



Norwegian
Meteorological
Institute

METreport

No. 22/2015
ISSN 2387-4201
Climate

Klimalaster for 132 kV kraftledning Lysebotn - Tronsholen

Harold Mc Innes, Helga Therese Tilley Tajet



Title Klimalaster for 132 kV kraftledning Lysebotn - Tronsholen	Date 2015-09-10
Section [Section]	Report no. No. 22/2015
Author(s) Harold Mc Innes, Helga Therese Tilley Tajet	Classification ● Free ○ Restricted
Client(s) Rejlers Consulting AS	Client's reference [Client's reference]
Abstract <p>Meteorologisk institutt har på oppdrag fra Rejlers Consulting AS estimert islaster med 150 års returperiode og vindkast med 50 års returperiode på Lyse Elnett sin 132 kV kraftledning mellom Lysebotn og Tronsholen. Ledningen går gjennom kommunene Forsand, Strand og Sandnes i Rogaland. Ledningen går gjennom områder der våt snø vil være den dominerende isingsprosessen, og den høyeste islasten blir 13 kg/m i fjellet ved Stora Hellesvatnet.</p> <p>På grunn av forsterkningseffekter fra terrenget er traseen generelt utsatt for vind. Vindkast med 50 års returperiode vil være 42 - 45 m/s langs det meste av traseen, med noe lavere normalkomponent. Ved Kåsaknuden nord for Lysefjorden og Uburen ved Høgsfjorden vil 50 års vindkast være 50 m/s.</p>	
Keywords Kraftledninger, ising, våt snø, vindlaster	

Disiplinary signature

Responsible signature

Abstract

Meteorologisk institutt har på oppdrag fra Rejlers Consulting AS estimert islaster med 150 års returperiode og vindkast med 50 års returperiode på Lyse Elnett sin 132 kV kraftledning mellom Lysebotn og Tronsholen. Ledningen går gjennom kommunene Forsand, Strand og Sandnes i Rogaland. Ledningen går gjennom områder der våt snø vil være den dominerende isingsprosessen, og den høyeste islasten blir 13 kg/m i fjellet ved Stora Hellesvatnet.

På grunn av forsterkningseffekter fra terrenget er traseen generelt utsatt for vind. Vindkast med 50 års returperiode vil være 42 - 45 m/s langs det meste av traseen, med noe lavere normalkomponent. Ved Kåsaknuden nord for Lysefjorden og Uburen ved Høgsfjorden vil 50 års vindkast være 50 m/s.

Table of contents

1 Innledning	5
2 Grunnlag for vurdering av klimalaster	6
2.1 Islaster	6
2.2 Vindlaster	8
3 Vurdering av vind- og islaster	9
3.1 Lyse – Høgsfjorden	9
3.2 Høgsfjorden – Tronsholen	11
3.3 Nordlige trase mellom Kåsaknuden og Uburen	11
Referanser	13
Vedlegg 1: Lyse – Stora Hellesvatnet - Tronsholen	14
Vedlegg 2: Nordlig trase	19

1 Innledning

Rejlers Consulting har bedt Meteorologisk institutt om en vurdering klimalaster på Lyse Elnett sin 132 kV kraftledning mellom Lysebotn og Tronsholen i Rogaland fylke (Figur 1). Kraftledningen går gjennom kommunene Forsand, Sandnes og Strand. Ledningen som skal vurderes starter ved Lysebotn innerst i Lysefjorden, går i fjellsiden nord for Lysefjorden frem til Kåsaknuden der den deler seg. Den sørlige traseen krysser Lysefjorden, går opp i fjellet sør for Lysefjorden og ned til Høgsfjorden. Den nordre traseen går nordvestover mot Jørpeland, deretter sørover, krysser Lysefjorden ved Lysefjorbrua og møter søndre trase ved Uburen. Deretter krysses Høgsfjorden og traseen fortsetter vestover til den ender ved Tronsholen sør for Sandnes.

