



Høgskolen i **Hedmark**

Avdeling Evenstad  
Institutt for skog- og utmarksfag

Emil Linell

## 6EV299 Bacheloroppgave

# Skogens stabilitet mot stormskador vid en kraftledning i Imsroa

Bachelor i skogbruk

28.04.2017

Samtykker til utlån hos høgskolebiblioteket JA  NEI

Samtykker til tilgjengeliggjøring i digitalt arkiv Brage JA  NEI

## Innehållsförteckning

Abstract .....	3
Sammandrag.....	4
Förord .....	5
1. Inledning.....	6
2. Material och metod.....	9
2.1 Studieområde.....	9
2.2 Försöksdesign.....	9
2.3 Fältarbete .....	11
2.4 Databehandling.....	12
3. Resultat.....	16
3.1 Uträkning av trädhöjd.....	16
3.2 Stabilitet på kanträd och resten av träden.....	17
3.3 Andel vindfall på dagens kraftledning vid en vindhastighet på 22 m/s .....	19
3.4 Effekten av att bredda kraftgatan 3 meter .....	20
4. Diskussion .....	21
4.1 Uträkning av trädhöjd.....	21
4.2 Stabilitet på kanträd och resten av träden.....	21
4.3 Stora variationer i kanteffekt mellan olika bestånd.....	22
4.4 Andel vindfall på dagens kraftledning vid en vindhastighet på 22 m/s .....	23
4.5 Effekten av att bredda kraftgatan 3 meter .....	24
4.6 Många faktorer som påverkar en stormstark skog .....	25
4.7 Material och metod samt felkällor .....	25
4.8 Slutsats .....	26
5. Referanslista .....	27

## Abstract

Storm damage make 50% of the damage to standing forests in Europe where the uprooting and stem breakage over the power lines is the leading cause of long power failure in Norway. During a power failure energy companies have to pay money regulate from KILE and because of the uprooting and stem breakage over the powerline energy companies pay 100 million in reoperations- and KILE costs every year. The storm Dagmar had an estimated KILE cost of 450 million for the energy companies in Norway. Since a safe power supply is obvious in today's society, the working project group «strong forest» are working to reduce the number of uprooting and stem breakage by shaping strong forests beside the power lines.

This study shows the edge effect and the stability in forest beside the power lines by a ratio between diameter and height of individual trees (D/H ratio). From D/H ratio was it calculated what each edge tree manages in windspeed and it was simulated a storm with a windspeed at 22 m/s. This study also check the effect of a storm of 22 m/s when the forest was broadened 3 meters. The study area is the power line in Imsroa in Stor-Elvdal municipality and covers 516 trees in total 12 stands.

The result shows that there is an edge effect in the forest beside the power line, the edge trees are more stable than the rest of the trees for both the main tree species and other species. Although the edge effect is not found to be significant. There is a large variation in the edge effect between all 12 stands for both the main tree species and other species. With a storm at 22 m/s uprooting and stem breakage happens in a proportion of 18.3% of the edge trees. If the forest beside the powerline was broaden with 3 meters the proportion of uprooting and stem breakage will be 2% more to the edge trees.

## Sammandrag

Stormskador utgör 50% av skadorna på stående skog i Europa där vindfall över kraftlinjer är den största orsaken till längre strömavbrott i Norge. Vid strömavbrott reduceras energibolagens intäkter efter KILE-ordningen och på grund av vindfall betalar energibolagen årligen 100 miljoner i reparations- och KILE kostnader. Stormen Dagmar fick en estimerad KILE kostnad på 450 miljoner kronor för energibolagen i Norge. Eftersom en säker strömleverans är en självklarhet i dagens samhälle arbetar projekt gruppen «sterk skog» med att reducera antalet vindfall genom att forma stormstarka kantskogar vid kraftledningarna.

Arbetet belyser kanteffekten och stabiliteten vid kraftledningarna genom ett förhållande mellan diameter och höjd på enskilda träd (D/H-kvoten). Utifrån D/H-kvoten beräknas vad varje enskilt kanträd klarar av i en vindbelastning där en storm på 22 m/s simuleras. I arbetet kontrolleras också effekten av en storm på 22 m/s då kraftgatan breddats med 3 meter. Studieområdet är kraftlinjen i Imsroa i Stor-Elvdal kommun och behandlar 516 träd i totalt 12 bestånd.

Resultatet visar att det finns en kanteffekt i skogen vid kraftledningen alltså att kanträden är stabilare än resten av träden för både huvudträdslaget och övriga trädslag. Även om kanteffekten inte visar sig vara signifikant. Det finns en stor variation i kanteffekt mellan alla 12 bestånd för både huvudträdslaget och övriga trädslag. Vid en storm på 22 m/s blir andelen vindfall på 18,3% av kanträden. Breddar man kraftgatan med 3 meter så ökar andelen vindfall med 2% av kanträden.

## Förord

Som en avslutande del av min 3 åriga utbildning i skogsbruk på Høgskolen i Hedmark, campus Evenstad gör jag en kandidatuppsats. Jag ville i min uppsats belysa ett problem med skogen som berör hela samhället. Mina tankar vandrade mot elförsörjning och avbrott i strömleverans på grund av vindfall över krafledningar, vilket i sig är ett stort samhällsekonomiskt problem. Jag kom därför i kontakt med prosjektgruppen «sterk skog» som jobbar med att reducera vindfall på kraftlinjerna. I prosjektgruppen ingår Norsk institutt for bioøkonomi, Statens meteorologisk institutt, Mørenett AS, Eidsiva Nett, Hafslund Nett AS och Trønderenergi Nett AS.

Utifrån mitt intresseområde utarbetades mina frågeställningar och en plan för fältregistreringar i projektgruppen. Det resulterade i en analys av stabiliteten i kantskogen med en indelning på kanträd och resten av träden i kantskogen. Vi kom också fram till att simulera en 50-års storm på 22 meter per sekund och därmed få ut andelen vindfall längs med kraftlinjen. I min frågeställningen tog jag också med vad effekten av en breddning av kraftgatan skulle ge.

Jag vill tillslut tacka alla involverade i prosjektgruppen «sterk skog» med Svein Solberg i spetsen som agerat som min andra handledare genom uppsatsen. Det har varit oerhört lärorikt att få vara med på alla projektmöten. Annars ett stort tack till Petter Økseter som varit min handledare på Høgskolen i Hedmark.

Evenstad, 28. april 2017

Emil Linell

## 1. Inledning

I dagens samhälle är en säker tillgång på ström en självklarhet för både näringsliv och hushåll (Olje- og energidepartementet, 2014). Det höga förbruket av elektricitet och den geografiska fördelningen av produktion och förbruk av ström gör att Norge har cirka 200 000 km med luftburna kraftledningar. Kraftledningarna delas in i olika nivåer, där 55% är lågspänt fördelningsnät och 30% högspänt distributionsnät från 1-22 kV. Regionalnätet utgör 8% med spänningsnivåer från 22-123 kV och 7% finns i form av centralnätet på 132 - 420 kV (Trømborg, 2012).

