elva i et relativt langt strykparti med forholdsvis slakt fall. Det ligger en større kulp på kote 515, og her var det tegn til noe påbegynt isdannelse. Herfra går elva over i et

brattere strykparti før samløp med Kobbelva. Det siste strykpartiet ca. kote 510 ble vurdert til å være for bratt og utilgjengelig for befarung.

Befaringsområdet langs Sørelva og Skjoma er preget av tett vegetasjon med blandingskog, og det er til dels høye løsmasseskråninger tett inntil elva. Elva er meandrerende.

Ved bru ved kote 100 går Sørelva i stryk. Her er det stor stein, med en gjennomsnittsdiameter på ca. 1 meter. Her kunne vi også se fisk. Videre nedstrøms blir elva slakkere og med avtagende steinstørrelse. Oppstrøms Storfallet og Litjefallet er det to større kulper.

BEFARING DAG 2

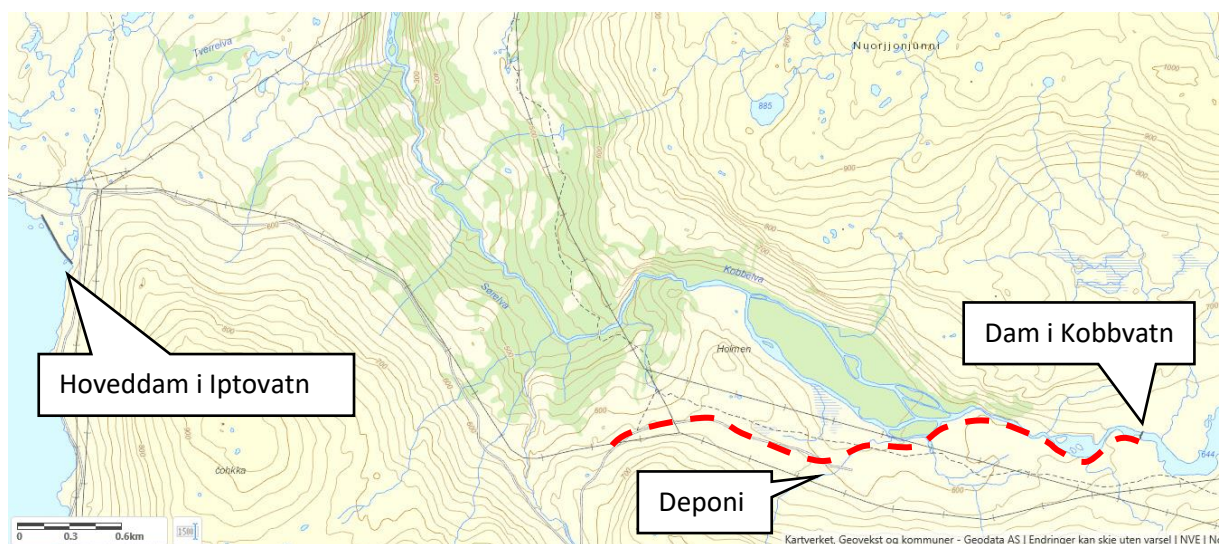
Hvor: Kobbelva

Tidspunkt: Tirsdag 8.oktober 2019

Vær og temperatur: Sol, 1 grad

Notater

Strekningen fra Kobbvatnet og ned til deponi ble befart. Strekningen fra deponi og ned til samløp med Tverrelva ble vurdert til å være for bratt og utilgjengelig for befarung.



Figur 3 – Strekningen som ble befart langs Kobbelva.

Befaringsområdet langs Kobbelva er preget av lite vegetasjon og glattskurt berg. På nordsiden av elva var det synlig ustabil fjell, da det var tydelig at det hadde gått flere ras ned mot elva. Kobbelva går stedvis ned i dype kløfter.