Islaster for traseen blir oppgitt med 150 års returperiode, og estimeres ut fra nedbørsdata fra værstasjoner i området. Vindlaster oppgis som vindkast med 50 års returperiode og vurderes ut fra Norsk vindstandard (Standard Norge, 2009) sammen med vindmålinger fra stasjoner i området.



Figur 1: Lyse Elnett sin 132 kV kraftledning mellom Lysebotn og Tronsholen

2 Grunnlag for vurdering av klimalaster

2.1 Islaster

I Norge vil islaster av betydning enten kunne tilskrives underkjølte skydråper som fryser på gjenstanden (skyising) eller at snøflak som inneholder flytende vann fester seg på den aktuelle gjenstanden (ising fra våt snø). Ising fra våt snø kan forekomme over hele landet og skjer i temperaturintervallet mellom 0.5 og 2 °C, mens skyising forutsetter at skybasen når helt ned til ledningen og er dermed mest vanlig i fjellet, der det i enkelte tilfeller har gitt islaster på ledninger av en størrelsesorden 100 kg/m. Disse prosessene er nærmere beskrevet av Norges vassdrags- og energidirektorat sin rapport om ising på kraftforsyningsnettet (2012).

Den aktuelle traseen har en maksimal høyde over havet på rundt 800 m i fjellet nær Lysebotn og ved Stora Hellesvatnet i Forsand. I disse områdene må skyising vurderes, og dimensjonerende islast vil her settes på grunnlag av data fra en modellbasert isingsstudie (Tajet m. fl., 2014). For de øvrige deler av traseen vil islaster i hovedsak kunne tilskrives våt snø. En tommelfingerregel sier at islast med 150 års returperiode i slike områder kan relateres til døgnedbør med 50 års returperiode med forholdet 1 til 10. Tabell 1 viser døgnedbør med 10 og 50 års returperiode for 8 forskjellige stasjoner i området langs traseen, og stasjonenes plassering er vist i Figur 2. Ut fra Tabell 1 kommer det frem at traseen går gjennom et nedbørsrikt område og dermed vil være utsatt for ising fra våt snø. Mest nedbør er ved de indre deler av Lysefjorden, mens det er mindre etterhvert som man kommer ut mot kysten. På grunnlag av ovennevnte forhold mellom 50 års døgnedbør og 150 års islast fra våt snø estimerer vi en referanselast på 14 kg/m for de indre deler av traseen, mens den estimeres til 8 kg/m for de ytre delene. På grunn av skjerming fra omkringliggende terreng vil imidlertid 150 års islast på ledningen være mindre enn referanseverdiene.

Av erfaring vet man at stor høydeforskjell på et spenn gjør at islastene blir lavere (Svein Fikke, personlig kommunikasjon), og lastene kan derfor reduseres noe for langspenn over daler og søkk, og de kan reduseres betydelig for fjordspenn.

Tabell 1: Maksimal døgnnedbør vinterstid. Returverdier angitt med to ulike metoder for ekstremverdberegning (Gumbel og NERC, hvor NERC er angitt i parentes).

Stasjon	Hoh	Periode	10-års returperiode	50-års returperiode
Lysefjorden	4 m	1926-1999	99 (96) mm	129 (122) mm
Lysebotn	5 m	1895-2014	116 (110) mm	156 (138) mm
Bjørheim i Ryfylke	64 m	1957-2014	75 (71) mm	102 (93) mm
Ims	2 m	1980-2014	74 (71) mm	96 (93) mm
Stavanger-Våland	72 m	1938-2014	47 (45) mm	62 (62) mm
Sola	7 m	1953-2014	45 (44) mm	58 (60) mm
Sviland	230 m	1895 - 2014	71 (70) mm	92 (91) mm
Oltedal	44 m	1972 - 2014	96 (91) mm	126 (117) mm



Figur 2: Nedbørstasjoner (svarte triangler) brukt for å estimere islaster fra våt snø.