Under 2001 blev KILE-ordningen implementerad i Norge och den omfattar kostnader vid att inte leverera energi. När energin inte kan levereras och avbrottet är i över 3 minuter blir energibolagens intäkter reducerad. Reduktionen i intäkter sker för att kompensera de samhällsekonomiska kostnaderna som uppkommer vid ett avbrott i strömleveransen. Idag omfattar KILE-ordningen också kortare strömavbrott på under 3 minuter (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2016). Ett avbrott i strömleverans sker inte bara vid extremväder utan också i normala år där man måste räkna med trädfall. Trädfall på kraftledningar orsakat av storm är den största orsaken till längre strömavbrott i Norge (Trømborg, 2012). Den värsta stormen på 20 år var då Dagmar julen 2011 härjade i stora delar av Norge och som fick en estimerad kostnad på 450 miljoner kronor i KILE-kostnader för energibolagen (Energi Norge, 2012). Bortser man från extremväder ger ändå stormskador på skog reparationskostnader och böter efter KILE-ordningen en kostnad på 100 miljoner per år som påverkats av trädfall på kraftlinjen (Norsk Institutt for bioøkonomi [NIBIO], 2016). Efter stormen Ivar var den största orsaken till strömavbrotten träd som fallit över kraftlinjen med en kostnad på 93 miljoner kronor för energibolagen, då blev 111 000 kunder strömlösa (Norsk Rikskringkasting [NRK], 2014).

I Europa utgör stormskador 50% av de totala skadorna på skogen och är den mest omfattande skadetyper. Stormskadorna förväntas också öka i framtiden genom en ökad klimatförändring. Ökade stormskador påverkas av ett varmare och våtare klimat, särskilt i storm säsongen under vintern som då reducerar rotsystemets förankring i marken (Solberg, Lohne, Lupke & Tarp, 2014). Att skogen i Norge är under förändring påverkar trädfall på kraftledningarna genom att skogen blir äldre och större. De klimatiska förändringar som pågår ger mildare och våtare vintrar med mer vind. Med mildare vintrar kan växtsäsongen starta tidigare och det ger en ökad tillväxt på stående skog. Driftsavbrotten på ledningarna är jämnt fördelat under året men trädfall

sker mest under höst och vinter (Trømborg, 2012). Kraftbranschen möter alltså stora utmaningar med stadigt ökande mängder med skog längs med de luftburna kraftledningarna. Kombinationen med ändrat klimat som går mot mer nederbörd, högre temperatur och därmed mindre tjäle i marken och mer vind gör att risken för trädfall på linjen ökar avsevärt (Sterk skog, s.a.).

Största risken för vindskador uppstår med plötsliga förändringar i vindpåfrestning som träden inte är anpassade för. En plötslig vindpåfrestning kan vara en storm eller en stark vind mot ett bestånd som gallrats intensivt eller står i närheten av ett nyligen avverkade bestånd (Ikonen, Kellomäki, Peltola, & Väisänen, 1999, s. 647).

För att en vind ska klassas som en storm ska vindhastigheten under 10 minuter ha ett medeltal på 24,6 m/s på 10 meters höjd över öppen mark. Men träd kan givetvis blåsa ner vid lägre vindhastigheter än det som klassas för storm. Dessa stormar kommer cirka vart 50:e år och kallas för 50 års stormar (Blennow, s.a.). I Stor-Elvdal kommun som denna kraftledning står i är 50 års stormen beräknad till 22 m/s (Referansevindhastighet, 2009).

För att beskriva trädens anpassning till de rådande vindförhållandena används en kvot som beskriver det enskilda trädets avsmalning. Den här kvoten är förhållandet mellan diameter och höjd och visar förmågan att stå emot vindskador. Har trädet blivit anpassad till en stor vindbelastning så är kvoten hög. En hög kvot representerar därför ett träd som har en stor diameter med en låg höjd och är därför ett träd med en hög stabilitet. Har trädet däremot anpassats till en låg vindbelastning så är kvoten låg. Vilket representerar träd som har en liten diameter och en hög höjd, det ger klena och långa träd med en låg stabilitet (Fridman & Valinger, 2011). Utifrån kvoten som visar diameter och höjd förhållandet finns en studie som beskriver hur mycket ett enskilt träd klarar av i vindbelastning innan trädet utsätts för vindskador (Peltola et al., 1999, s. 654).

Risken för vind- och stormskador påverkas också av skötselgrepp i skogen. Man kan genom olika skötselgrepp forma en mer stabil kantskog som är mer rustad mot vindbelastningar. För att forma en stabil kantskog bör man röja granskogen kring 2-4 meters höjd och gallra skogen i ett tidigt skede, man bör inte gallra granskog med en trädhöjd på över 20 meter. Efter en gallring bör man behandla skogen mot rotröta och man bör vänta minst 5 år innan en eventuell gödsling sker. Man kan också förbereda en fröträdställning genom en gallring 5-10 år före föryngringsavverkningen. För att få ett stabilare rotfäste för träden kan man dikesrensa där det

behövs. En viktig och primär del vid kraftledningarna är också att se upp för kanter som är exponerade för vind (Skogsstyrelsen, 2006). Eftersom träd som tidigare stått väldigt tätt och skyddad från vind helt plötsligt friställs och med ett mindre skydd av kanträd och utan anpassning till rådande vindbelastning då får en ökad risk för stormskador. Det gör att en gradvis friställning minskar risken för vindfall då träden får en större chans att bygga ut sina rotsystem och stammar till att klara av vinden och bli mer motståndskraftig mot stormskador (Ståndortsplanering, 2016).

Frågeställning:

1) Får man en kanteffekt genom att kanträden är stabilare än de övriga träden i kantskogen vid kraftledningen?

H1: Man får en kanteffekt genom att kanträden är stabilare än resten av träden.

H0: Man får ingen kanteffekt genom att kanträden inte är stabilare än resten av träden.

2) Hur stor andel av kanträden utsätts för vindfall vid en storm på 22 meter per sekund?

