

FLOMBEREGNING FOR VASSENDEN KRAFTVERK

OPPDRAAG Vassenden kraftverk, prosjektering	OPPDRAAGSLEDER Arild Høydal	DATO 25.06.2015
OPPDRAAGSNUMMER 11091002	OPPRETTET AV Åsta Gurandsrud Hestad	NOTATNR., 08

Flomberegning for Vassenden kraftverk

Innledning

I forbindelse med prosjektering av nytt kraftverk i Vassenden, er det beregnet tilløpsflom i Leirelva-vassdraget (Nordelva, Heltjønnna og Sørrelva) med 200 års returperiode for dimensjonering av dam og inntak. Det foreligger ingen krav fra NVE om å utføre en fullverdig godkjent flomberegning i vassdraget. Det utføres derfor en forenklet flomberegning for å kunne dimensjonere inntak etter en flomverdi i riktig størrelsesorden.

Heltjønnna har utløp i Sørrelva, som sammen med Nordelva har utløp i Storstvatnet i Leirfjord kommune i Nordland. Ved utløpet av Storstvatnet ligger målestasjon 153.1 Storstvatn. Det er utført vannføringsmålinger i Nordelva (Hansfinntjønnna) og Sørrelva i perioden 2007 – 2014. Det er ikke tidligere utført flomberegninger for elvene.

Metode

Flomberegningen er utført ved bruk av flomfrekvensanalyse. Beregningen er utført i samsvar med «Retningslinjer for flomberegninger» (NVE, 2011), så langt dette er relevant.

Nedbørfelt og felldata

Areal på nedbørfelt, hypsografisk kurve (høydefordeling i nedbørfeltet), og feltparametere er beregnet med lavvannsapplikasjonen i NVE Atlas. Tilsig i nedbørfeltet er beregnet fra NVEs avrenningskart for normalperioden 1961-1990. Nedbørfeltene til Nordelva, Sørrelva og Heltjønnna er vist i vedlegg. Hoveddata for nedbørfeltene er vist i Tabell 1.

Tabell 1 Feltparametere til Nordelva, Sørrelva, Heltjønnna og Storstvatnet

Feltparameter	Nordelva	Sørrelva	Heltjønnna	Storstvatnet
Nedbørfeltets areal, A (km ²)	6,6	6,1	1,4	49,0
Nedbørfeltets lengde, L _f (km)	5,3	3,2	2,0	13,8
Elvegradient, S _f (m/km)	28,3	116,0	303,9	47,4
Midlere spesifikk vannføring, q _n (l/s/km ²)	107,5	133,4	97,9	96,2
Sjøprosent, A _s (%)	18,9	4,4	27,7	12,6
Effektiv sjøprosent, A _{se} (%)	15,8	0,6	20,9	7,8
Snaufjellprosent, A _{sf} (%)	81,3	95,6	72,4	63,6
Høydefordeling, moh.	479-834	499-990	485-669	51-990

Vannføringsmålinger

Det er utført vannføringsmålinger i Nordelva (Hansfinntjønn) og Sørrelva i perioden 2007 – 2014. Basert på vannføringsmålingene er det etablert vannføringsserier. Fra vannføringsseriene er det beregnet middelflom for Nordelva og Sørrelva.

Middelflommen er gjennomsnitt av største flom hvert år eller hver sesong. q_M er spesifikk middelflom, dvs. flom per areal ($l/s/km^2$). Beregnet middelflom er vist i Tabell 4.

Flomfrekvensanalyse

Flomfrekvensanalysen er utført ved bruk av programmet DAGUT (ekstremverdianalyse) i NVEs database Hydra II. Det er beregnet middelflom og vekstfaktorer.

Årspolarplot for 153.1 Storvatn viser at flommer forekommer hele året. De største flomvannføringerne er observert på høsten. Flomfrekvensanalysen er gjort med årsverdier.

For vannføringsserier med lengde på 10 år, anbefales det at middelflom beregnes fra observert serie, og at det benyttes vekstfaktor fra en lengre måleserie i nærheten.

For Nordelva og Sørrelva er det benyttet middelflom, Q_M , fra måleserien basert på vannføringsmålinger i elvene, og forholdstall Q_T/Q_M som for 153.1 Storvatn.

For Heltjønn er det benyttet middelflom, Q_M , fra måleserien til Sørrelva (Hansfinntjønn), og forholdstall Q_T/Q_M som for 153.1 Storvatn.