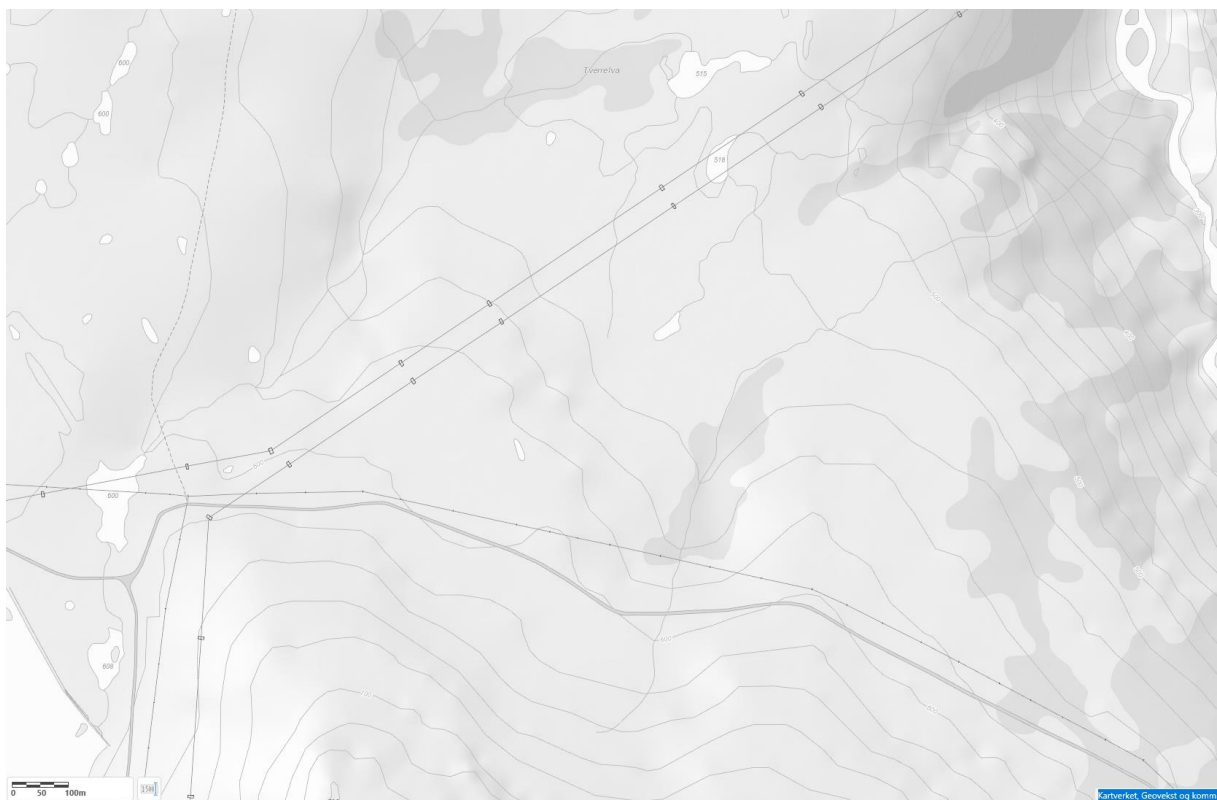
Like nedstrøms hoveddam i Kobbvatnet var det en mindre kulp hvor det ikke var noe tegn til påbegynt isdannelse. Videre nedstrøms er elva bratt i stryk med enkelte mindre kulper innimellom. Disse småkulpene var delvis tilfrosset. Elva er i denne strekningen preget av glattskurt berg, med større stein enkelte steder. Elva går deretter ut i en større flate hvor det er ei elvevifte. Her var flere gamle elveløp synlig, og elva var delvis fryst igjen. Nedstrøms vifta samler elva seg igjen i et juv.

