

Mekanisk testrapport

EU_RAPPORT 2016:02-1-iFOAM, Live Work Consult AS



ELEKTRO
UTVIKLING AS

Forord

Denne rapporten er ment å vise en testmetode for kraftlinjestolper som er skadet av hakkespettskader. Flere produkter fra ulike produsenter kan testes i fremtiden. Denne rapporten er en åpen versjon, siden REN er en del av de finansierende bedriftene. Andre aspekter må i fremtiden bli inkludert dersom de anses å være avgjørende for testen.

Rapporten som er blitt laget som et resultat av møte i Luftgruppen v/REN.

Målet med testen er å;

- øke kunnskap om nye muligheter for vedlikehold av strømnettet
- formidle kunnskap med sikte på å heve kompetansenivået i området
- være en bro mellom faglig dyktighet og bransjens mulige bruksområder

De finansierende bedriftene til denne test:

REN AS

Live Work Consult AS

REN – Luftgruppe består av følgende personer.

- Kjell Jensen, Hammerfest Energi
- Tomas Sire, Eidsiva Nett
- Terje Taraldsen, Agder Energi Nett
- Jørn Berntzen, Hafslund Nett
- Kjell Ødegård, Hafslund Nett
- Kim Boska, REN AS
- Herman Gandrumbakken, REN AS
- Zvonko Tufekcic, REN AS
- Ingvard Jordal, BKK Nett AS
- Jan Andreassen, Skagerak Nett AS
- Tomas Bjerke, Hallingdal-kraftnett

Testvitner tilstede:

- Carl Ford, UK Utility Solution Provider Ltd
- Ragnar Skogdalen, Live Work Consult AS
- Kim Arne Boska, Elektroutvikling AS
- Herman Gandrumbakken, Elektroutvikling AS

Sammendrag

*Grunnet få testobjekt er analysen basert på de målinger som er foretatt.
For en bedre analyse må man teste et større utvalg stolper.*

Det ble testet 7 stolper, hvor 6/7 av disse ble svekket, og 4/6 stk. ble fylt med iFOAM. Stolpene som var svekket, ble sammenlignet med tilsvarende stolper m/iFOAM. Hensikten var å se hvor stor forsterkningen ble.

Testene viser at iFOAM vil gi en styrkeøkning ved å fylle hull som blir beskrevet i denne testrapport. Ved testoppsett 1 ga dette en styrkeøkning på 6%, og ved testoppsett 2 ga dette en styrkeøkning på 16-21%.

Innhold

Innledning	4
Bakgrunn	4
Oppdrag	4
Forbehold	4
Forarbeid	5
Oppsett.....	6
Testprosedyre	6
Utforming av prøverigg	6
Testoppsett	7
Stolper	8
F1-F2.....	8
N1	8
S1-S3.....	9
S4.....	10
Beregninger	11
Verdier fra leverandør.....	11
Beregnet horisontal bruddlast, fmk 40,3 N/mm ²	11
Beregnet horisontal arbeidslast, f _{m,d} 29,9 N/mm ²	11
Testresultater	12
F1.....	12
F2.....	13
S1.....	14
S2.....	15
S3.....	16
S4.....	17
N1	18
Resistograph målinger	19
Analyse av testresultater	19
Bruddlast	19
Knekkpunkt	20
Beregninger kontra test	21
Observasjoner rundt iFOAM	21

Innledning

Bakgrunn

Et sentralt spørsmål for nettselskap har vært hvor vidt bærestyrken til hakkespettangrepne stolper har blitt svekket. Stolper kan svekkes når tilstrekkelig mengde fibermasse fjernes, dvs at det kan oppstå punktvis svekkelse av trestammens fysiske bæreevne. Svekkelse kan også tenkes å oppstå gjennom at hull innover i en impregnert stolpe åpner adkomstfor fukt som i neste omgang gir muligheter for sopp-og algenedbrytingav den sentraledelen av trevirket med dårligst impregneringsbeskyttel.

I følge en rapport fra 1995 utarbeidet av Norsk institutt for naturforskning, konkluderte de med en snittkostnad på 2,9 millioner grunnet hakkespett, tatt utgangspunkt i 95 selskaper (Bevanger, 1995).

REN AS og Live Work Consult AS vil på vegne av norske nettselskap teste ut IFOAM, en reparasjonsmasse for hakkespettskader, som skal erstatte manglende trefiber med 2-komponent masse.

Oppdrag

Det er blitt utført mekaniske tester på stolper med og uten hakkespettskader for å sjekke hvorvidt IFOAM vil erstatte trefiber grunnet hakkespettskade. Dette er blitt gjort ved å teste friske stolper, og sammenligne dette med skadde stolper med IFOAM. Alle stolper har samme lengde, diameter, og påførte skader er på samme sted, og samme skade diameter.

Forbehold

Elektroutvikling AS kan ikke garantere at kommende stolper vil få like resultater ettersom at furu har varierende utforming. Dersom man skal kunne fastslå mer sikre verdier må man teste et større antall stolper, slik at kan utføre en statistisk beregning for å finne variasjon.