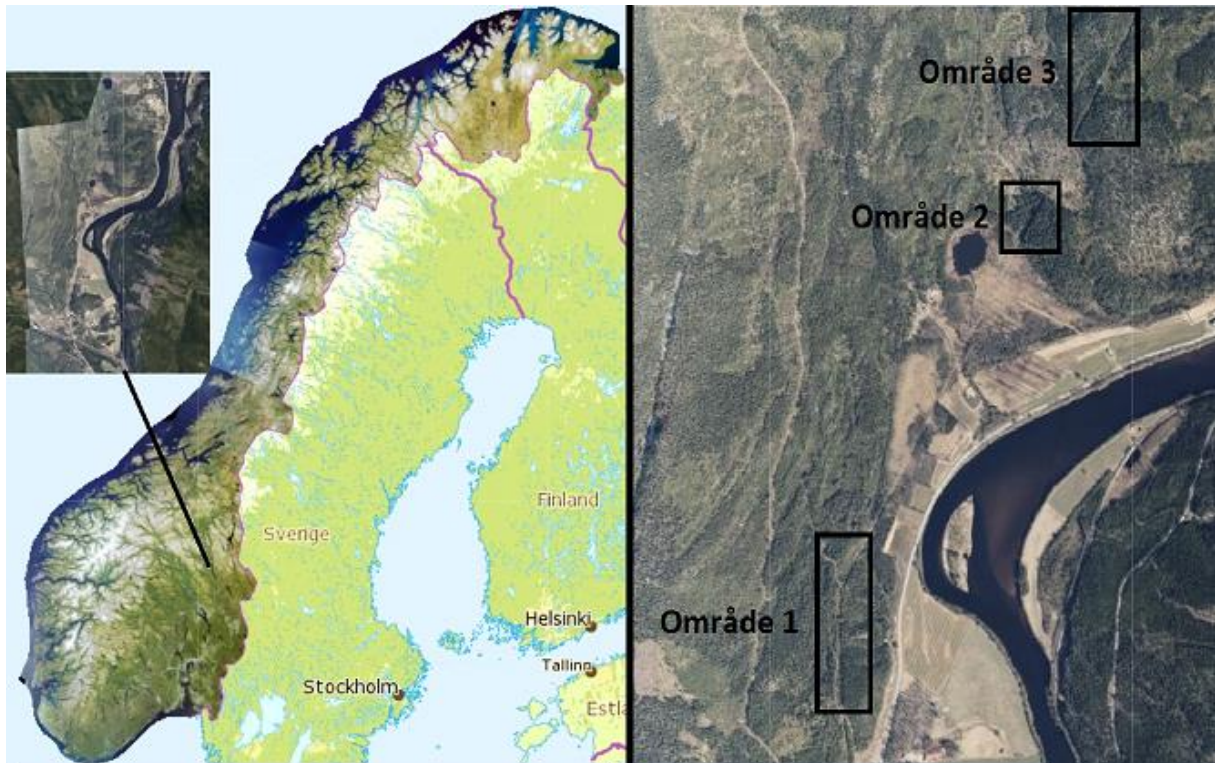
3) Hur mycket större blir andelen vindfall om man breddar denna kraftgata med 3 meter?



## 2. Material och metod

### 2.1 Studieområde

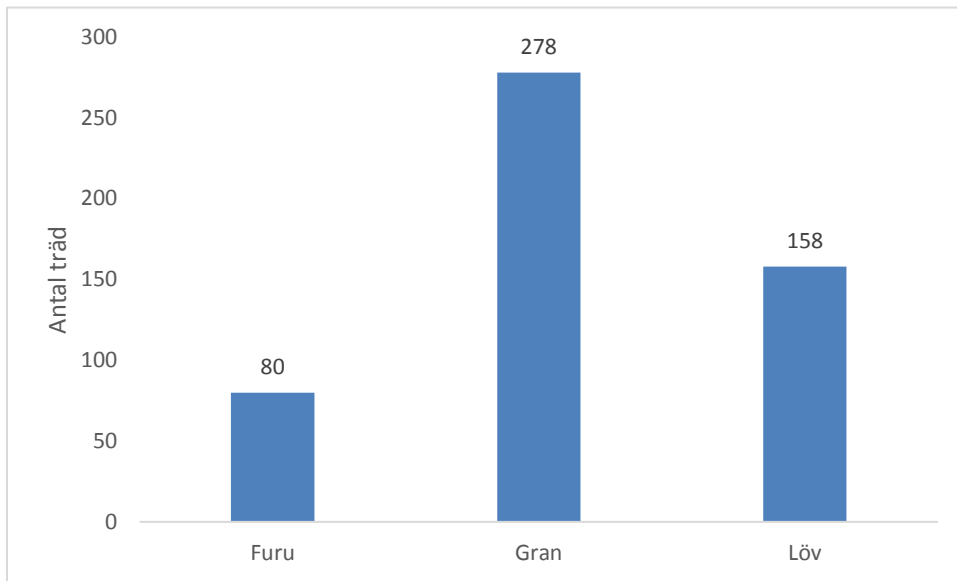
Studieområdet är på Eidsivas luftburna kraftledning i Imsroa i Stor-Elvdal Kommune. Ifrån Imsroa kraftledningen blev cirka 1000 meter av kraftledningen vald som registreringsfält indelad i 3 områden (Figur 1). Kraftledningen på 22kV blev vald i samarbete med Eidsiva för registrering av stabilitet i kantskogen.



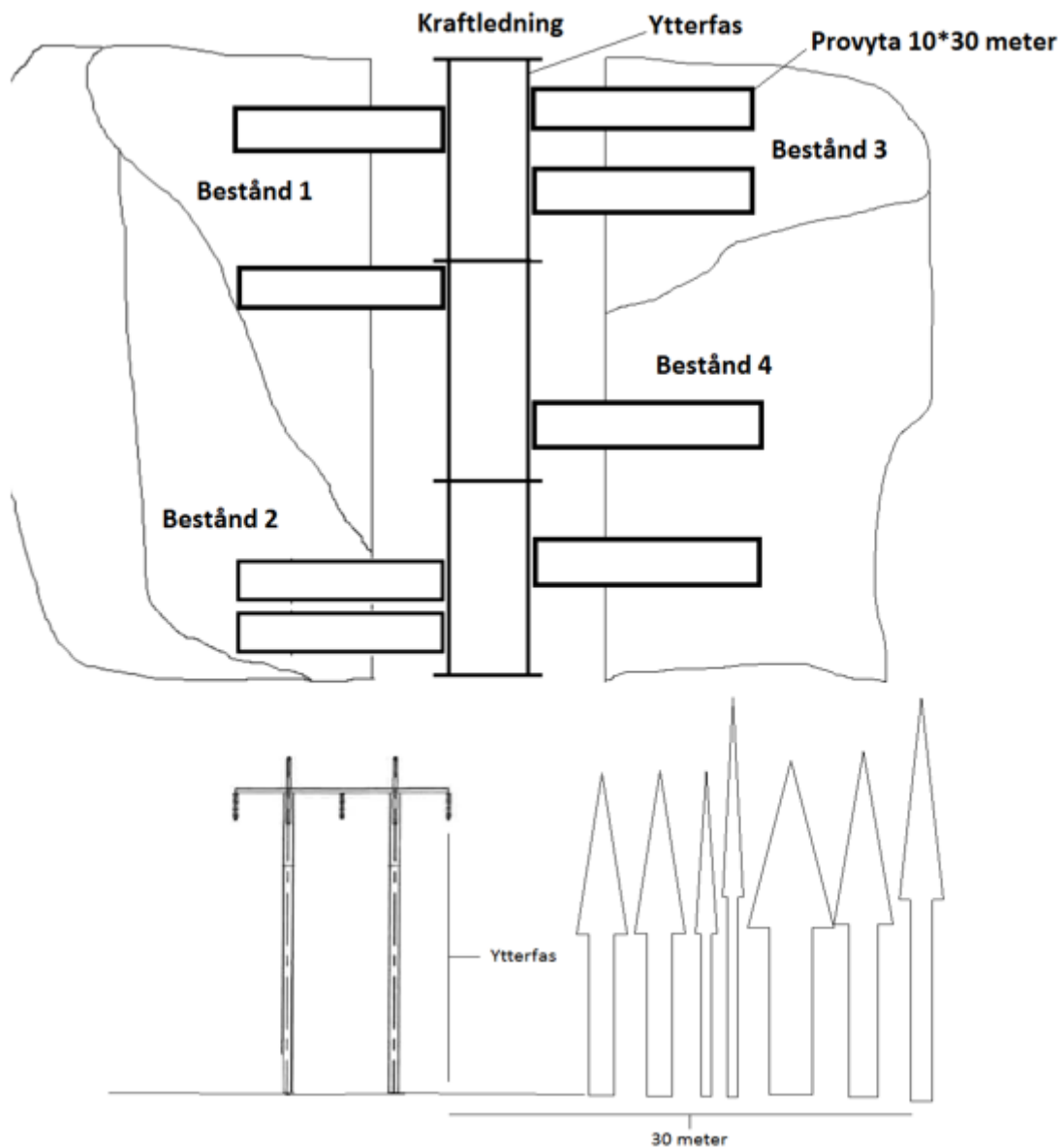
Figur 1. Områdeskarta över registreringsområdena vid kraftledningen i Imsroa (Norge i bilder, 2017).