VEDLEGG 2: INNDELING AV KULP OG STRYK

Tverrelva

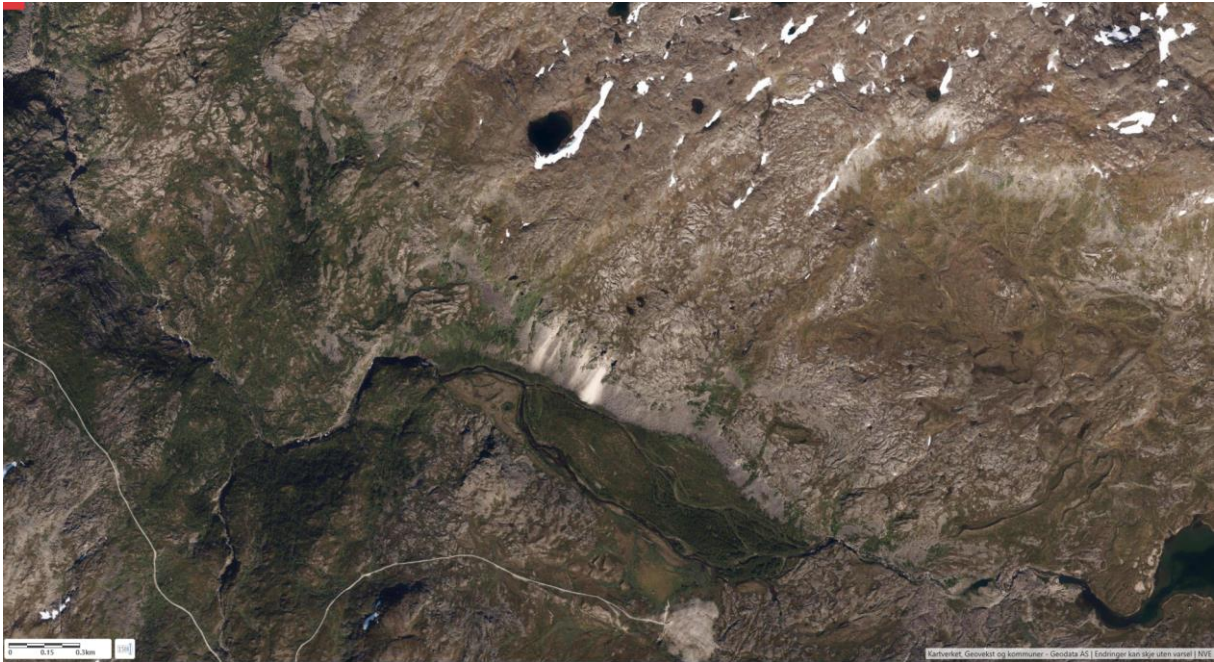


Figur 1 – Flyfoto: Inndeling av seksjoner i Tverrelva.



Figur 2 – Kart: Oversikt over Tverrelva.