Forarbeid

I samarbeid med Live Work Consult AS ble stolpene svekket og reparert med iFOAM i desember. Herdetiden til massen ble opplyst til å være 1-2 uker før herdetiden er 100%.

Skaden som ble påført stolpen har i denne test sammenheng samme skadeomfang som et hakkespetthull med tilsvarende diameter. På grunn av den glatte overflaten vil antageligvis ikke iFOAM binde seg like godt, som den ville ha gjort ved en hakkespettskade. iFOAM vil muligens være enda mer effektivt ved en reel hakkespettskade.



56 mm hull



Tetting med duk



Ekspandering av iFOAM



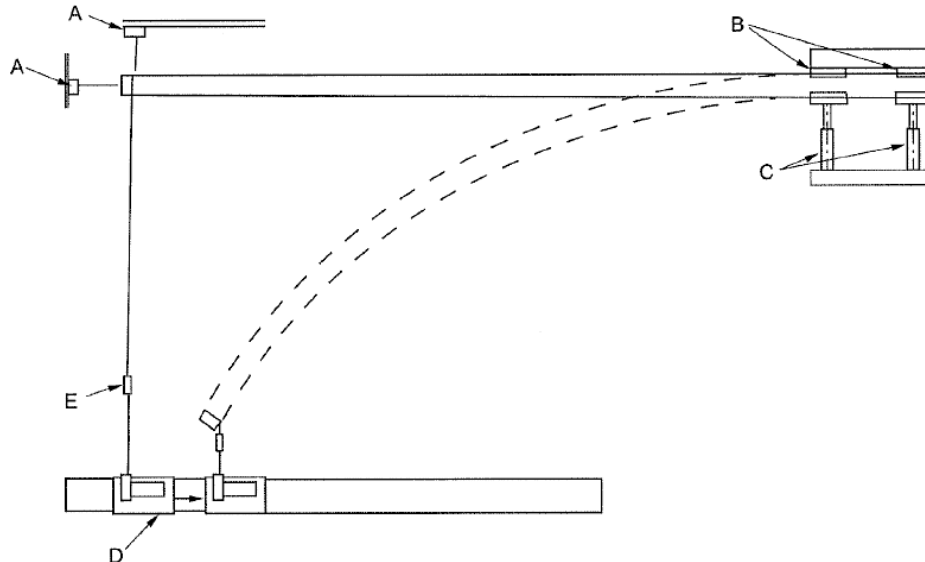
Ferdig reparert

Oppsett

Testprosedyre

Testprosedyren er i henhold til [RENBlad 2500](#), og [RENBlad 2501](#).

Utforming av prøverigg



A	Måleinnretning for utbøyning (A)
B	Innspenningen skal være tilpasset geometrien på stolpe.
C	Innspenningsmodul.
D	Jekken er festet til en måleinnretning for utbøyning slik at jekk følger etter, og at vinkelen på det horisontale strekket er $90^{\circ} \pm 3^{\circ}$.
E	I topp belastes stolpen horisontalt. Kreftene avleses på godkjent dynamometer.

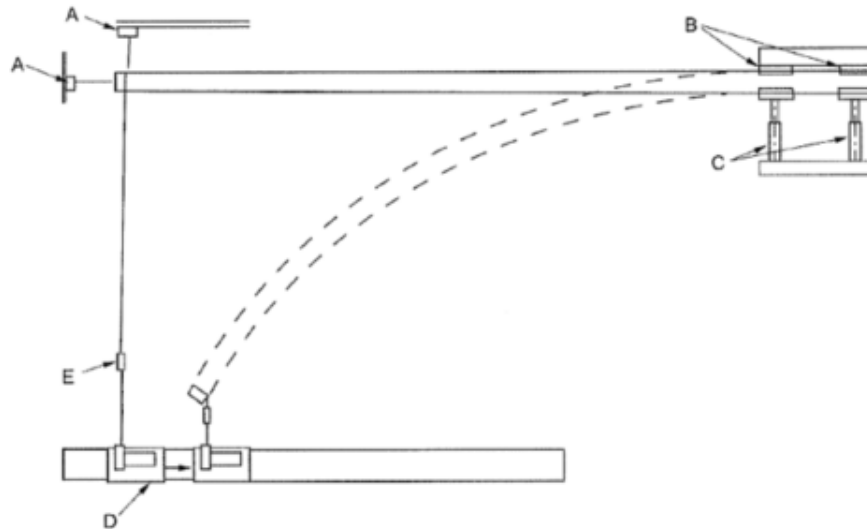
Testoppsett

Stolpene ble festet i klembakkene (B), både ved oppsett 1 og 2.

Ved oppsett 2 ble stolpene F2, og S4 forkortet med 1m fra rotende.