2.2 Vindlaster

Vindlaster blir gitt som vindkast med returperiode på 50 år, og både det totale vindkastet og normalkomponenten av kastet på ledningen vil bli oppgitt. Med vindkast menes kraftigste vind med varighet på 3 sekunder. Ved estimering av vindlaster tas det utgangspunkt i referansevind, som er 10 minutters middelvind med 50 års returperiode for den aktuelle kommunen. Denne er gitt i Norsk vindstandard (Standard Norge, 2009), og ut fra terrengkategori, høyde over havet og ledningens høyde over bakken estimeres 50 års vindkast. Videre er skjermingseffekter fra omkringliggende terreng en viktig faktor når vindkastet og dets normalkomponent skal fastsettes.

Kommunene Forsand, Sandnes og Strand har alle en referansevind på 26 m/s. Terrengkategori 2 vurderes å være representativ for mesteparten av traseen, men steder som ligger høyt og åpent til i terrenget vil være bedre representert med kategori 1. Regner man 15 m som høyde over bakken, tilsier dette 10 minutters middelvind med 50 års returperiode på 28 m/s og med vindkast for samme returperiode på 42 m/s. Traseen går gjennom komplekst terreng. Over topper, gjennom dalsøkk og på lesiden av fjell vil kastene kunne forsterkes. Derfor vurderes 50 års vindkast til å ligge rundt 45 m/s for store deler av traseen. Dette er i samsvar med vurdering gjort av Tajet m fl. (2014) i forbindelse med estimerer av klimalaster på en 420 kV kraftledning mellom Lyse og Stølaheia. På Sola er det ved flere anledninger målt middelvind på rundt 30 m/s. Dette indikerer at en 50 års middelvind på 28 m/s som Norsk vindstandard gir er realistisk.

3 Vurdering av vind- og islaster

Nedenfor følger vurdering av is og vindlaster for 132 kV kraftledningen mellom Lyse og Tronsholen. For oversiktens skyld har vi delt traseen opp i de tre delstrekningene, Lyse – Høgsfjorden, Høgsfjorden – Tronsholen og den nordlige traseen mellom Kåsaknuden og Uburen. Islast er gitt i kg is per meter ledning med returperiode på 150 år, mens vindlast er gitt som kast med 50 års returperiode.

3.1 Lyse – Høgsfjorden

Delstrekningen er vist i figurene A til F i vedlegg 1 og starter ved Lyse, går så noen km langs Lysefjorden før den går opp i fjellet og deler seg. I dette området når den opp i ca 800 moh, noe som tilsier at skyising må vurderes. Modellberegninger fra Tajet m. fl. (2014) indikerer imidlertid at dimensjonerende islaster her ikke vil kunne tilskrives skyis, men våt snø. Ut fra nedbørsdata (Tabell 1) og terrenget vurderes den maksimale islasten her å være 11 kg/m mellom punktene 3A og 3B.

Ledningen går deretter lavere i terrenget nord for Fyljesdalsvatnet og gjennom Daladalen til Helmikstølen. Den går så opp til Kåsaknuten, krysser Lysefjorden og deler seg i to for å møtes igjen nord for Stora Hellesvatnet. Delstrekningen går videre opp i nærmere 800 moh, og vil i dette området være eksponert for ising fra både fra skyis og våt snø. Den høyeste islasten i dette området blir 13 kg/m og kan tilskrives våt snø. Den siste del av strekningen før ledningen krysser Høgsfjorden går den lavere og mer skjermet i terrenget.

Siden ledningen går i et terreng med bratte fjell vil den mange steder være eksponert for sterke vindkast. Vindlaster med 50 års returperiode vil langs store deler av strekningen ligge rundt 45 m/s med noe lavere normalkomponent avhengig av ledningens orientering i forhold til terrenget rundt. På Bakkafjellet nord for Lysefjorden og over Uburen øst for Høgsfjorden blir 50 års vindkast 50 m/s.

Islaster med 150 års returperioden og vindkast med 50 års returperiode samt normalkomponent er gitt i Tabell 2. Mc Innes og Nygaard (2015) har estimert islaster for enkelte spenn på 132 kV kraftledning ved Helmiskstølen, Hatleskog og Rettedal (Uburen), og det er i herværende rapport tatt hensyn til disse vurderingene.