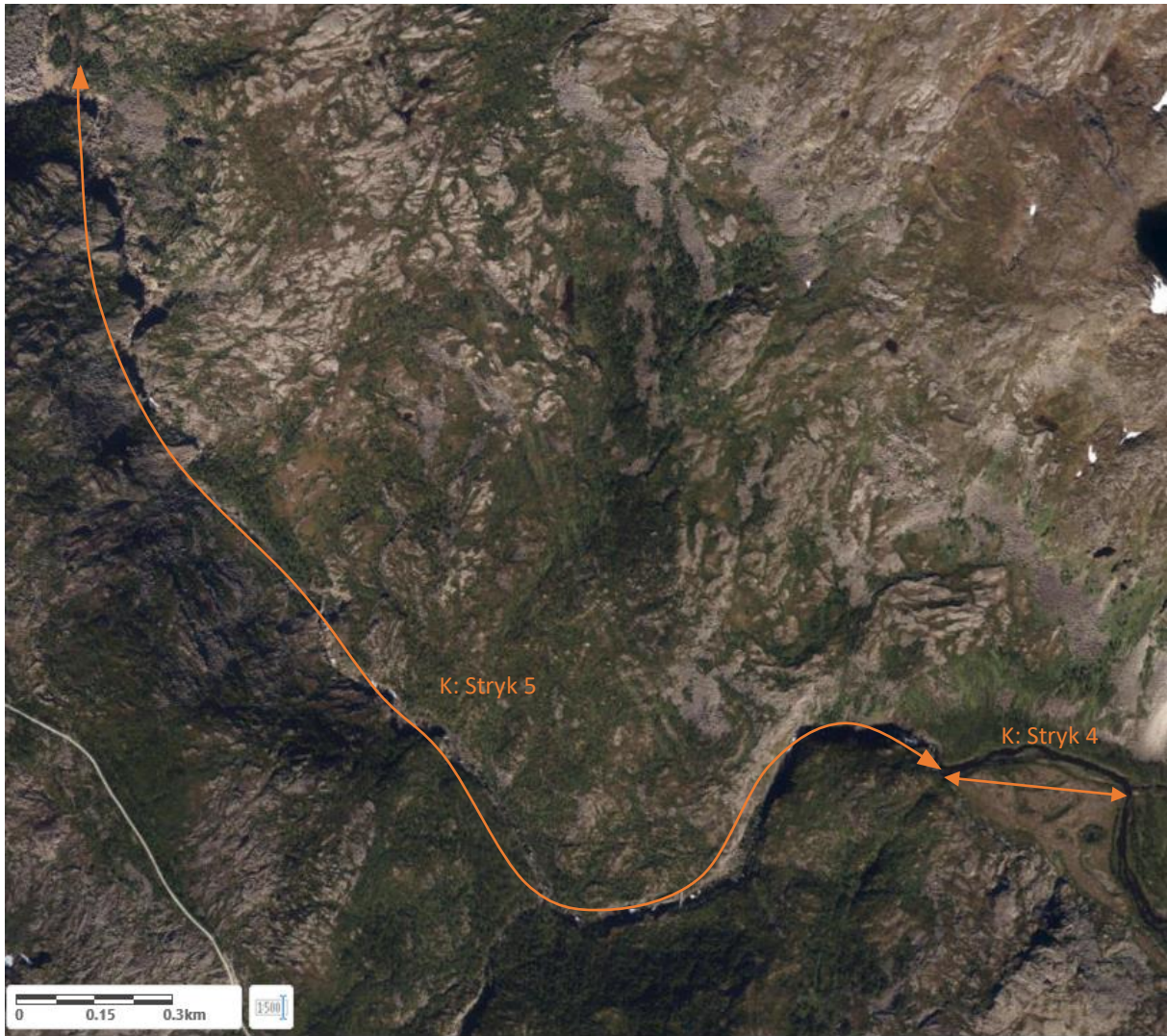
Kobbelva



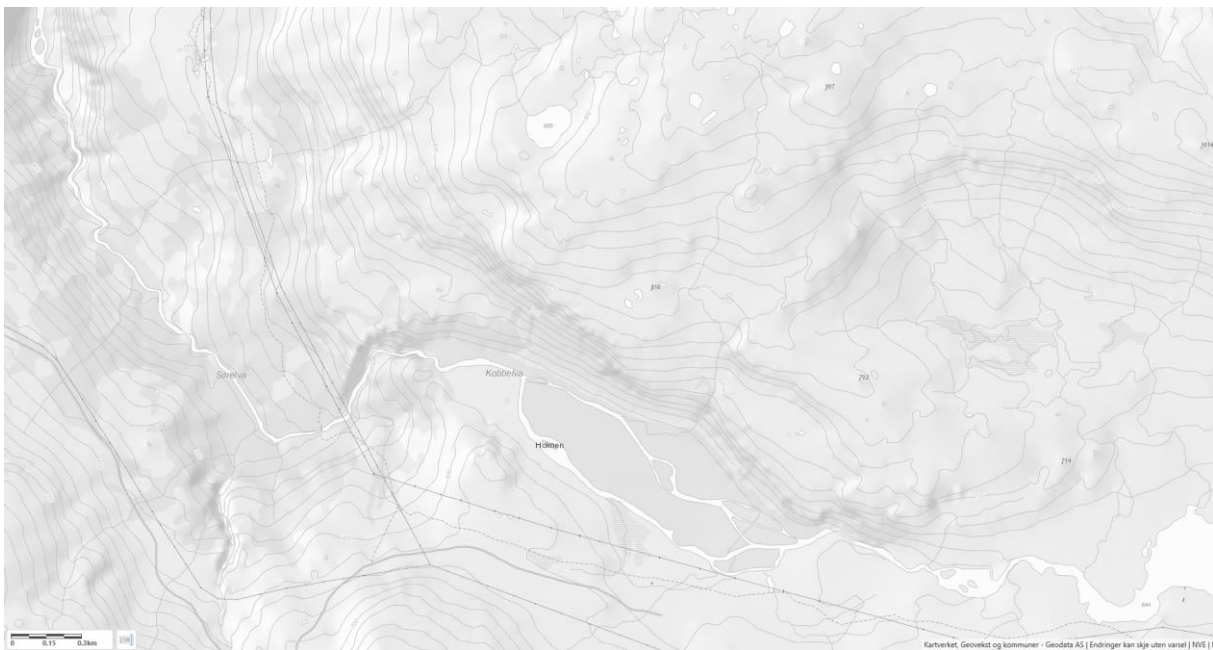
Figur 3 - Flyfoto: Oversikt over Kobbelva.



Figur 4 - Flyfoto: Inndeling av seksjoner i første del av Kobbelva.



Figur 5 - Flyfoto: Inndeling av seksjoner i siste del av Kobbelva.