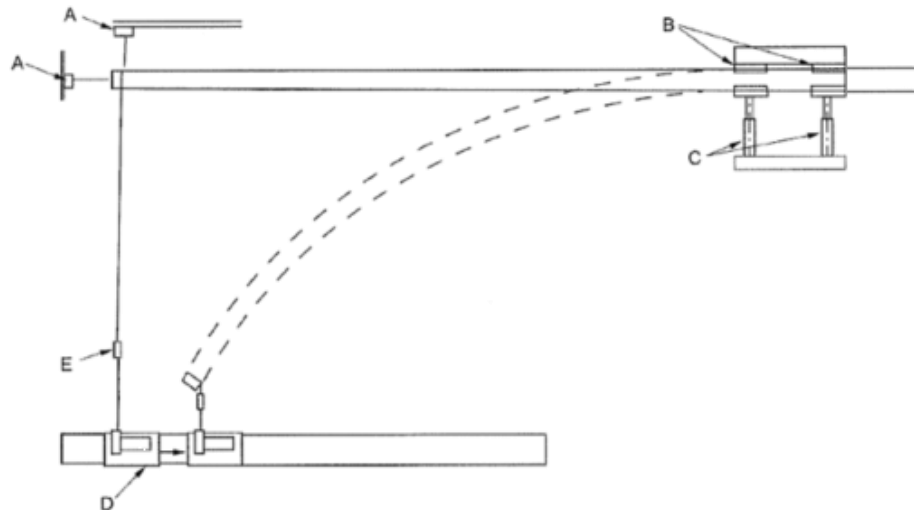
Dette ble gjort ved å flytte jbd. 1 meter lengere opp på stolpen.