Tabell 2: Is og vindlaster fra Lyse til Høgsfjorden

Referansepunkter	Islast (kg/m)	Maksimalt vindkast (m/s)	Normalkomponent (m/s)
1 - 2	6	45	42
2 - 3	7	45	42
3 - 3A	10	45	43
3A - 3B	11	47	44
3B - 5	9 *	45	43
3 - 4A	10	45	43
4A - 4B	10	45	43
4B - 5	8	45	42
4A - 4C	10	45	44
4C - 5	9 *	45	42
5 - 6	8	45	42
6 - 7	8	45	40
7 - 8	7	45	42
8 - 9	7	45	40
9 -10	8	45	42
10 - 11	11	50	45
11 -12	9	46	43
12 - 13 **	4	45	40
13 - 13A	8	45	42
13A- 13B	9	45	42
13B - 14	11	47	45
13 - 13C	9 *	45	43
13C - 13D	11	46	44
13D - 14	11	46	44
14 -15	13	48	45
15 - 16	11	45	42
16 -17	9	45	42
17 -18	9	45	42
18 -19	8	45	42
19 - 20	7	45	43
20 - 21	8 *	46	44
21 - 22A	9	50	48
22A - 23	4 **	45	45
21 - 22B	9	50	48
22B - 23	4 **	45	45

* Last kan reduseres til 7 kg/m for spenn med høydeforskjell på minst 150 m

** Fjordspenn

3.2 Høgsfjorden – Tronsholen

Delstrekningen starter øst for Høgsfjorden og går vestover mot Sandnes (Figurene G til I i Vedlegg 2). Det høyestliggende partiet i området vest for Høgsfjorden ligger under 500 moh og høyden over havet reduseres gradvis vestover. Ising fra våt snø vil være dominerende og 150 års islaster vil ikke overstige 9 kg/m. Strekkningen er imidlertid utsatt for vind, og 50 års vindkast vil de fleste steder ligge rundt 45 m/s. Islaster med 150 års returperiode og vindkast med 50 års returperiode samt normalkomponent er gitt i Tabell 3.

Tabell 3: Is og vindlaster fra Høgsfjorden til Tronsholen

Referansepunkter	Islast (kg/m)	Maksimalt vindkast (m/s)	Normalkomponent (m/s)
23 - 24	8	45	43
24 - 25	9	45	43
25 - 26	9	45	43
26 - 27	9	45	42
27 - 28	8	45	42
28 - 29	8	45	42
29 - 30	7	45	42
30 - 31	7	45	42
31 - 32	6	45	43
32 - 33	6	45	42

3.3 Nordlige trase mellom Kåsaknuden og Uburen

Delstrekningen er vist i figurene J til M i Vedlegg 2, og starter ved Kåsaknuden, går i fjellsiden nord for Lysefjorden, deretter nordvestover og passerer høyeste punkt ved Husafjellet snaut 700 moh. Dette er det mest eksponerte stedet på denne traseen, og 150 år islast vil nå opp i 11 kg/m her. Vindkast med 50 års returperiode estimeres her til 46 m/s på grunn av forsterkning over fjellet. Nord for Tårnfjellet går ledningen vestover i retning Jørpeland for deretter å gå sørover til Lysefjorden igjen. Lysefjorden krysses ved Lysefjordbrua, og den går sammen med den sørlige traseen øst for Uburen. Våt snø vurderes å være den dominerende kilden til ising langs denne traseen.

Islaster med 150 års returperiode og vindkast med 50 års returperiode samt normalkomponent er gitt i Tabell 4. Mc Innes (2014) vurderte is og vindlaster for to spenn på denne delstrekningen, og resultatet fra denne vurderingen er brukt ved fastsettelse av klimalastene nedenfor.