Vekstfaktor er forholdet mellom middelflom og flom med ulike gjentakintervall. Beregningene bruker flommens middelvannføring over et døgn (døgnmiddel). Det er benyttet General Extreme Value - fordeling (3 - parameterfordeling). Vekstfaktorer fra flomfrekvensanalysen er vist i Tabell 2.

Tabell 2 Vekstfaktorer, Q_T/Q_M

Q_T/Q_M	K2	153.1 Storvatn
Q_{50}/Q_M	1,9	1,8
Q_{200}/Q_M	2,3	2,0
Q_{1000}/Q_M	2,7	2,3

De benyttede vekstfaktorene Q_T/Q_M stemmer relativt bra med vekstfaktorene som er beregnet for flomregion K2 (NVE, 2011).

Flomfrekvensanalysen er utført på døgnmiddelverdier. Flommens kulminasjonsverdi kan estimeres fra forholdet mellom flommens kulminasjonsverdi (spissverdi), Q_{mom} og døgnmiddel, $Q_{døgn}$. Årspolarplot for 153.1 Storvatn viser at de største flomvannføringerne er observert på høsten. Forholdet mellom kulminasjonsverdi og døgnmiddelverdi for høstflom er gitt ved følgende regresjonsligning:

$$\text{Høstflom: } Q_{mom}/Q_{døgn} = 2,29 - 0,29 * \log A - 0,270 * A_{SE}^{0,5}$$

Der A er nedbørfeltets areal og A_{SE} er effektiv sjøprosent i nedbørfeltet.

Forholdet mellom flommens kulminasjonsverdi (spissverdi) og døgnmiddel er også beregnet fra vannføringsseriene til Nordelva og Sørrelva. Det er knyttet usikkerhet til forholdstallet beregnet fra regresjonsligningene, da disse ligningene kan gi urealistiske verdier for felt med høy effektiv sjøprosent (NVE, 2011). Det er derfor benyttet forholdstall beregnet fra observert vannføringsserie. For Helltjønnna er det benyttet forholdstall for Nordelva. $Q_{mom}/Q_{døgn}$ for 153.1 Storstvatn, Nordelva, Sørrelva og Helltjønnna er vist i Tabell 3.

Tabell 3 Forholdstall, $Q_{mom}/Q_{døgn}$

$Q_{mom}/Q_{døgn}$	153.1 Storstvatn	Nordelva	Sørrelva	Helltjønnna
regresjonsligning	1,05	0,98	1,85	1,13
observert	1,13	1,23	1,26	-

De beregnede flomverdiene er vist i Tabell 4.

Klimaendringer

Det pågår forskning på hvordan klimaendringer vil påvirke beregnede dimensjonerende flommer. NVE har estimert forventet endring i 200-års - og 1000-årsflom mot slutten av dette århundret basert på tilgjengelige klimafremskrivninger og kalibrerte hydrologiske modeller (HBV-modeller) (NVE, 2011). Generelt er det forventet at flommer forårsaket av regn vil øke, mens snøsmelteflommer i større vassdrag vil avta. Ekstremnedbøren er forventet å øke i hele landet.

For Nordland anbefales det at det regnes med 20 % økning for alle nedbørfelt (NVE, 2011). På bakgrunn av dette, er beregnede flomverdier justert opp 20 % for å ta hensyn til klimaendringer.

Resultater

Beregnete flomverdier for nedbørfeltene til Nordelva, Sørrelva og Helltjønnna er vist i Tabell 4.

Tabell 4 Flomverdier for nedbørfeltet til Nordelva, Sørelva og Heltjønnå

50-årsflom	Nordelva	Sørelva	Heltjønnå
Q_M	11,6	14,8	2,6
Q_{50}/Q_M	1,8	1,8	1,8
Q_{50} (m ³ /s)	20,7	26,5	4,7
q_{50} (l/(s*km ²))	3134	4344	3134
$Q_{mom}/Q_{døgn}$	1,23	1,26	1,23
Q_{50} , momentanverdi (m ³ /s)	25,4	33,4	5,8
Q_{50} , klimajustert (m ³ /s)	30,5	40,1	6,9
200-årsflom	Nordelva	Sørelva	Heltjønnå
Q_M	11,6	14,8	2,6
Q_{200}/Q_M	2,0	2,0	2,0
Q_{200} (m ³ /s)	23,5	30,1	5,3
q_{200} (l/(s*km ²))	3556	4927	3556
$Q_{mom}/Q_{døgn}$	1,23	1,26	1,23
Q_{200} , momentanverdi (m ³ /s)	28,9	37,9	6,6
Q_{200} , klimajustert (m ³ /s)	34,6	45,4	7,9
1000-årsflom	Nordelva	Sørelva	Heltjønnå
Q_M	11,6	14,8	2,6
Q_{1000}/Q_M	2,3	2,3	2,3
Q_{1000} (m ³ /s)	26,2	33,5	5,9
q_{1000} (l/(s*km ²))	3965	5494	3965
$Q_{mom}/Q_{døgn}$	1,23	1,26	1,23
Q_{1000} , momentanverdi (m ³ /s)	32,2	42,2	7,3
Q_{1000} , klimajustert (m ³ /s)	38,6	50,7	8,8