- Oppsett 1: F1, S1, S2, S3 og N1



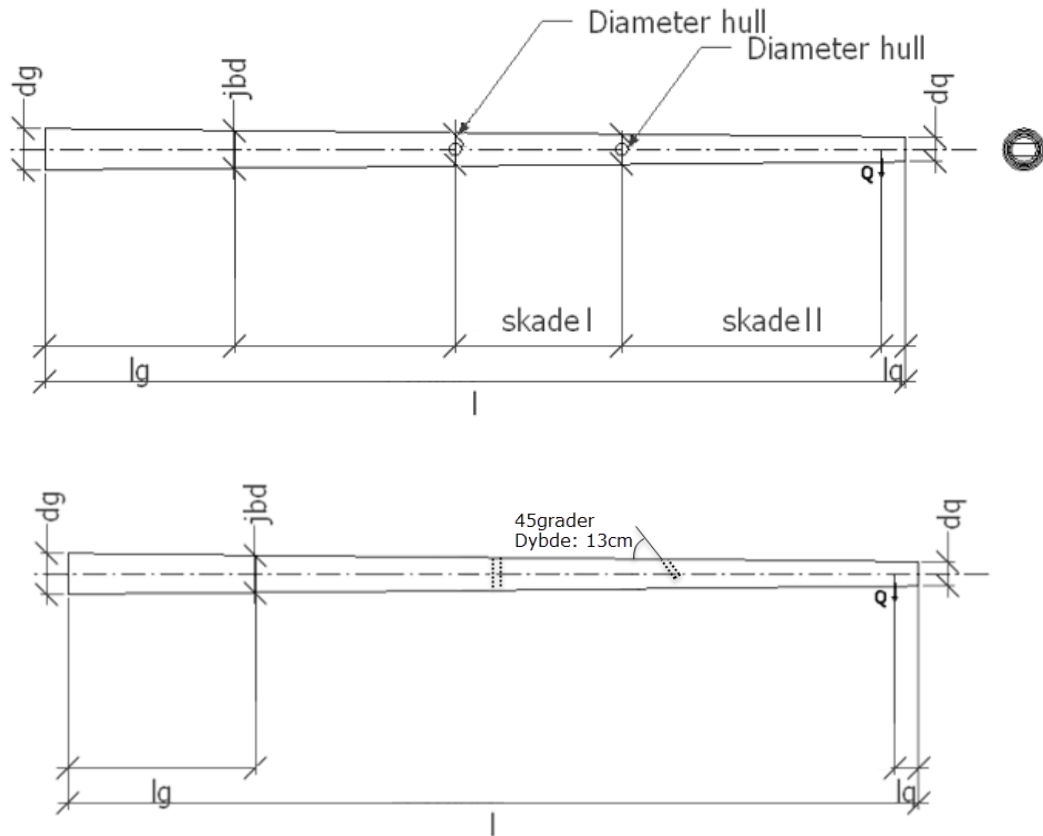
- Oppsett 2: F2 og S4

Utforming av prøverigg



Stolper

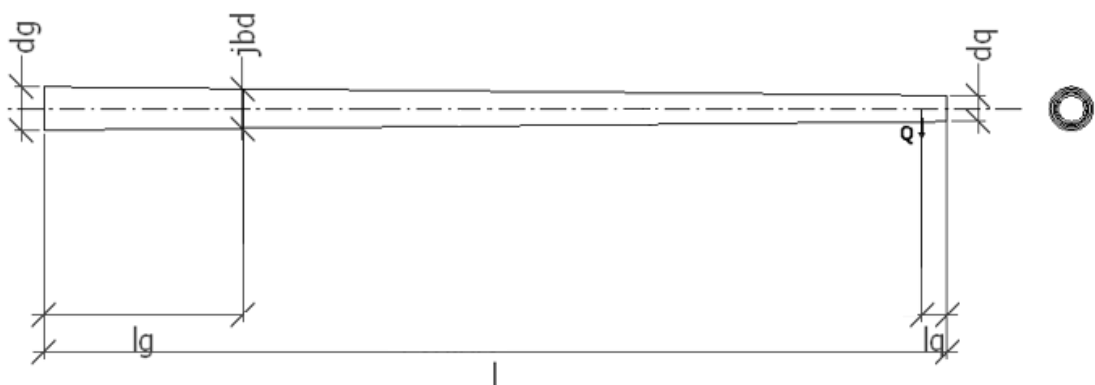
F1-F2



Stolper med svekkelse, uten iFOAM

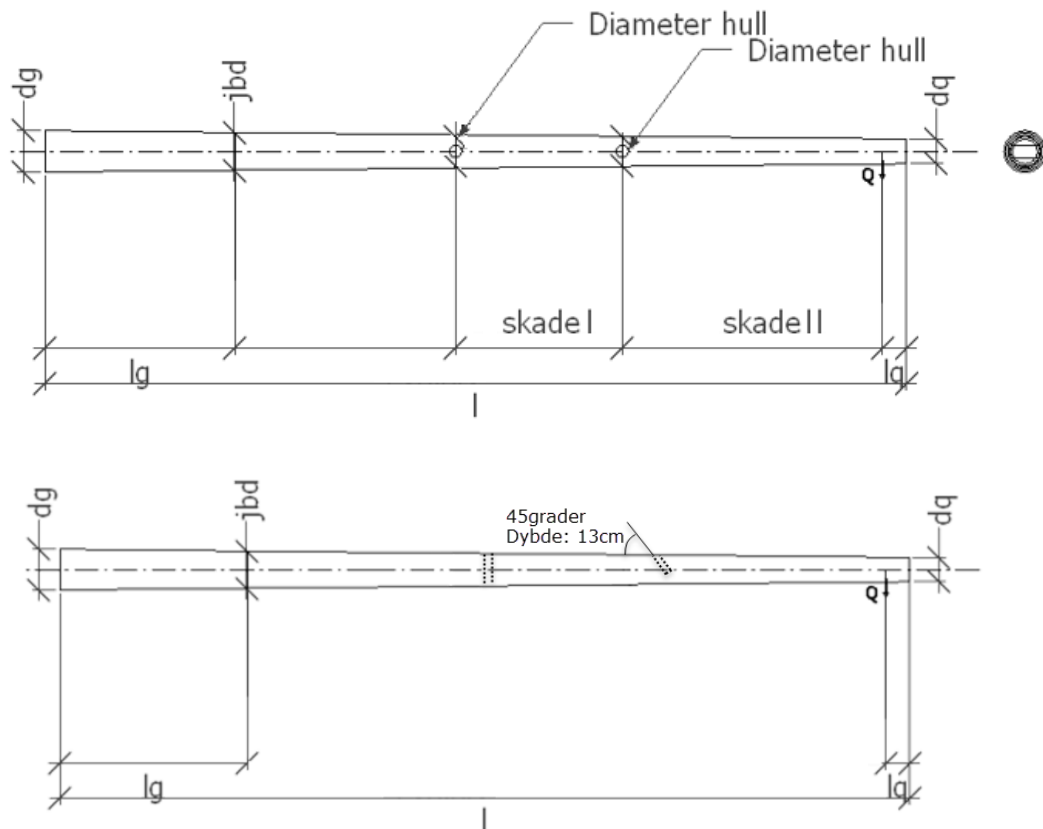
Diameter hull = 56mm
 Skade I = 2000mm
 Skade II = 3000mm

N1



Stolpe uten iFOAM, uten skade.