Tabell 4 Is og vindlaster fra Kåsaknuden og Uburen

Referansepunkter	Islast (kg/m)	Maksimalt vindkast (m/s)	Normalkomponent (m/s)
10 -101	11	50	45
101 – 102	10 *	47	43
102 - 103	8	44	42
103 - 104	9	44	42
104 - 105	9	42	42
105 -106	9	44	42
106 - 107	11	46	44
107 - 108	9	42	42
108 - 109	8	42	42
109 -110	10	46	44
110 - 111	8	44	42
111 -112	8	44	42
112 - 113	8	44	42
113 - 114	8	42	42
114 - 115	9	45	43
115 - 116	8 *	44	42
116 -117	7	42	40
117 -118	8 *	45	41
118 -119	9	45	43
119 - 120	8	45	43
120 - 121	7	42	42
121 - 122	7	42	40
122 - 123	7	42	40
123 - 124	8	43	41
124 - 125	7	45	43
125 - 126	7	42	40
126 - 127	8	45	43
127 - 128	4 **	45	40
128 - 129	7	45	42
129 - 130	7	42	40
130 - 20	7	45	42

* Last kan reduseres til 7 kg/m for spenn med høydeforskjell på minst 150 m

** Fjordspenn

Referanser

Mc Innes, H. og Nygaard, B. E. K. (2015) Klimalaster for 132 kV kraftledning ved Helmikstølen, Hatleskog og Retteda. Meteorologisk institutt rapport 7/2015

Mc Innes, H (2014) Klimalaster for 132 kV fjordspenn Lysefjorden, Årdalsfjorden og Høgsfjorden samt to spenn nord for Lysefjorden. Meteorologisk institutt rapport 22/2014

Norges vassdrags- og energidirektorat (2012), Isstorm, Ising på kraftforsyningsnettet, NVE rapport 44 2012.

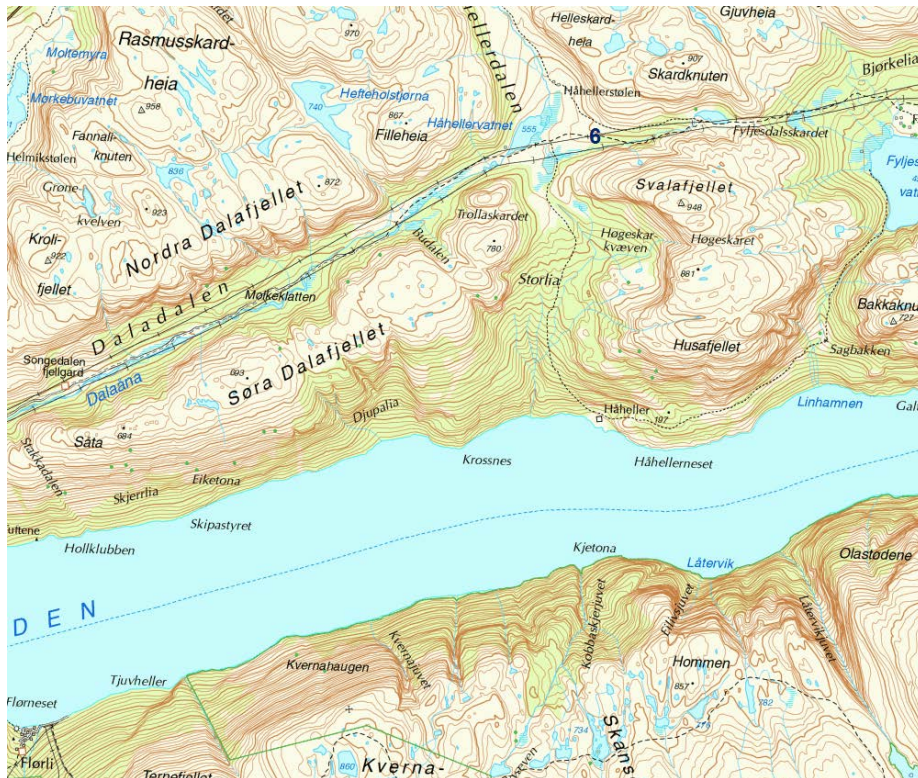
Standard Norge (2009) *Eurokode 1: Laster på konstruksjoner Del 1-4: Allmenne laster Vindlaster* NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009

Tajet H. T. T., Ødemark K., Nygaard B. E. K. (2014) Klimalaster for 420 kV Lyse - Stølaheia, Meteorologisk institutt rapport 6/2014.