Vurdering av beregnede flomstørrelser

For å kontrollere beregnet spesifikk tilløpsflom mot erfaringstall fra tidligere utførte flomberegninger, er det også beregnet Q_{1000} i flomfrekvensanalysen. Datagrunnlaget for Nordland, Troms og Finnmark er begrenset. For vassdragsområder i Nord-Norge (144 – 247), er det stor variasjon i flomverdiene. I Nordland og Troms er det observert flomverdier på over 2000 l/s/km² i kystnære felt på opp mot 100 km². I indre strøk av Nordland og Troms er flomverdiene under 1000 l/s/km², og ned mot 700 l/s/km². Beregnet q_{1000} for Nordelva, Sørelva og Helltjønnå er mye høyere enn erfaringstall fra Nord-Norge. Dette kan skyldes at nedbørfeltene til Nordelva, Sørelva og Helltjønnå er små.

Nedbørfeltet til Storvatn målestasjon inkluderer Sørelva, Nordelva og Helltjønnå. Vannføringsmålingene gjort ved 153.1 Storvatn viser at $Q_{50} = 86,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Beregnet Q_{50} ved de tre inntaksstedene vurderes å være i riktig størrelsesorden i forhold til Q_{50} for Storvatnet.

<u>Stasjon:</u>		<u>Plassering:</u>	
Stasjonsnavn	: Storvatn	UTM-sone	: 32
Stasjonens h.o.h	: 51.0	UTM-øst	: 686037
Kartblad (NS0-serien)	: 1827-II	UTM-nord	: 7336436
		Lengdegrad	: 66.09342
		Breddegrad	: 13.11638
<u>Nedbørfelt:</u>		Fylke	: Nordland
Nedbørfeltareal	: 48.0km ²	Kommune	: Leirfjord
Sjøprosent	: 13		

Vannføringenes flomverdier lagd fra data fra og med 1917 til og med 2012 : middelflom =45.1 m³/s femårsflom =55.3 m³/s tiårsflom =64.5 m³/s femtiårsflom =86.7 m³/s

Figur 1 Storvatnet målestasjon

Usikkerhet og klassifisering av beregningen

Det er gjennomført vannføringsmålinger i Nordelva, Sørelva og Helltjønnå. Måleseriene er på ca. 10 år. Data fra måleseriene er benyttet for å finne middelflom. Nedbørfeltene til Nordelva, Sørelva og Helltjønnå ligger innenfor nedbørfeltet til nærmeste målestasjon for vannføring, 153.1 Storvatn. 153.1 Storvatn har feltegenskaper som sammenfaller med feltegenskaper for nedbørfeltet til Nordelva og Helltjønnå. Beregningen klassifiseres derfor i klasse 1: "Godt hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i vassdraget" (NVE, 2011).

Konklusjon og anbefaling

Beregnet flomstørrelse for 200-årsflom vurderes å være rimelig, og vil et godt grunnlag for dimensjonering av inntak til Vassenden kraftverk. Det anbefales at det benyttes Q_{200} justert for fremtidige klimaendringer i datagrunnlaget i videre arbeid i tilknytning til inntaksstedene.

Sweco Norge AS

Åsta Gurandsrud Hestad

Åsta Gurandsrud Hestad

Sivilingeniør Vannkraft

NVE-godkjent fagansvarlig, fagområde IV flomhydrologi, alle klasser.

Referanser

Lawrence og Hisdal, 2011: Deborah Lawrence og Hege Hisdal. Hydrological projections for floods in Norway under a future climate. Report nr. 5-2011. Norges vassdrags – og energidirektorat.

NVE, 2011: Retningslinjer for flomberegninger til § 5-7 i forskrift om sikkerhet og tilsyn med vassdragsanlegg. Retningslinje 4/2011. Norges vassdrags- og energidirektorat.

Pettersson, 2009: Lars-Evan Pettersson. Flomforhold i Nord - Norge. Rapport nr. 11-2009. Norges vassdrags – og energidirektorat.