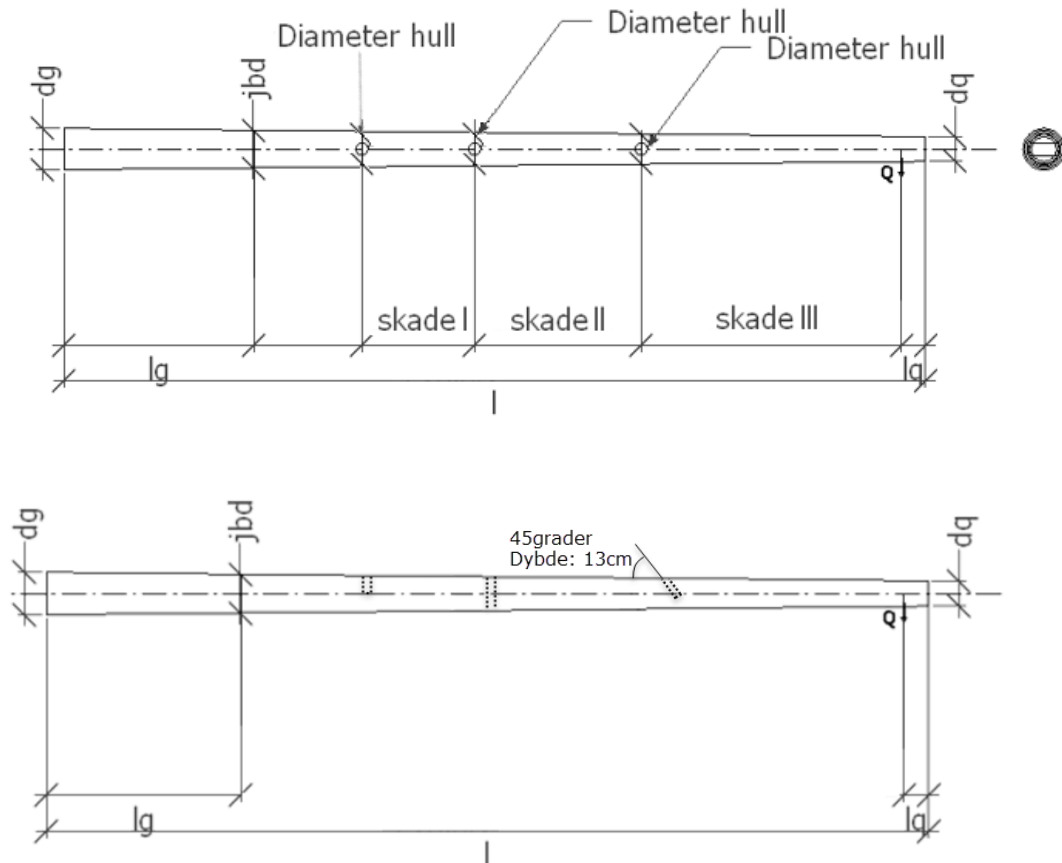
S1-S3



Stolpe med svekkelse m/ iFOAM

Diameter hull = 56mm
Skade I = 2000mm
Skade II = 3000mm

S4



Stolpe med svekkelse med iFOAM.

Diameter hull = 56mm
 Skade I = 1000mm
 Skade II = 2000mm
 Skade III = 3000mm

Beregninger

Verdier fra leverandør

Ut fra data på leverandør har vi beregnet bruddstyrke i stolpen.

Beregningene er foretatt med disse kriterier:

f_{mk} , [N/mm ²]	40,3
$E_{0,mean}$, [N/mm ²]	9000
$f_{m,d}$, [N/mm ²]	29,9
γ_m	1,35

Navn	Lengde [m]	JBD [mm]	dq [mm]	Impregnering	E_{0mean} [N/mm ²]	$f_{m,d}$ ¹ [N/mm ²]
S1	10	240	180	Kreosot	9000	29,9
S2	10	240	180	Kreosot	9000	29,9
S3	10	240	180	Kreosot	9000	29,9
S4	10	240	180	Kreosot	9000	29,9
F1	10	240	180	Kreosot	9000	29,9
F2	10	240	180	Kreosot	9000	29,9
N1	10	240	180	Kre		

Beregnet horisontal bruddlast, f_{mk} 40,3 N/mm²

Navn	Bruddlast [kN]
NA	6,837 _(6,08)

Beregnet horisontal arbeidslast, $f_{m,d}$ 29,9 N/mm²

Navn	Arbeidslast [kN]
NA	5,072 _(4,28)

¹ Fiberstyrken, $f_{m,d} = f_{mk} \text{ 40,3 N/mm}^2 \times / \gamma_m \text{ 1,35} = 29,9 \text{ N/mm}^2$

Testresultater

Bilde under viser innspenning, og stolpe under test.

Utbøying, krumming, last, og andre observasjoner ble loggført i tabeller vist nedenfor.



F1

Måling	Testlast	X [mm]	Y [mm]	Last [kN]	Lyd	Tid [sek]
Startposisjon	NA	9,873	2,9	NA	NA	NA
50 %	2,54					60
75 %	3,80					60
90 %	4,56					60
100 %	5,07	0,775	0,04	5,11		60
105 %	5,33	0,835	0,05	5,36		300
110 %	5,58					60
115 %	5,83					60
120 %	6,09					60
125 %	6,34	1,097	0,06	6,34		60
130 %	6,59					60
135 %	6,85	1,095	0,07	6,9		60
140 %	7,10					60
145 %	7,35	1,188	0,09	7,48		60
150 %	7,61					60
155 %	7,86	1,266	0,1	7,86	L	60
160 %	8,12			8,12	B	60

Stolpenavn:

F1

Fuktighet v/brudd:

15,6

%

Observasjon v/brudd:

Gikk rett av ved nedre hull.
En kvist ble lokalisert ved brudd

Toppdia:

207

mm

JBD:

242

mm



F2

Måling	Testlast	X [mm]	Y [mm]	Last [kN]	Lyd	Tid [sek]
Startposisjon	NA	9,78	3,787	NA	NA	NA
50 %	2,54					60
75 %	3,80					60
90 %	4,56	0,626	0,08	4,56		60
100 %	5,07					60
105 %	5,33	0,742	0,125	5,3		300
110 %	5,58					60
115 %	5,83					60
120 %	6,09	0,868	0,175	6,16		60
125 %	6,34					60
130 %	6,59					60
135 %	6,85					60
140 %	7,10	1,092	0,258	7,12	L	60
145 %	7,35			7,4	B	60
150 %	7,61					60
155 %	7,86					60
160 %	8,12					60

Stolpenavn:

F2

Fuktighet v/brudd:

24

%

Observasjon v/brudd:

Brudd ved hull, 2,2m over jbd.
Ingen kvister ble
lokalisert.

Toppdia:

175

mm

JBD:

242

mm

Kommentarer:

223 mm ved brudd.



ELEKTRO
UTVIKLING AS

S1

Måling	Testlast	X [mm]	Y [mm]	Last [kN]	Lyd	Tid [sek]
Startposisjon	NA	10,042	2,92	NA	NA	NA
50 %	2,54					60
75 %	3,80					60
90 %	4,56					60
100 %	5,07	0,833	0,033	5,18		60
105 %	5,33	0,877	0,04	5,27		300
110 %	5,58					60
115 %	5,83					60
120 %	6,09					60
125 %	6,34	1,07	0,075	6,33		60
130 %	6,59					60
135 %	6,85	1,165	0,388	6,81		60
140 %	7,10				L	60
145 %	7,35	1,273	0,102	7,3		60
150 %	7,61					60
155 %	7,86					60
185 %	9,40				B	60

Stolpenavn:

S1

Fuktighet v/brudd:

23

%

Observasjon v/brudd:

2 brudd:

Brudd ved kvist 300mm nedenfor forsterkning, og sekundært brudd ved forsterkning.

Toppdia:

191

mm

JBD:

240

mm

Kommentarer:



ELEKTRO
UTVIKLING AS

S2

Måling	Testlast	X [mm]	Y [mm]	Last [kN]	Lyd	Tid [sek]
Startposisjon	NA	10,021	2,876	NA	NA	NA
50 %	2,54					60
75 %	3,80					60
90 %	4,56					60
100 %	5,07	0,691	0,014	5,12		60
105 %	5,33	0,735	0,034	5,36		300
110 %	5,58					60
115 %	5,83					60
120 %	6,09					60
125 %	6,34	0,891	0,054	6,35		60
130 %	6,59					60
135 %	6,85	0,952	0,064	6,89		60
140 %	7,10					60
145 %	7,35	1,034	0,084	7,44	L	60
150 %	7,61					60
155 %	7,86	1,104	0,094	7,89		60
187 %	9,50				B	60

Stolpenavn:

S2

Fuktighet v/brudd:

18

%

Observasjon v/brudd:

Brudd 20 cm over jbd. Ingen kvister registret.

Toppdia:

191

mm

JBD:

248

mm

Kommentarer:



ELEKTRO
UTVIKLING AS

S3

Måling	Testlast	X [mm]	Y [mm]	Last [kN]	Lyd	Tid [sek]
Startposisjon	NA	9,784	3,02	NA	NA	NA
50 %	2,54					60
75 %	3,80					60
90 %	4,56					60
100 %	5,07					60
105 %	5,33	0,731	0,03	5,31		300
110 %	5,58					60
115 %	5,83					60
120 %	6,09					60
125 %	6,34	0,875	0,07	6,34		60
130 %	6,59					60
135 %	6,85	0,964	0,08	6,91		60
140 %	7,10					60
145 %	7,35	1,024	0,09	7,39		60
150 %	7,61					60
155 %	7,86	1,118	0,12	7,87	L	60
193 %	9,80				B	60

Stolpenavn:

S3

Fuktighet v/brudd:

22

%

Observasjon v/brudd:

Brudd 30 cm over nederste
forsterkning.
Observert 3 kvister rundt bruddsted.