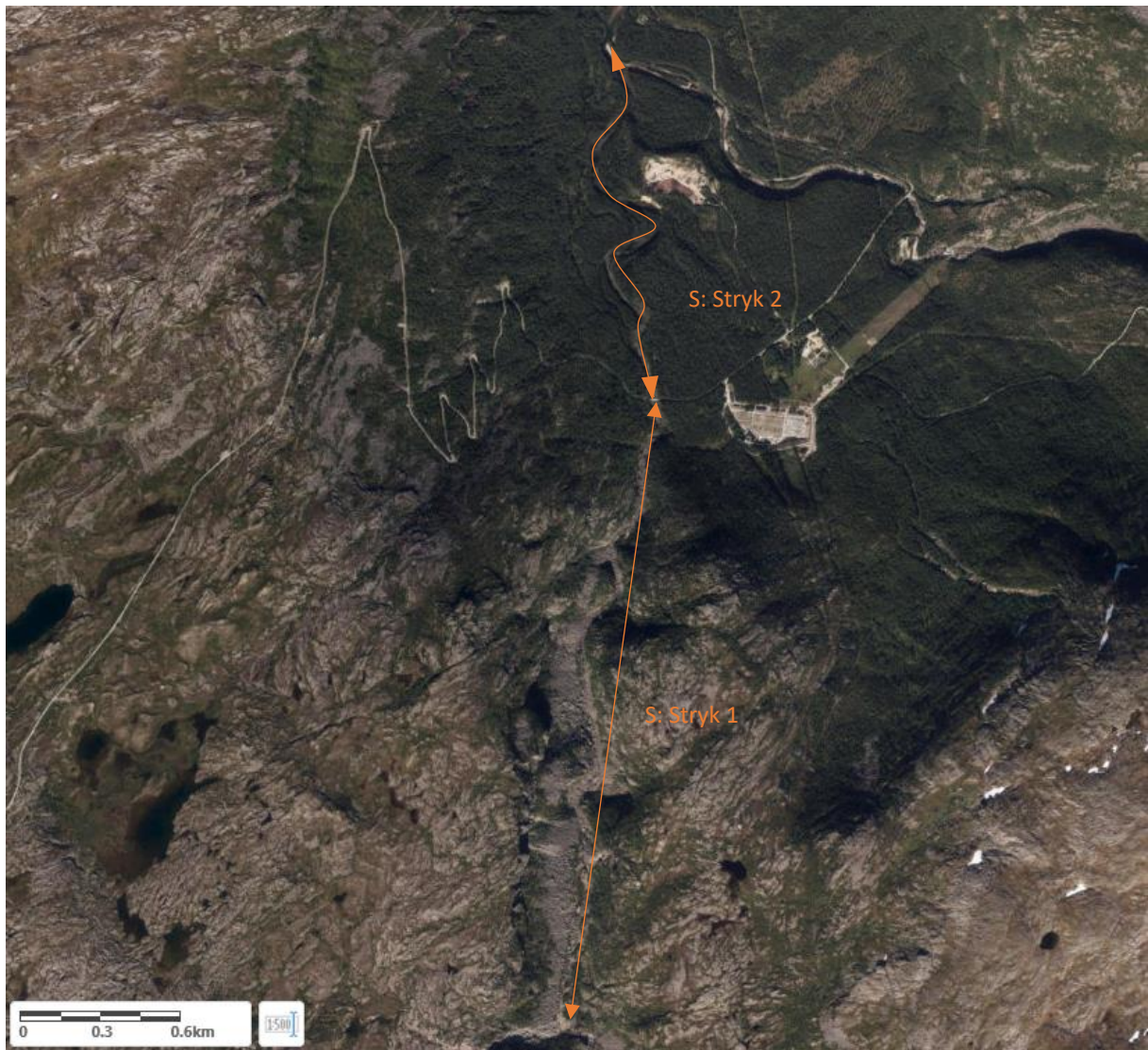


Figur 6 - Kart: Oversikt over Kobbelva.