Databaser:

www.nve.no: databasen Hydra II, NVE Lavvannskart

www.met.no: databasen eKlima

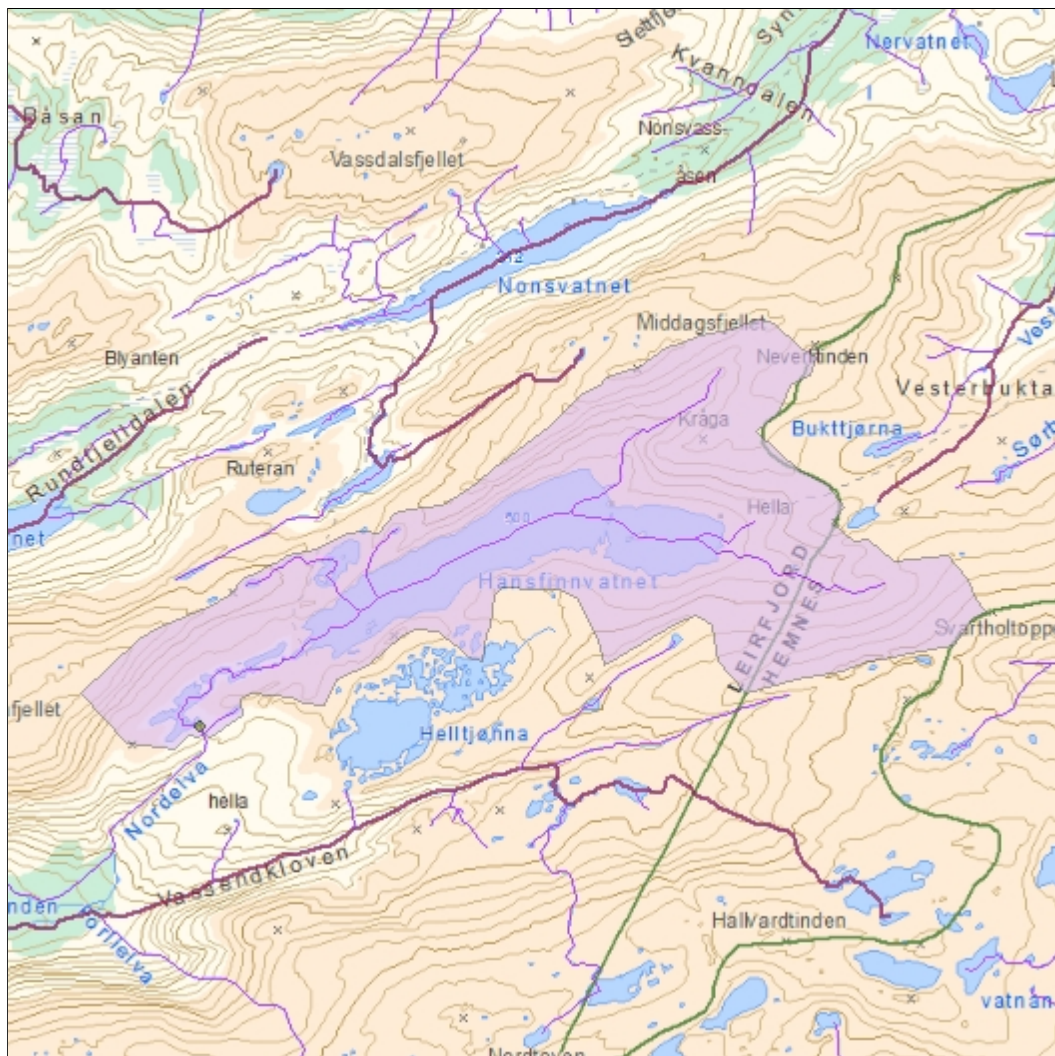
Vedlegg

Lavvannskart for Nordelva

Lavvannskart for Sørrelva

Lavvannskart for Helltjønna

Lavvannskart for Storvatnet



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk

Kartdatum: EUREF89 WGS84

Projeksjon: UTM 33N

Nedbørfeltgrenser, feltparametere og vannføringsindekser er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Lavvannskart

Vassdragsnr.: 153.22B
Kommune: Leirfjord
Fylke: Nordland
Vassdrag: LEIRELVA

Vannføringsindeks, se merknader

Middelvannføring (61-90)	107,5 l/s/km ²
Alminnelig lavvannføring	0,0 l/s/km ²
5-persentil (hele året)	0,0 l/s/km ²
5-persentil (1/5-30/9)	0,0 l/s/km ²
5-persentil (1/10-30/4)	0,0 l/s/km ²
Base flow	0,0 l/s/km ²
BFI	0,0