### 2.2 Försöksdesign

Längs med kraftledningen i Imsroa blev det etablerat ett registreringsfält för registrering av stabilitet i kantskogen vid kraftledningen. Försöksfältet sträckte sig på båda sidorna om kraftledningen och delades in i 12 bestånd. I varje bestånd blev det utlagt två provytor med ett totalt antal på 24 provytor längs med kraftlinjen. Varje provyta var på 10x30 meter med start från ytterfas av kraftledningen och 30 meter ut i kantskogen. Studiepopulationen avgränsades till den äldre skogen i hogstklasse 3, 4 och 5 eftersom man i yngre skog kan forma stabiliteten. Totalt sätt registrerades det (n) 516 träd med indelningen gran, furu och löv (Figur 2). Provytorna blev jämnt fördelade i varje bestånd som gränsade mot kraftledningen och varje provyta representerade 300m<sup>2</sup> (Figur 3).



*Figur 2. Totalt antal träd som registrerades i kantskogen längs med kraftlinjen i Imsroa.*

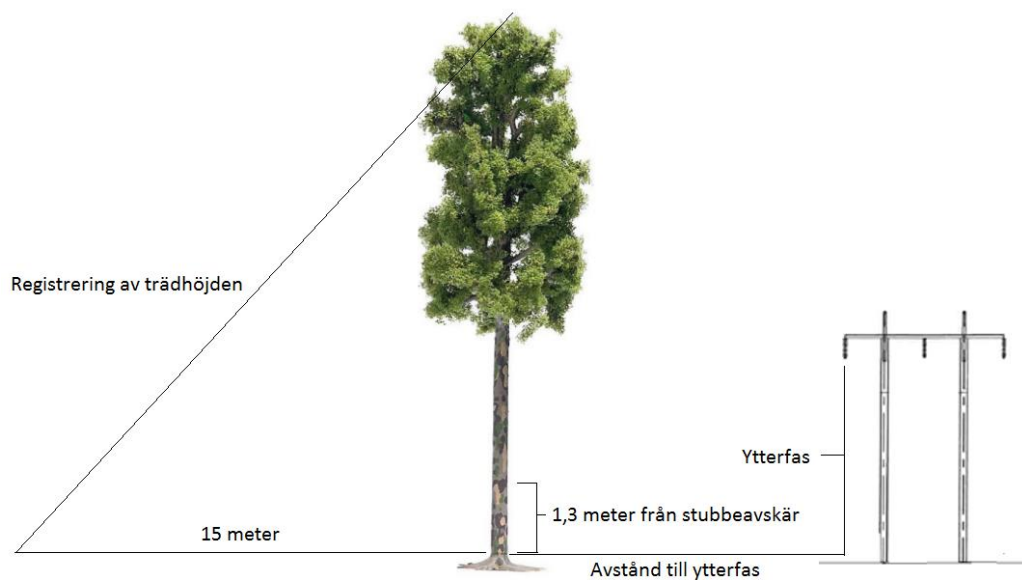


Figur 3. Fördelning av provytor i varje bestånd med utgångspunkt från ytterfas.

### 2.3 Fältarbete

Fältregistreringarna blev utförda i perioden 20 september till 10 oktober 2016. Vid utläggning av provytorna användes ett måttband för att få rätt dimension på provytan och en kompass användes för att få räta linjer på varje provyta. I varje provyta registrerades alla träden som var över halva överhöjden i beståndet. Det som registrerades var brösthöjdsdiametern, trädhöjden, trädslag och avståndet till ytterfas. Brösthöjdsdiameterna mättes 1,3 meter från stubbeavskär med en diameterklave. Trädhöjden registrerades med suuntos höjdmätare på ett avstånd på 15 meter från trädet enligt ett systematiskt system. Systemet var att när jag valde ut

träd i bestånden så hade jag ett relaskop och stod i ett hörn av provytan och vände mig mot höger. De första trädet som kommer in i relaskopet av varje trädslag är de träd som höjden registreras på. Detta gjordes i alla 4 hörnen av provytan, vilket gav 2 höjder från kanträden (3,8-9 meter från ytterfas) och 2 höjder från resten av träden (9,1-30 meter från ytterfas) i varje provyta. Totalt sätt blev det registrerat 4 höjder på kanträden och 4 höjder på resten av träden i varje bestånd. Avståndet till ytterfas registrerades med ett måttband från kanten av trädet ut till ytterfas (Figur 4).



Figur 4. Registrering av brösthöjdsdiameter, trädhöjd och avstånd till ytterfas under fältarbetet.

## 2.4 Databehandling

Microsoft Excel 2016 användes till att sortera data, beräkna diameter och höjd kvoten ( $D/H$  kvoten) som ger enskild stabilitet på varje träd. Microsoft Excel 2016 användes också till att simulera en storm på 22 m/s och en effekt av att bredda kraftgatan 3 meter. Det resulterade i tabeller och figurer som användes till att främställa resultatet från fältarbetet.

Det utfördes till en början ett t-test med antaget lik varians, där kontinuerlig y-variabeln är trädhöjd och kategoriska x-variabler är kanträd och resten av träden. Analyserna gjordes för att kontrollera om en genomsnittlig höjd i varje provyta kunde användas som höjd på alla träden i provytan eftersom höjden inte registrerats på alla träd i provytorna.

Efter att det var klarlagt att den genomsnittliga höjden kunde användas för respektive provyta så beräknades stabiliteten på varje enskilt träd genom diameter och höjd kvoten. De träd som registrerades längs med kraftlinjen delades in två grupper, huvudträdslag i en och övriga

trädslag i en. Huvudträdslagen och övriga trädslag delades därefter in i grupperna kanträd och resten av träden. Formeln som används i diameter och höjd kvoten var:

$$\text{Diameter/Höjd} = \text{Stabilitet}$$

Den här formeln utgår ifrån höjd och diameter kvoten, men för att få ett högre värde vid hög stabilitet och ett lågt värde vid låg stabilitet ändrades formeln från:  $\text{Höjd/Diameter} = \text{Stabilitet}$  till  $\text{Diameter/Höjd} = \text{Stabilitet}$ .

Det utfördes två t-test med antagen lik varians på huvudträdslagens och övriga trädslags stabilitet i grupperna kanträd och resten av skogen. Där stabilitet är kontinuerlig y-variabel och de kategoriska x-variablerna är grupperna kanträd och resten av skogen.