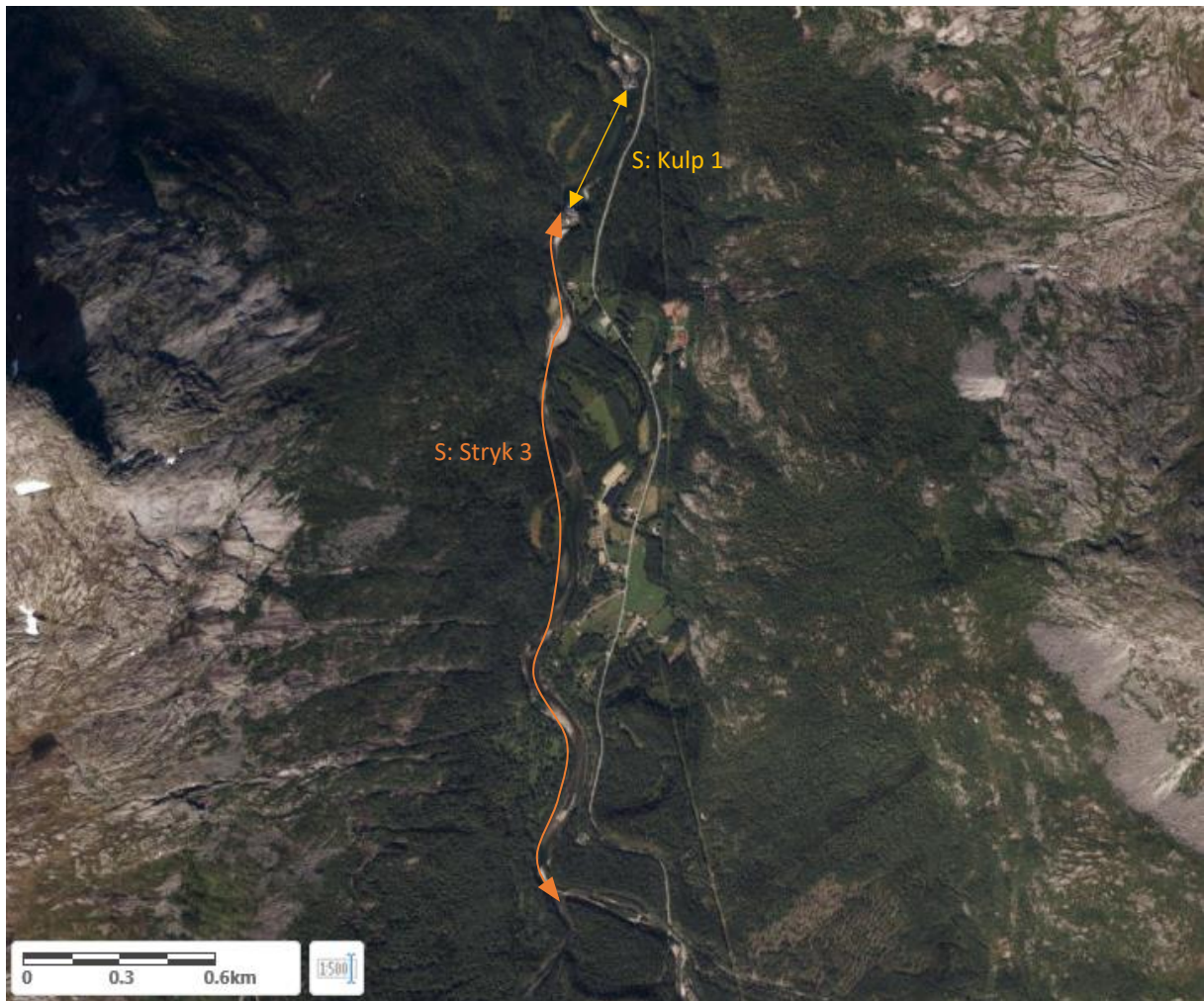
Sørelva og Skjoma



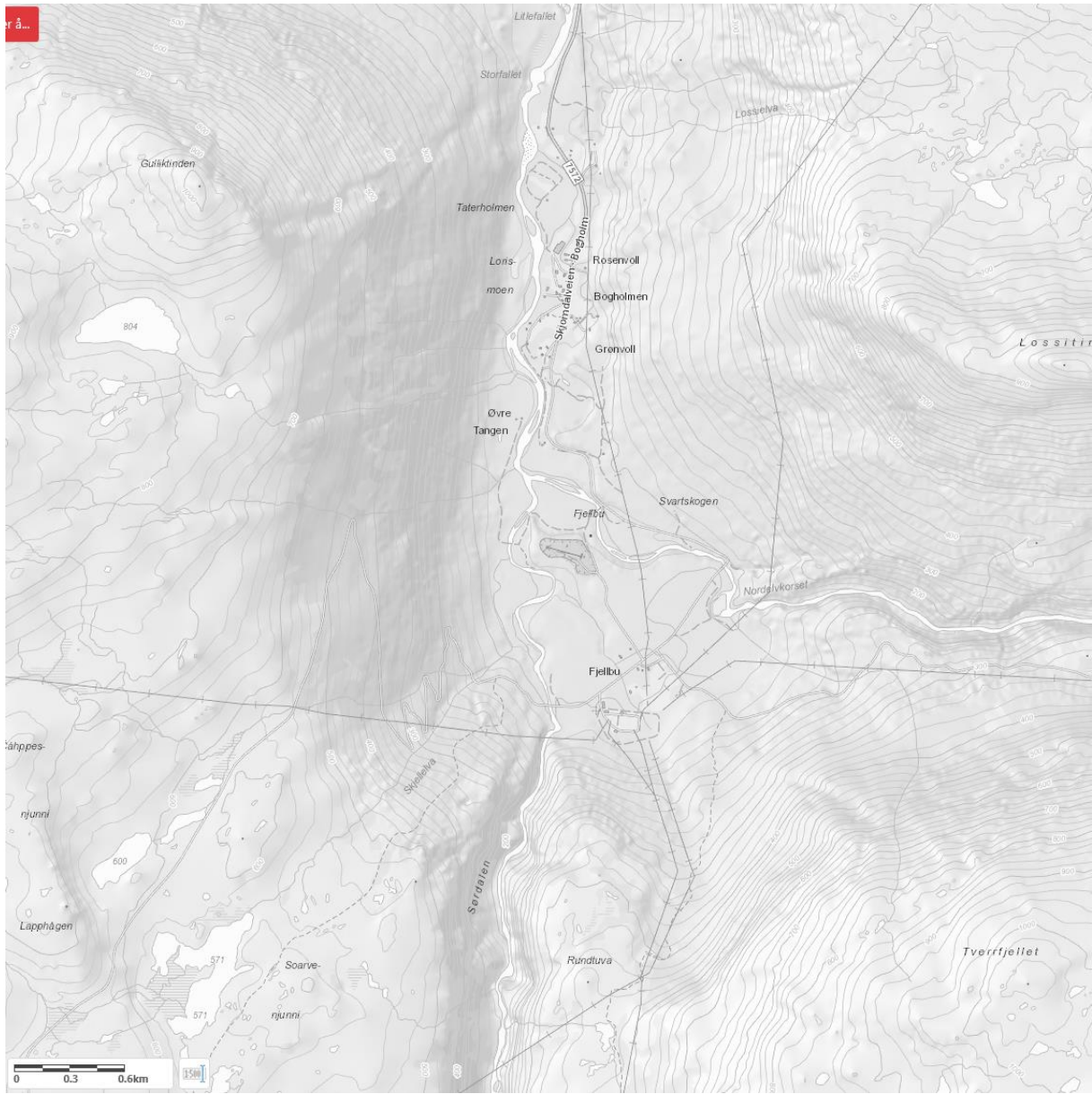
Figur 7 – Flyfoto: Oversikt over Sørelva og Skjoma.



Figur 8 - Flyfoto: Inndeling av seksjoner i første del av Sørelva og Skjoma.



Figur 9 - Flyfoto: Inndeling av seksjoner i siste del av Sørelva og Skjoma.



Figur 10 - Kart: Oversikt over Sørølva og Skjoma.

VEDLEGG 3 – Bilder fra befaring

BILDER - TVERRELVA



Figur 1 - Kulp 1. Synlig isdekke.



Figur 2 - Stryk 1, under veibruer.



Figur 3 - Kulp 2. Synlig isdekke.



Figur 4 - Stryk 2, lengre strekk. Dette er helt i starten av stryket.



Figur 5 - Kulp 3. Noe påbegynt isdannelse langs kant.



Figur 6 - Stryk 3. Elva går i stryk i et bratt parti ned mot samløpet med Kobbelva.

BILDER – SØRELVA OG SKJOMA



Figur 7 – Siste del av stryk 1. Stryk oppstrøms veibru. Stein med diameter rundt 1 meter og større. Synlig fisk.



Figur 8 – Første del av stryk 2. Stryk nedstrøms veibru.



Figur 9 – Langs stryk 2. Området er preget av tett vegetasjon med blandingskog.