Klima

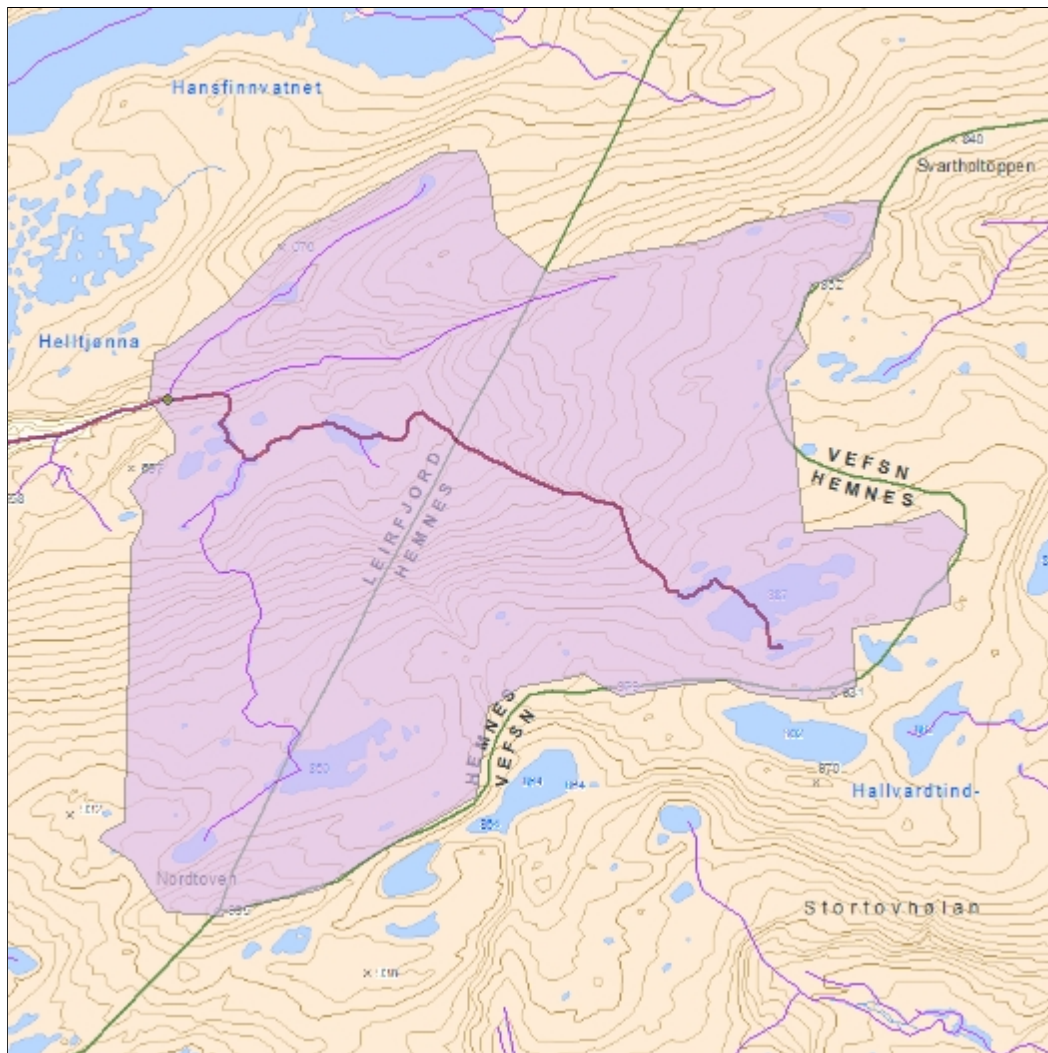
Klimaregion	Midt
Årsnedbør	2082 mm
Sommernedbør	760 mm
Vinternedbør	1322 mm
Årstemperatur	1,4 °C
Sommertemperatur	7,0 °C
Vintertemperatur	-2,6 °C
Temperatur Juli	9,4 °C
Temperatur August	9,2 °C