För att kontrollera variationerna i stabilitet mellan alla 12 bestånden av huvudträdslaget beräknades genomsnittet i stabilitet i varje bestånd. Där indelningen var kanträd och resten av träden i kantskogen. Det resulterade i en tabell där differansen i stabilitet mellan kanträd och resten av träden i kantskogen framställs.

För att sedan kontrollera hur differansen i stabilitet var för de övriga trädslagen i bestånden gjordes en ny tabell med genomsnittlig stabilitet i alla 12 bestånden, som visar differansen i stabiliteten av kanträden och resten av träden i kantskogen.

Peltola et al. (1999, s. 654) har utifrån trädhöjd och diameter beräknat hur mycket ett träd klarar av i vindstyrka innan trädet utsätts för stormskador (Figur 5). Det finns ingen formel i denna rapport så Svein Solberg seniorforskarare på NIBIO har utarbetat en formel som användes för att beskriva hur mycket vindstyrka i meter per sekund (m/s) varje enskilt träd klarar av bland kanträden (personlig kommunikation, 10. februari 2017).

Formlerna som används vid beräkningar av kritisk vinstyrka för kanträd är:

$$1) \text{ Furu: } K = -1,53 - 0,567 * H + 25,1 * DH$$

$$2) \text{ Gran: } K = 3,11 - 0,558 * H + 18,4 * DH$$

$$3) \text{ Löv: } K = -0,858 - 0,608 * H + 25,0 * DH$$

$K = \text{Kritisk vindstyrka i meter per sekund innan vindfall}$

$H = \text{Trädhöjd}$

$DH = \text{Diameter/höjd-kvoten}$

Height (m)	DBH (cm)	Stand density (stems/ha)	Wind damage
			Uprooted (m·s <sup>-1</sup> )
<b>Scots pine</b>			
12	10	1280	11.8
12	12	1280	17.8
12	15	1280	23.6
16	13.3	863	9.5
16	16	863	14.2
16	20	863	20.1
20	16.7	690	8.6
20	20	690	12.9
20	25	690	18.1
<b>Norway spruce</b>			
12	10	1280	11.7
12	12	1280	14.3
12	15	1280	20.5
16	13.3	863	9.5
16	16	863	11.5
16	20	863	16.8
20	16.7	690	8.2
20	20	690	10.0
20	25	690	14.9
<b>Birch in leaf (birch without leaves)</b>			
12	10	1280	11.8 (22.3)
12	12	1280	17.5 (26.3)
12	15	1280	23.6 (32.3)
16	13.3	863	9.6 (18.8)
16	16	863	14.3 (22.5)
16	20	863	20.2 (27.7)
20	16.7	690	8.5 (16.6)
20	20	690	12.1 (19.8)
20	25	690	17.7 (24.3)

Note: Upwind gap size is 10 tree heights.

Figur 5. Trädhöjd, brösthöjdsdiameter och vindstyrkan innan vindfall (Peltola et al., 1999, s. 654).

Formlerna för kritisk vindstyrka utgår ifrån 10 trädlängders öppet fält framför kantskogen. Den här kraftgatan har ett området utan träd på cirka en halv trädlängd. Det gör att den kritiska vindstyrka divideras med 0,36 för att korrigeras till relevant motstånd mot stormskador (Figur 6).

Utifrån vad varje enskilt träd klarar av i vindbelastning bland kanträden har det simulerats en 50 års storm med en vindstyrka på 22 m/s. De träd som enligt formeln inte klarar en vindbelastning på över 22 m/s registreras som vindfall och resten står kvar. Vid simuleringen finns både huvudträdslagen och de övriga trädslagen med i analysen.

**Table 4.** The effect of gap size on the turning moment at stand edge with different gap sizes along with the critical wind speed ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) needed to cause damage of Scots pine 20 m in height (DBH 20 cm) with spacing  $S$  of 3.8 m.

	Gap size in tree heights ( $h$ )										
	$0.5h$	$1h$	$2h$	$3h$	$4h$	$5h$	$6h$	$7h$	$8h$	$9h$	$10h$
$T_{\text{norm}}$	0.36	0.43	0.53	0.61	0.68	0.74	0.80	0.86	0.91	0.95	1.00
$u(h)_{\text{upr}}$	26.2	24.8	23.4	22.5	21.7	20.9	20.1	19.3	18.7	18.1	17.6
$u(h)_{\text{break}}$	29.1	27.6	25.9	25.0	24.3	23.7	23.2	22.8	22.5	22.1	21.8

**Note:** All the turning moments for wind speed  $u(h)$  of  $17.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  have been normalised ( $T_{\text{norm}}$ ) by dividing them by the turning moment of a tree with a gap size of 10 tree heights at the edge of a stand to allow easy comparison between the various gap sizes (gust factor 2.68 in all cases).

Figur 6. Korrigeringsfaktor utifrån storleken på området utan träd framför kantskogen (Peltola et al., 1999, s. 653).

För att se om det blev en effekt av att bredda kraftgatan med 3 meter på vardera sida om kraftledningen togs alla träd bort inom avståndet 3 meter från ytterfas. Därefter gjordes samma analys med huvudträdsdrag och övriga trädsdrag. De träd som inte klarar 22 meter per sekund registreras som vindfall medan resten står kvar.

De dataanalyser som gjordes i Excel var flera t-tester, tabeller och stapeldiagram. I stapeldiagrammen framställdes genomsnittet i varje stapel med två standard error som definieras som  $\pm 2\text{SE}$ . Hypotestester gjordes i denna rapport trots att grundlaget på 12 bestånd är för litet för hypotesteter.

### 3. Resultat

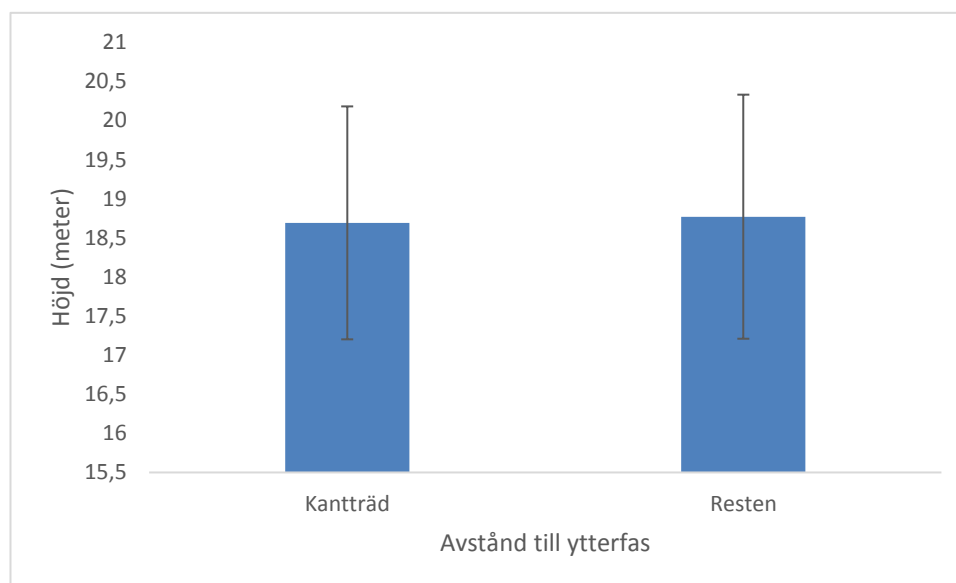
Beskrivelse av datasettet som registrerades längs med kraftlinjen i Imsroa i Stor-Elvdal kommun (Tabell 1). Tabellen visar antalet träd som registrerades i varje bestånd och tätheten uttryckt i träd per dekar (träd/da) samt de enskilda trädets i varje beståndet med kortast avstånd till ytterfas. I varje bestånd finns spannet mellan det lägsta-, högsta- och medelvärdet på höjd och diameter samt en registrering av huvudträdslaget i varje bestånd.