Vedlegg 1: Lyse – Stora Hellesvatnet - Tronsholen



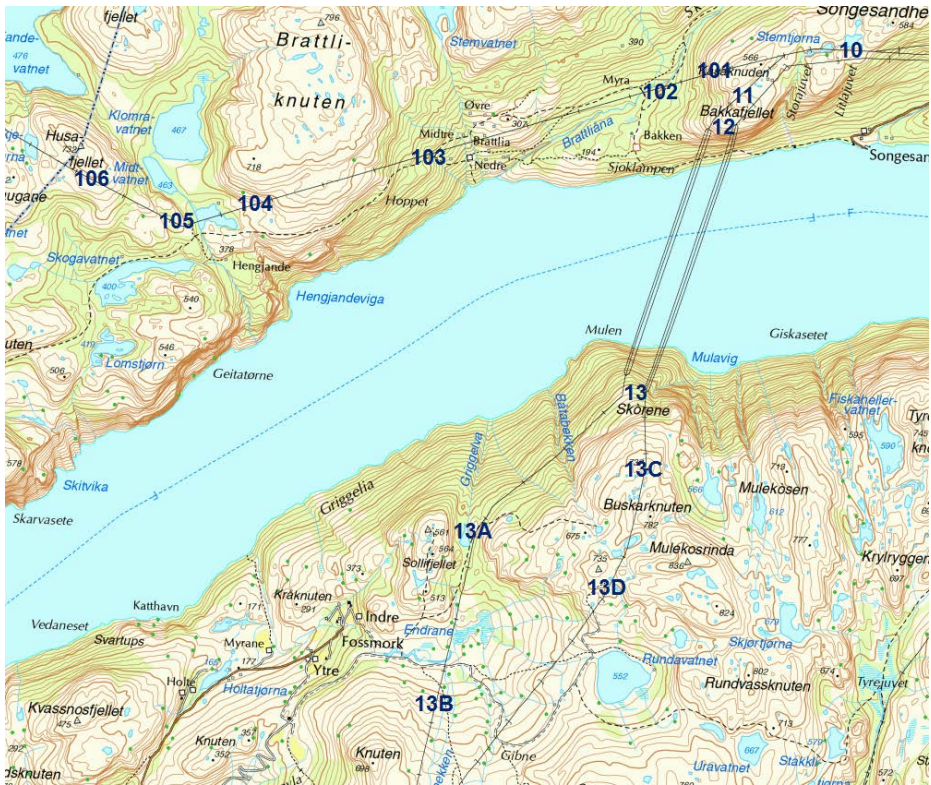
Figur A: Fra Lyse til Fyljesdalsvatnet



Figur B: Fra Fyljesdalsvatnet gjennom Dalardalen



Figur C: Dalardalen til Songesandheia



Figur D: Songesandheia, over Lysefjorden til Knuten



Figur E: Langs Stora Hellesvatnet og videre til Oaland



Figur F: Fra Oaland til etter kryssing av Høgsfjorden



Figur G: Fra Høgsfjorden til Kjerfjell



Figur H: Fra Kjerringfjellet til Kråkeberget



Figur I: Fra Kråkeberget til endepunkt ved Tronsholen

Vedlegg 2: Nordlig trase



Figur J: Fra startpunkt for nordlig trase til Bikkjetjørna



Figur K: Bikkjetjørna til vendepunkt ved Jørpeland og sørover til Botne.



Figur L: Fra Botne til Lysefjorden.



Figur M: Over Lysefjorden, gjennom Forsand og til møte med sørlig trase øst for Uburen