Feltparametere

Areal (A)	6,6 km ²
Effektiv sjø (S_{eff})	15,8 %
Elvelengde (E_L)	5,7 km
Elvegradient (E_G)	28,3 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (G_{1085})	16,0 m/km
Feltlengde (F_L)	5,3 km
H_{min}	479 moh.
H_{10}	500 moh.
H_{20}	0 moh.
H_{30}	515 moh.
H_{40}	538 moh.
H_{50}	564 moh.
H_{60}	602 moh.
H_{70}	634 moh.
H_{80}	674 moh.
H_{90}	717 moh.
H_{max}	834 moh.
Bre	0,0 %
Dyrket mark	0,0 %
Myr	0,0 %
Sjø	18,9 %
Skog	0,0 %
Snaufjell	81,3 %
Urban	0,0 %

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindekser. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk

Kartdatum: EUREF89 WGS84

Projeksjon: UTM 33N

Nedbørfeltgrenser, feltparametere og vannføringsindekser er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Lavvannskart

Vassdragsnr.: 153.22C

Kommune: Leirfjord

Fylke: Nordland

Vassdrag: LEIRELVA

Vannføringsindeks, se merknader

Middelvannføring (61-90)	133,4 l/s/km ²
Alminnelig lavvannføring	0,0 l/s/km ²
5-persentil (hele året)	0,0 l/s/km ²
5-persentil (1/5-30/9)	0,0 l/s/km ²
5-persentil (1/10-30/4)	0,0 l/s/km ²
Base flow	0,0 l/s/km ²
BFI	0,0

Klima

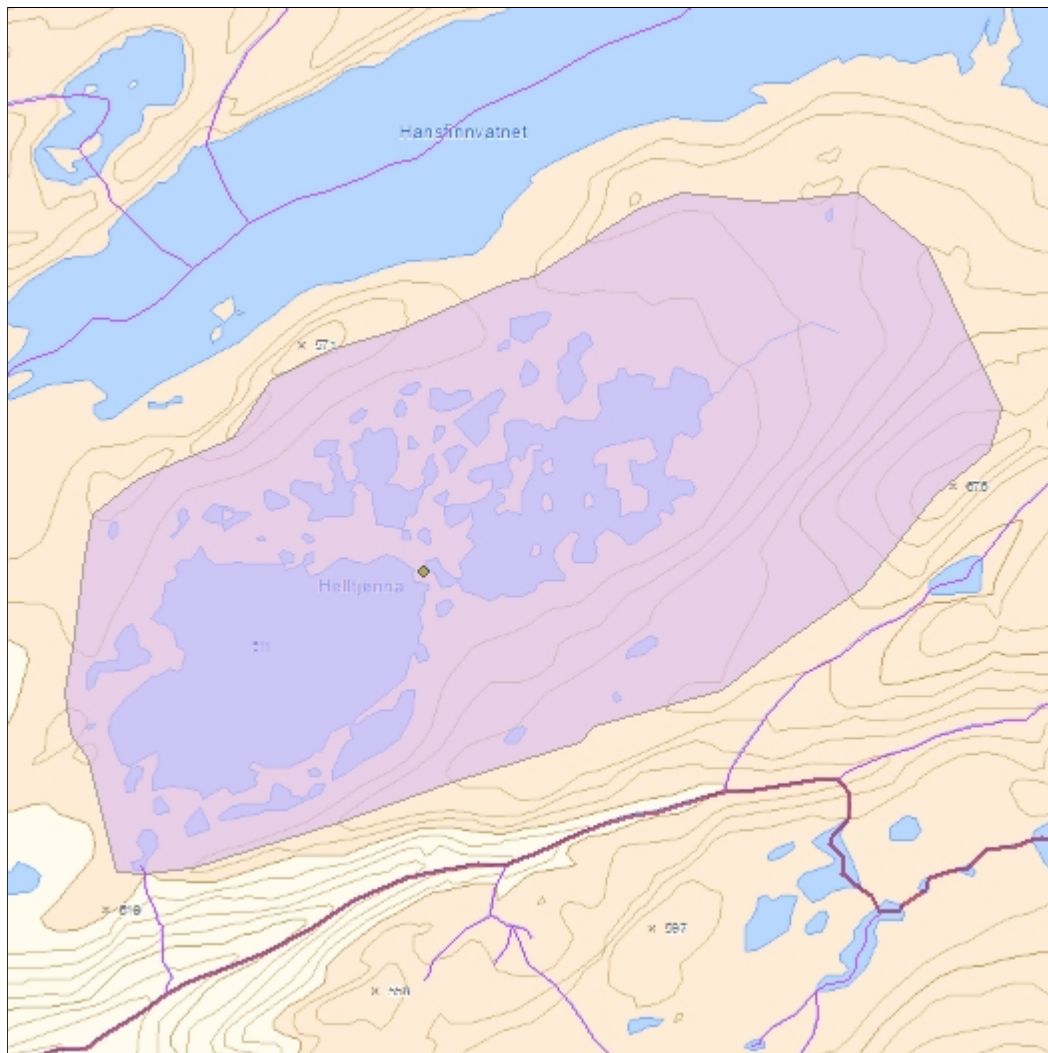
Klimaregion	Midt
Årsnedbør	2075 mm
Sommernedbør	753 mm
Vinternedbør	1323 mm
Årstemperatur	0,6 °C
Sommertemperatur	6,0 °C
Vintertemperatur	-3,3 °C
Temperatur Juli	8,4 °C
Temperatur August	8,3 °C