Tabell 1. Beskrivelse av datasettet indelat i alla 12 bestånd längs med kraftlinjen.

Bestånd	Registrerade träd	Huvudträdsslag	Träd/da	Diameter (cm)			Höjd (meter)			Träd avstånd (meter)
				Minimum	Medel	Maximum	Minimum	Medel	Maximum	
1	38	Furu	63	10	24,4	37	10,5	17,3	22	7,4
2	41	Furu	68	11	23,1	37	9	15,4	22,5	6
3	34	Furu	57	7	22,3	44	9	15,4	17,5	5,6
4	41	Löv	68	11	20,6	32	12,5	18,1	20,5	5
5	35	Gran	58	10	25,1	38	18	22,2	26	4,3
6	58	Gran	97	11	19,4	28	16,5	21,0	26	4,1
7	52	Löv	87	10	20,8	43	13	19,4	24,5	3,8
8	50	Löv	83	9	15,8	23	14,5	17,4	20	7,2
9	39	Gran	65	10	15,8	27	12	16,2	20	4,3
10	43	Gran	72	11	20,0	32	13,5	19,9	26,5	5,2
11	54	Gran	90	10	16,9	42	13,5	19,2	24	6,2
12	31	Furu	52	16	27,0	36	16,5	23,4	27	6,4

#### 3.1 Uträkning av trädhöjd

Det var ingen skillnad i höjd på träden längs med kraftlinjen i indelningen kanträd och resten av träden ( $t_{22} = 0,073$ ,  $p = 0,47$ ; Figur 7). Genomsnittlig trädhöjd var på 18,69 meter för kanträden ( $\pm 2SE = 1,49$ ) och för resten av träden 18,76 meter ( $\pm 2SE = 1,56$ ).



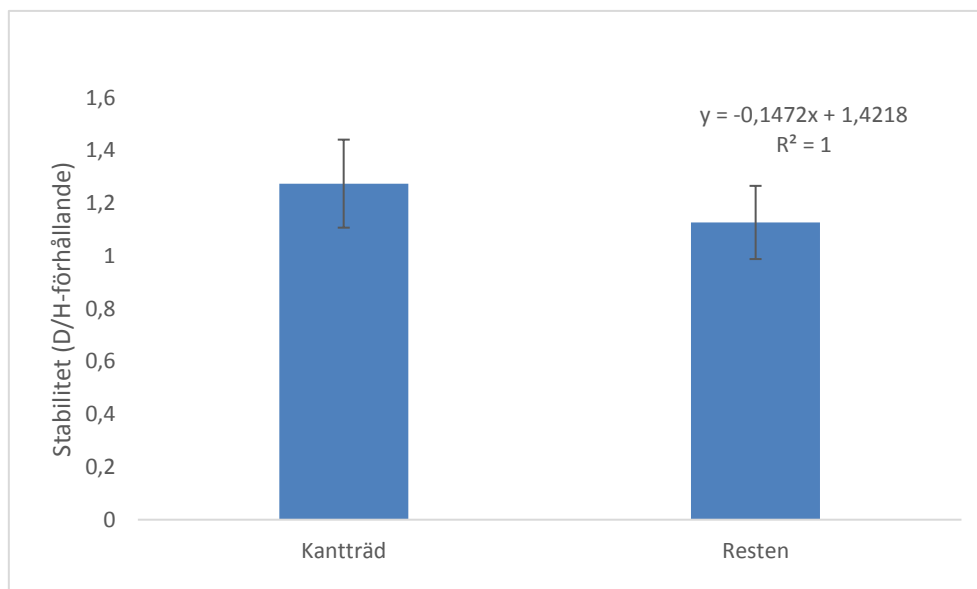
Figur 7. Genomsnittlig höjd på kanträd och resten av skogen i bestånd 1-12 ( $\pm 2SE$ ).



Då det inte var någon variation i trädhöjd på huvudträdslagen och övriga trädslag i bestånd 1-12 i indelningen kanträd och resten så kan en genomsnittlig höjd användas i varje bestånd. Att det inte är någon variation mellan träd nära kraftledningen och längre bort från kraftledningen gör att det är en jämn fördelning i höjd genom hela kantskogen.

### 3.2 Stabilitet på kanträd och resten av träden

Kanträd av huvudträdslagen hade en högre stabilitet än resten av huvudträdslagen ( $t_{22} = 1,36$ ,  $p = 0,09$ ; Figur 8). Stabiliteten var högre även om resultatet inte visar en signifikant skillnad i stabilitet av huvudträdslandet mellan kanträd och resten av träden. Att kanträden bland huvudträdslandet har en högre stabilitet än resten av träden i kantskogen visar på en kanteffekt. Genomsnittlig stabilitet för kanträd var på 1,27 ( $\pm 2SE = 0,17$ ) medan den genomsnittliga stabiliteten för resten av huvudträdslandet låg på 1,13 ( $\pm 2SE=0,14$ ).



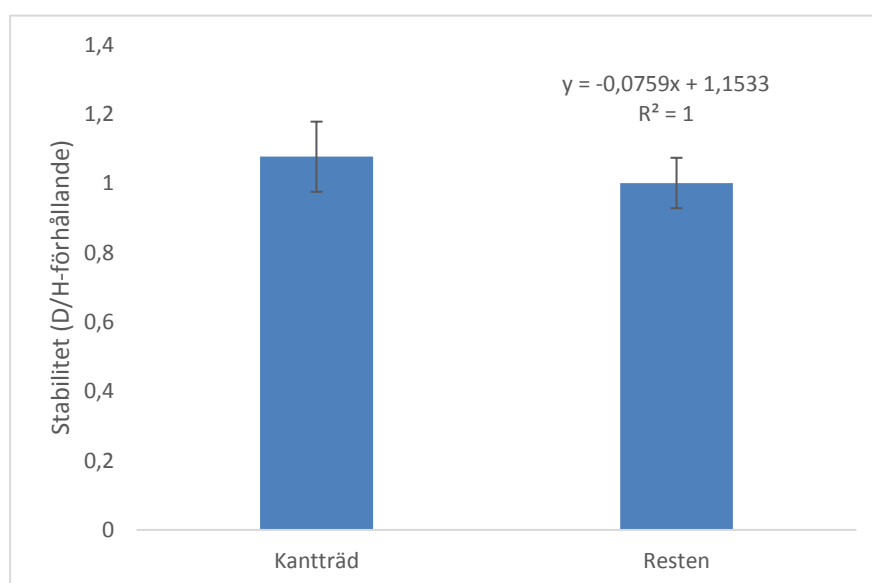
Figur 8. Genomsnittlig stabilitet på huvudträdslandet med indelning av kanträd och resten ( $\pm 2SE$ ).