Figur 10 – Stryk 2 fortsetter. Avtagende steinstørrelse videre nedover stryket.



Figur 11 – Stryk 2 fortsetter. Avtagende steinstørrelse, mer fine løsmasser i elva.



Figur 12 – Stryk 2 fortsetter. Stryk med slak helning.



Figur 13 – Siste del av stryk 2. Området er preget av høye løsmasseskråninger og aktiv erosjon. Bildet er fra området like før samløp med sideelv fra nord.



Figur 14 – Stryk 3. Strykparti fortsetter.



Figur 15 – Stryk 3 fortsetter. Oppmåling av dybder i stryk.



Figur 16 – Stryk 3 fortsetter.



Figur 17 – Stryk 3 fortsetter.



Figur 18 - Oppmåling av vanddybde oppstrøms Storfallet.



Figur 19 – Storfallet



Figur 20 – Kulp 1 nedstrøms Storfallet.



Figur 21 - Bildet tatt fra Litjefallet. Storfallet synlig bakerst i bildet.



BILDER – KOBBELVA



Figur 22 - Like ved hoveddam i Kobbvatn.



Figur 23 - Oppstrøms hoveddam.



Figur 24 - Kulp 1 like nedstrøms Kobbvatn, ingen påbegynt isdannelse.



Figur 25 - Topp stryk 1 nedstrøms Kobbvatn.



Figur 26 - Stryk 1 fortsetter. Dette er like før elva går ned i et brattere parti.



Figur 27 - Noen småkulper innimellom strykpartiet.



Figur 28 - Stryk 1 fortsetter. Glattskurt berg, noen større steiner og mindre kulper innimellom.



Figur 29 - Synlig ustabilt berg på nordside (høyre) av elva.



Figur 30 - Stryk 1 fortsetter.



Figur 31 - Kulp 2.



Figur 32 - Stryk 2.



Figur 33 – Stryk 2 fortsetter. Oppstrøms elvevifte.



Figur 34 – Stryk 3. Langs søndre løp i elvevifta. Strykparti med noe påbegynt isdannelse.



Figur 35 – Stryk 3 fortsetter. Strykparti i elvevifte fortsetter.

VEDLEGG 4 - Inputdata for hver seksjon

Seksjoner		Summert lengde	Lengde [m]	Kote start seksjon	Kote slutt seksjon	Høydeforskjell [m]	Helning	Bredde Stryk:bunn Kulp:topp ved ingen slipp av minstevann-føring [m]	Vannføring uten mvf [m ³ /s]	Dybde ved ingen slipp av minstevann-føring (korrigert)
Tverrelva	T: Kulp 1	148	148	608	607	1	0,01	40	0,000	1,000
	T: Stryk 1	303	155	607	600	7	0,05	0,3	0,000	0,006
	T: Kulp 2	501	198	600	599	1	0,01	50	0,000	5,000
	T: Stryk 2	1131	630	599	540	59	0,09	2	0,000	0,001
	T: Stryk 3	1839	708	540	515	25	0,04	2	0,002	0,001
	T: Kulp 3	2009	170	515	514	1	0,01	30	0,002	0,500
	T: Stryk 4	2194	185	514	480	34	0,18	2	0,002	0,002
	T: Stryk 5	2694	500	480	260	220	0,44	2	0,007	0,006
Kobbelva	K: Kulp 1	130	130	644	640	4	0,03	10	0,000	0,500
	K: Stryk 1	290	160	640	620	20	0,13	1,5	0,000	0,002
	K: Kulp 2:	470	180	620	619	1	0,01	25	0,000	3,000
	K: Stryk 2	1120	650	619	590	29	0,04	10	0,000	0,001
	K: Stryk 3	2900	1780	590	580	10	0,01	10	0,000	0,001
	K: Stryk 4	3280	380	580	560	20	0,05	10	0,000	0,001
		K: Stryk 5	6260	2980	560	260	300	0,10	10	0,032
Sørelva og Skjoma	S: Stryk 1	2500	2500	260	100	160	0,06	7	0,054	0,018
	S: Stryk 2	4200	1700	100	65	35	0,02	10	0,054	0,020
	S: Stryk 3	6540	2340	65	40	25	0,01	13	0,221	0,050
	S: Kulp 4	6980	440	40	39	1	0,00	45	0,221	3,000