Feltparametere

Areal (A)	6,1 km ²
Effektiv sjø (S_{eff})	0,6 %
Elvelengde (E_L)	3,3 km
Elvegradient (E_G)	116,0 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (G_{1085})	130,1 m/km
Feltlengde(F_L)	3,2 km
H_{min}	499 moh.
H_{10}	581 moh.
H_{20}	630 moh.
H_{30}	687 moh.
H_{40}	753 moh.
H_{50}	804 moh.
H_{60}	841 moh.
H_{70}	870 moh.
H_{80}	890 moh.
H_{90}	911 moh.
H_{max}	990 moh.
Bre	0,0 %
Dyrket mark	0,0 %
Myr	0,0 %
Sjø	4,4 %
Skog	0,0 %
Snaufjell	95,6 %
Urban	0,0 %

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindekser. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.



**Norges
vassdrags- og
energidirektorat**

Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N

Nedbørfeltgrenser, feltparametere og vannføringsindekser er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Lavvannskart

Vassdragsnr.: 153.22C
Kommune: Leirfjord
Fylke: Nordland
Vassdrag: LEIRELVA

Vannføringsindeks, se merknader

Middelvannføring (61-90)	97,8 l/s/km ²
Alminnelig lavvannføring	0,0 l/s/km ²
5-persentil (hele året)	0,0 l/s/km ²
5-persentil (1/5-30/9)	0,0 l/s/km ²
5-persentil (1/10-30/4)	0,0 l/s/km ²
Base flow	0,0 l/s/km ²
BFI	0,0

Klima

Klimaregion	Midt
Årsnedbør	2095 mm
Sommernedbør	766 mm
Vinternedbør	1329 mm
Årstemperatur	1,6 °C
Sommertemperatur	7,4 °C
Vintertemperatur	-2,5 °C
Temperatur Juli	9,8 °C
Temperatur August	9,6 °C