Man kunde dock se att det var stora variationer i kanteffekt av huvudträdslandet mellan alla bestånd. Kanteffekten för huvudträdslandet påvisas i alla bestånd utom bestånd 4 och 9, medan man tydligast kan se kanteffekten i bestånd 5. I bestånd 4 och 9 får man en omvänd effekt och skogen längre från ytterfas får en högre stabilitet än kanträden. Bestånd 1, 2 och 3 visar en hög stabilitet genom hela beståndet och det kan bero på eventuellt tidigare skogligabehandlingar i beståndet. Man ser också tydligt hur en stor diameter hänger ihop med en hög stabilitet och att kanträden generellt sätt har en större diameter än resten av träden i kantskogen (Tabell 2).

Tabell 2. Variationerna i diameter (centimeter) och stabilitet samt höjden (meter) för huvudträdslagen i varje bestånd indelat i kanträd och resten.

Bestånd	Kanträd	Resten	Differans	Kanträd	Resten	Kanträd	Resten
	Stabilitet	Stabilitet		Diameter	Diameter	Höjd	Höjd
1	1,56	1,43	0,14	27,0	24,6	17,3	17,3
2	1,68	1,61	0,08	26,0	24,8	15,4	15,4
3	1,79	1,43	0,36	27,6	22,1	15,4	15,4
4	1,14	1,15	-0,01	20,6	20,9	18,1	18,1
5	1,52	1,08	0,43	33,7	24,0	22,2	22,2
6	1,01	0,89	0,12	21,2	18,8	21,0	21,0
7	1,20	1,02	0,19	23,3	19,7	19,4	19,4
8	1,13	0,89	0,23	19,7	15,6	17,4	17,4
9	0,91	1,03	-0,11	14,7	16,6	16,2	16,2
10	1,02	1,00	0,03	20,4	19,9	19,9	19,9
11	1,08	0,86	0,23	20,8	16,4	19,2	19,2
12	1,24	1,15	0,10	29,0	26,8	23,4	23,4

På de övriga trädslagen var också stabiliteten högre för kanträden än resten av träden ( $t_{19} = 0,44$ ,  $p = 0,33$ ; Figur 9). Här påvisas det inte heller en signifikant skillnad i stabilitet för övriga trädslag mellan kanträd och resten av träden. Men att kanträden har en högre stabilitet än resten av träden visar också här på en kanteffekt. Genomsnittlig stabilitet var 1,08 ( $\pm 2SE = 0,1$ ) för kanträd och på 1,0 ( $\pm 2SE = 0,07$ ) för resten av träden. De övriga trädslagen visar totalt sätt en lägre stabilitet än huvudträdslaget och är mer utsatt för stormskador.



Figur 9. Genomsnittlig stabilitet på de övriga trädslagen med indelning kanträd och resten ( $\pm 2SE$ ).

Även bland de övriga trädslagen varierade också kanteffekten mellan olika bestånd. Kanteffekten bland de övriga trädslagen var störst i bestånd 5 och 7. Medan de övriga trädslagen får en omvänd kanteffekt i bestånd 2, 4 och 8. Bland de övriga trädslagen har färre bestånd en kanteffekt jämfört med huvudträdslaget och därmed en sämre stabilitet bland kanträden. Lägst stabilitet finns i bestånd 8 och dessa kanträd är därför mest utsatt för stormskador (Tabell 3).

Tabell 3. Variationerna i diameter (centimeter) och stabilitet samt höjden (meter) för resten av trädslagen i varje bestånd indelat i kanträd och resten. Bestånd 10 har inga övriga trädslag medan bestånd 12 inte har några övriga trädslag som kanträd.

Bestånd	Kanträd	Resten	Differans	Kanträd	Resten	Kanträd	Resten
	Stabilitet	Stabilitet		Diameter	Diameter	Höjd	Höjd
1	1,32	1,20	0,12	22,8	20,7	17,3	17,3
2	0,93	1,38	-0,46	14,3	21,4	15,4	15,4
3	0,99	0,76	0,23	15,3	11,8	15,4	15,4
4	0,94	1,38	-0,44	17,0	25,0	18,1	18,1
5	1,44	0,95	0,50	32,0	21,0	22,2	22,2
6	0,92	0,84	0,08	19,3	17,7	21,0	21,0
7	1,33	0,90	0,43	25,8	17,4	19,4	19,4
8	0,69	0,86	-0,17	12,0	15,0	17,4	17,4
9	0,96	0,91	0,05	15,4	14,7	16,2	16,2
10							
11	1,04	1,03	0,01	20,0	19,8	19,2	19,2
12		0,92			21,6		23,4

### 3.3 Andel vindfall på dagens kraftledning vid en vindhastighet på 22 m/s

En 50-års storm på 22 m/s ger vindfall på 18,3 % av kanträden vid kraftledningen av både huvudträdslaget och övriga trädslag. Bland 109 kanträd så är det 20 träd som orsakar ett vindfall medan 89 kanträd står kvar och klarar sig från vindfall (Tabell 4).

Tabell 4. Andel vindfall bland kanträden vid en storm på 22m/s.

Dagens bredd på kraftgatan (Storm 22m/s)		
Före breddning	Antal	Andel i procent
Står kvar	89	81,7
Vindfall	20	18,3
Totalt antal träd	109	100

### 3.4 Effekten av att bredda kraftgatan 3 meter

En 50-års storm på 22 m/s ger efter en breddning av kraftgatan på 3 meter vindfall på 20,3 % av kanträden från både huvudträdslaget och övriga trädslag. En breddning på 3 meter ger alltså en ökning på 2% i vindfall. Bland 59 träd är det 12 träd som orsakar ett vindfall medan 47 träd står kvar och klarar sig från vindfall (Tabell 5).

Tabell 5. Andel vindfall vid en breddning på 3 meter av kraftgatan.

<b>Breddning av kraftgatan på 3 meter (Storm 22m/s)</b>		
<b>Efter breddning</b>	<b>Antal</b>	<b>Andel i procent</b>
Står kvar	47	79,7
Vindfall	12	20,3
Totalt antal träd	59	100

## 4. Diskussion

Målet med denna studie var att undersöka om det fanns någon kanteffekt i kantskogen brevid kraftledningen i Imsroa. Alltså att kanträden är mer stabil än resten av träden i kantskogen (Orsander, 2003). Men även titta på hur motståndskraftig kanträden är mot en 50 års storm på 22 m/s. Vidare analysera vilken effekt en breddning av kraftgatan skulle ge, alltså att en plötslig förändring av beståndskanten ger en ökad risk för stormskador (Peltola et al. 1999, s. 647).

Kanteffekten fick genom denna studie ett stöd om att en kanteffekt finns i beståndskanter. Även om det i studien visade stora variationer i kanteffekt mellan de 12 bestånd som analyserades av både huvudträdslaget och övriga trädslag. En storm på 22 m/s visar en andel vindfall på 18,3% medan en breddning av kraftgatan på 3 meter vill ge en ökning i vindfall på 2%.

### 4.1 Uträkning av trädhöjd

Det var ingen signifikant skillnad i genomsnittlig höjd på kanträden och resten av träden. Det gör att höjden inte varierar med avstånd från ytterfas. Genom att höjden inte varierar mellan kanträden och resten av träden går det använda den genomsnittliga höjden för varje enskilt bestånd.