Toppdia:

193

mm

JBD:

247

mm

Kommentarer:



S4

Måling	Testlast	X [mm]	Y [mm]	Last [kN]	Lyd	Tid [sek]
Startposisjon	NA	9,823	3,807	NA	NA	NA
50 %	2,54					60
75 %	3,80					60
90 %	4,56					60
100 %	5,07					60
105 %	5,33	0,649	0,075	5,34		300
110 %	5,58					60
115 %	5,83					60
120 %	6,09	0,758	0,112	6,11		60
125 %	6,34					60
130 %	6,59					60
135 %	6,85	0,87	0,145	6,95	L	60
140 %	7,10					60
145 %	7,35	0,972	0,177	7,41		60
150 %	7,61					60
155 %	7,86	1,03		7,87	B	60
160 %	8,12					60

Stolpenavn:

S4

Fuktighet v/brudd:

23

%

Observasjon v/brudd:

Lokalt brudd.
3 kvister observert ved boring

Toppdia:

169

mm

JBD:

248

mm

Kommentarer:



ELEKTRO
UTVIKLING AS

N1

Måling	Testlast	X [mm]	Y [mm]	Last [kN]	Lyd	Tid [sek]
Startposisjon	NA	9,999	2,939	NA	NA	NA
50 %	2,54					60
75 %	3,80					60
90 %	4,56					60
100 %	5,07					60
105 %	5,33	0,644	0,152	5,3		300
110 %	5,58					60
115 %	5,83					60
120 %	6,09	0,78	0,035	6,2		60
125 %	6,34					60
130 %	6,59					60
135 %	6,85	0,875	0,041	6,99		60
140 %	7,10					60
145 %	7,35					60
150 %	7,61					60
155 %	7,86	0,97	0,045	7,82		60
197 %	10,00				L	60
250 %	12,70				B	60

Stolpenavn:

N1

Fuktighet v/brudd:

18

%

Observasjon v/brudd:

Brudd 250 cm fra jbd.
Ingen kvister eller
sprekker

Toppdia:

213

mm

JBD:

245

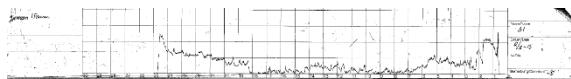
mm

Kommentarer:

Resistograph målinger

Før test ble det tatt målinger for å se tilstanden på trestolpe, samt å sjekke om det kunne forekomme noen luftlommer mellom treverk og iFOAM. Det ble derfor tatt tester både horisontalt, og vertikalt på skadepunktet.

Målingene viste at iFOAM binder seg godt til treverk, men det ble observert en liten luftlomme 2,5-3mm ved S4.



For målinger, se vedlegg.

Analyse av testresultater

Grunnet få testobjekt er analysen basert på de målinger som er foretatt.

For en bedre analyse må man teste et større utvalg stolper.

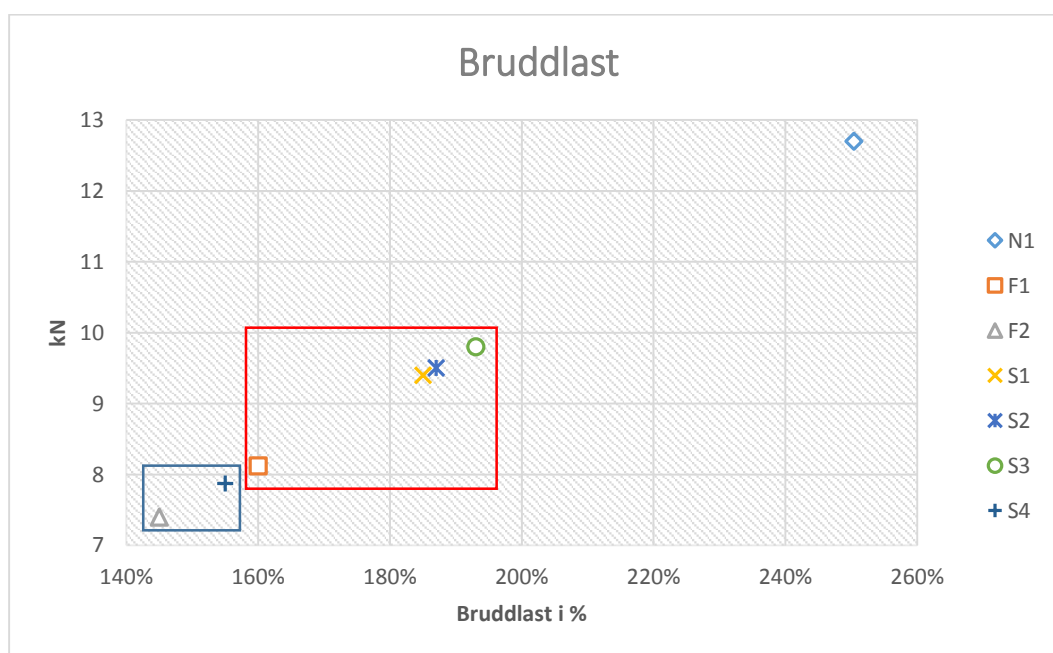
Bruddlast

I tabellen under vises bruddlasten i Y-akse, bruddlast i % på X-akse. Som det fremkommer av punktdiagrammet nedenfor, tålte stolpene mer enn det som var antatt. Med en sikkerhetsfaktor på 1,35, skulle brudd ha oppstått rundt 135%.

Ved oppsett 1, utgjorde det en forskjell fra 7,4kN til ca. 8kN med iFOAM. Tilsvarende en økning med 6%, 0,6kN.