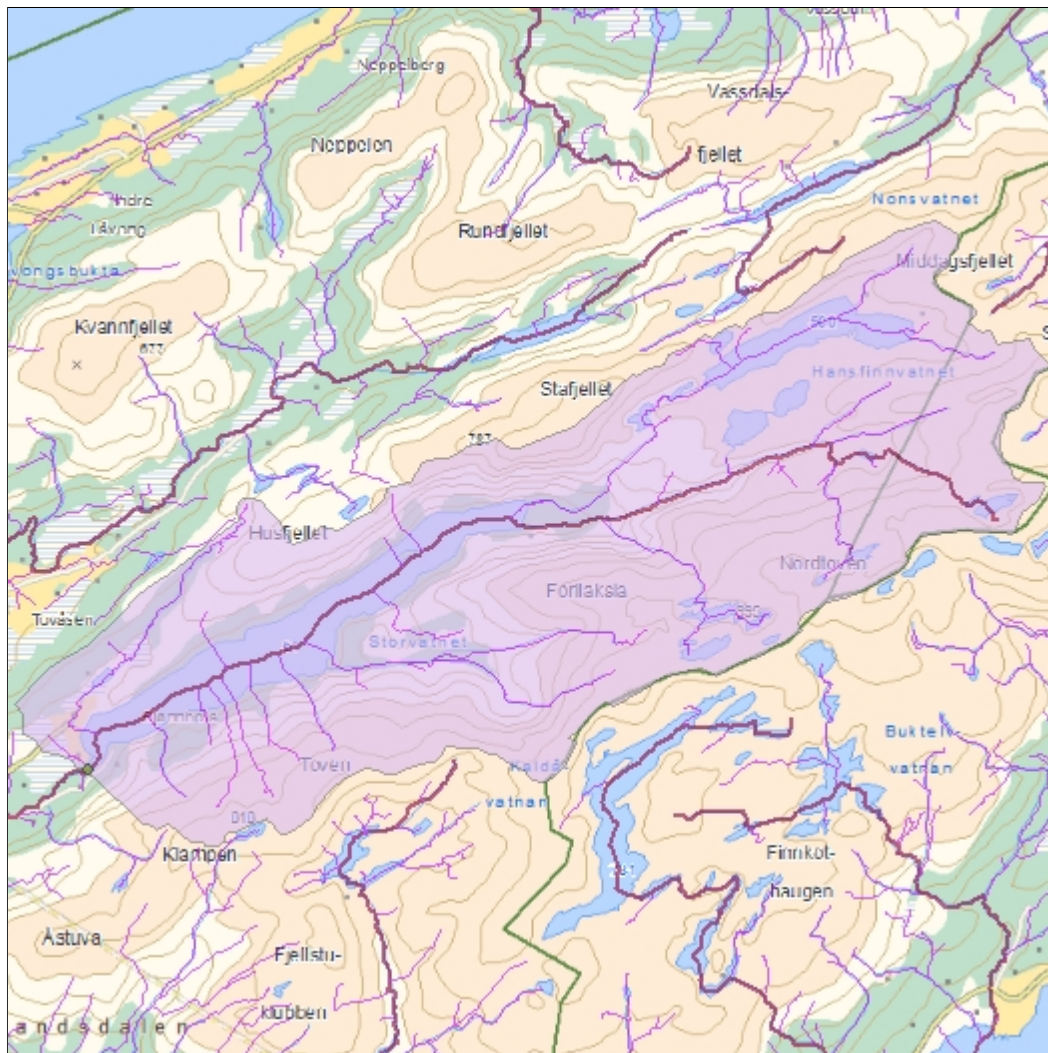
Feltparametere

Areal (A)	1,5 km ²
Effektiv sjø (S_{eff})	16,9 %
Elvelengde (E_L)	0,0 km
Elvegradient (E_G)	0,0 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (G_{1085})	0,0 m/km
Feltlengde (F_L)	1,2 km
H_{min}	503 moh.
H_{10}	511 moh.
H_{20}	0 moh.
H_{30}	0 moh.
H_{40}	515 moh.
H_{50}	518 moh.
H_{60}	526 moh.
H_{70}	540 moh.
H_{80}	557 moh.
H_{90}	579 moh.
H_{max}	669 moh.
Bre	0,0 %
Dyrket mark	0,0 %
Myr	0,0 %
Sjø	26,2 %
Skog	0,0 %
Snaufjell	73,8 %
Urban	0,0 %

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindeks. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.

Denne regionen gir generelt gode estimater av lavvannsindeksene.



**Norges
vassdrags- og
energidirektorat**

Kartbakgrunn: Statens Kartverk

Kartdatum: EUREF89 WGS84

Projeksjon: UTM 33N

Nedbørfeltgrenser, feltparametere og vannføringsindekser er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Lavvannskart

Vassdragsnr.: 153.22A
Kommune: Leirfjord
Fylke: Nordland
Vassdrag: LEIRELVA

Vannføringsindeks, se merknader

Middelvannføring (61-90)	96,2 l/s/km ²
Alminnelig lavvannføring	0,0 l/s/km ²
5-persentil (hele året)	0,0 l/s/km ²
5-persentil (1/5-30/9)	0,0 l/s/km ²
5-persentil (1/10-30/4)	0,0 l/s/km ²
Base flow	0,0 l/s/km ²
BFI	0,0

Klima

Klimaregion	Midt
Årsnedbør	2074 mm
Sommernedbør	758 mm
Vinternedbør	1316 mm
Årstemperatur	1,8 °C
Sommertemperatur	7,6 °C
Vintertemperatur	-2,3 °C
Temperatur Juli	9,9 °C
Temperatur August	9,8 °C

Feltparametere

Areal (A)	49,0 km ²
Effektiv sjø (S_{eff})	7,8 %
Elvelengde (E_L)	14,5 km
Elvegradient (E_G)	57,7 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (G_{1085})	47,4 m/km
Feltlengde (F_L)	13,8 km
H_{min}	51 moh.
H_{10}	71 moh.
H_{20}	185 moh.
H_{30}	309 moh.
H_{40}	452 moh.
H_{50}	513 moh.
H_{60}	577 moh.
H_{70}	653 moh.
H_{80}	732 moh.
H_{90}	818 moh.
H_{max}	990 moh.
Bre	0,0 %
Dyrket mark	0,4 %
Myr	0,6 %
Sjø	12,6 %
Skog	10,1 %
Snaufjell	63,6 %
Urban	0,0 %

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindekser. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.