Ved oppsett 2, utgjorde det en forskjell fra 8,12kN til 9,4-9,8kN med iFOAM. Tilsvarende en økning med 16%-21%, 1,28-1,68kN.

N1 som var uten skade fikk brudd ved 12,7kN.



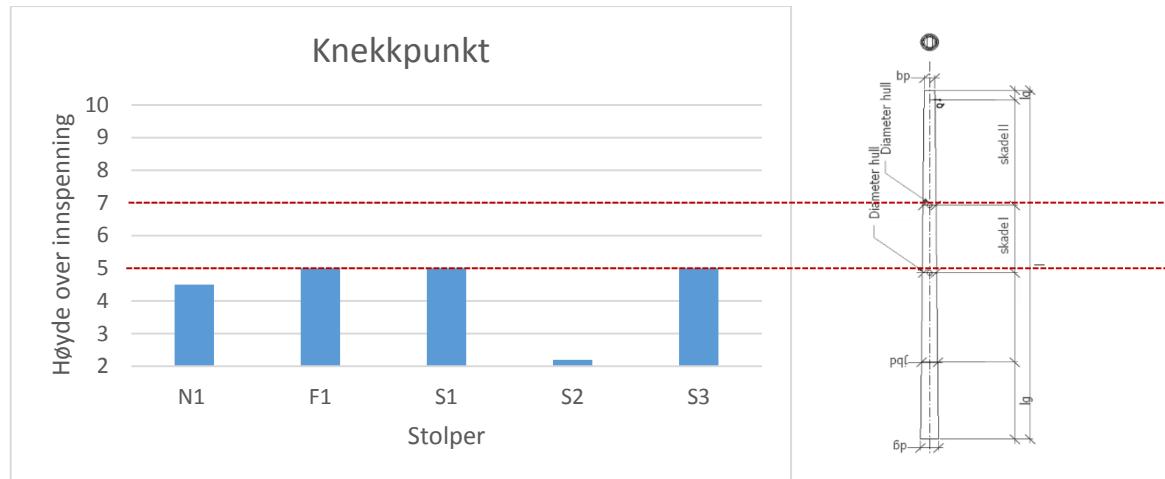
Oppsett 1: Blått. Oppsett 2: Rødt



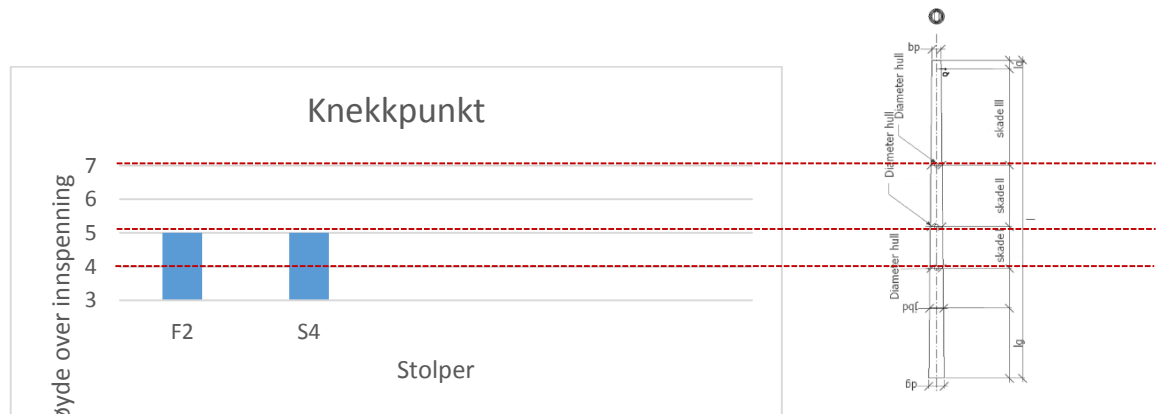
Knekkpunkt

Stolpediagram viser at knekkpunktene opptrådte nesten likt. Bruddsted var ved 4-5 meter fra rotende, ved skade og skade m/ iFOAM.

S2 fikk et lokalt brudd 20 cm over innspenning.



F2 og S4 viser samme resultat som ovenfor. S4 ble også svekket ved 4 meter og forsterket med iFOAM, men testen viste at skade I ikke hadde betydning styrken på stolpen. Stolpen knakk ved skade II.



Beregninger kontra test

Beregningene som ble foretatt før test avvirket med det testene viste, dette kan skyldes lavere fuktighet i treverket, samt at stolpene hadde mindre avsmalning enn det som var beregnet.

Observasjoner rundt iFOAM

Under belastning holdt massen seg godt til treet, og det var ingen antydning til sprekkdannelse, eller skille mellom tre og masse. Etter brudd kunne man se at massen hadde slipt treverket.



Referanser

Bevanger, K. (1995). *Hakkespetter som konfliktfaktor i elektrisitetsforsyningen*. NINA, Norsk institutt for naturforskning.