Det kan givetvis vara variationer i höjden i inom varje enskilt bestånd vilket kan göra att en genomsnittlig höjd inte blir representativ. Hade det funnits en skogsbruksplan över skogen hade man iallfall kunnat hänvisa till eventuella röjningar som gjorts i beståndet. Eftersom röjning ger en jämnare fördelning av både höjd och diameter i beståndet (Kunskap Direkt, 2016a, s. 11).

### 4.2 Stabilitet på kanträd och resten av träden

Enligt D/H-kvoten var kanträden stabilare än resten av träden i kantskogen vid kraftledningen i Imsroa och det gällde både huvudträdslaget och övriga trädslag. Det resulterade i en kanteffekt i kantskogen vid kraftledningen. Trots att kanträden var stabilare än resten av kantskogen så var det ingen signifikant skillnad i stabilitet mellan dessa två grupper. Därför förkastas min H1-hypotes om att man får en kanteffekt genom att kanträden är stabilare än resten av träden. Förklaringen till att det inte var en signifikant skillnad kan förklaras vid att datamaterialet bara behandlade 12 bestånd och man bör ha haft minst 30 bestånd längs med kraftlinjen (Lövgren, 2009, s. 7).

Huvudträdslaget visar en högre stabilitet med en större kanteffekt än övriga trädslag längs med kraftlinjen. Det kan troligtvis förklaras med att huvudträdslaget i det stora hela är de härskande träden medan övriga trädslag i bestånden är medhärskande och behärskande träd (Agestam, 2009, s. 12). Att medhärskande träd i ett bestånd har en lägre stabilitet än härskande träd beror på att kronan är mindre utvecklad och att stammen oftare är klenare. Medan behärskande träd definieras som senvuxna träd vilket gör att medhärskande och behärskande träd är mindre stabila än härskande träd (Schotte, 1912, s. 255-256).

För att försvara min hypotes angående att kantträd är stabilare än resten av träden i kantskogen så har Orsander (2003, s. 20) gjort en analys i stabilitet efter H/D-kvoten på träd vid järnvägen mellan Emmaboda och Karlskrona i Sverige. I denna analys kan man tydligt se en skillnad i stabilitet mellan kantträd och resten av träden i kantskogen. Denna sträcka är en fallstudie på 5,5 mil och behandlar många fler bestånd än vad min analys gör.

Wåhlin (2006, s. 15) visar också han att kantträden i beståndskanter är mer motståndskraftig mot stormskador och att kantträd anpassar sig för att klara hårdare vindbelastningar än resten av skogen i bestånden.

Det som gör att kantträd blir stabilare än resten av träden inne i beståndet är den öppna ytan framför kantträden i form av kraftgatan. De öppna ytorna gör att kantträden utsätts för mer vind än bakomvarande träd i resten av kantskogen. Det gör att kantträden tidigt blir vindtåliga och växer sig grova (Länsstyrelsen, s.a.).

Det som sker med träd som får stå mer fritt så som kantträden gör är att utbudet av ljus, vatten och näring är högre. Att de mer friställda kantträden får mer ljus gör att marken värms upp fortare under våren. Då marken värms upp fortare så frigörs näring under en längre tid i jämförelse med den täta skogen som får mindre instrålning av ljus. Det gör att kantträden får en högre tillväxt i krona, stam och rötter. Den större barmängden som finns i kronan hos kantträd ger ett bättre upptag av solenergi medan ett större rotsystem gör att träden kan ta upp mer vatten och näring. Det ger därför en större diametertillväxt som resulterar i ett stabilare träd som blir mer anpassad mot skadeangrepp och vind eller snö (Fahlvik, Karlsson & Pettersson, 2012, s. 13-14).

#### 4.3 Stora variationer i kanteffekt mellan olika bestånd

Resultatet visade att det var stora variationer i kanteffekt mellan de 12 bestånd både för huvudträdslaget och övriga trädslag. I vissa bestånd fanns en tydlig kanteffekt med en stor

skillnad på stabilitet på träden inne i kantskogen och kanträden. Medan i vissa bestånd var stabiliteten mer jämn i hela kantskogen och i vissa var stabiliteten bättre längre in i kantskogen. Det finns tyvärr ingen skogsbruksplan över denna linjesträckning så det kan vara svårt att avgöra om skötselåtergårdar gjorts i en del av bestånden.

En skötselåtergård som annars kan vara en förklaring till variationerna i kantteffekt kan vara gallring som då kan ge variationer i D/H-kvoten. Här vill då styrkan på själva gallringen vara avgörande för dimensionerna i beståndet. Generellt sätt så ger starka låggallringar fler grova stammar medan extra starka gallringar ger fler träd med extra grova stammar. Variationerna mellan klena och grova stammar ökar efter alla sorters gallringsprogram men är störst då beståndet inte gallrats alls. Det som sker i bestånd som gallrats är att de kvarvarande träden anpassar sig till den nya miljön i beståndet. Anpassningen gör att träden ökar tillväxten längre ner på stammen för att kunna motstå en ökad vindpåkning (Karlsson, 2005). Resonemanget bygger på att det gjorts tidiga gallringar som format grova träd vid en låg ålder och låg trädhöjd i hela beståndet (Näslund, 2011). Att det bygger på tidiga gallringar beror på att beståndet direkt efter gallring är extra känslig och sårbar mot vind (MSB, 2013).

Det gör att ogallrade bestånd har en större variation på träd med en liten diameter och träd med en stor diameter. Medan en gallring då vill kunna ge en jämnare fördelning i diameter mellan träden i beståndet. Att beståndet får en jämnare diameter beror också på om man lagt förutsättningarna till en jämn fördelning i diameter genom en tidigare röjning (Kunskap Direkt, 2016a, s. 11).

Agestam (2009, s.17-19) har gjort en studie som visar att gallring ger en högre medeldiameter för både tall och gran vid en jämförelse på ogallrade och gallrade bestånd. I Gallrade bestånd hade tall 1,2 cm och gran 2,7 cm högre medeldiameter jämfört med ogallrade bestånd.

#### 4.4 Andel vindfall på dagens kraftledning vid en vindhastighet på 22 m/s

Vid en storm med en vindhastighet på 22 m/s skulle 18,3% av kanträden orsakas av vindfall. Min studie opererar med enskilda träd då det räcker med ett enda träd som faller över kraftlinjen för att orsaka strömavbrott och samhällsekonomiska problem (Ragnehag, 2016). Wählin (2006, s. 15) har analyserat stormskadade kanträd och i hans studie visar det sig att lite mindre en 20% av kanträden var stormfällda. Det gör att hans studie är i lik med mina 18,3 % i stormfällda kanträd.

Här ska då tilläggas att styrkan på vindhastigheten har en avörande roll på hur stora stormskadorna blir (Fridman, J., Lundström, A., Ottosson, M. & Valinger, 2006). En annan aspekt som påverkar antalet stormfällda träd är också hur stor den öppna ytan är framför beståndskanten. Desto större den öppna ytan är framför beståndskanten desto mindre vindpåfrestning klarar träden av (Peltola et al., 1999, s. 653).

Andelen stormfällda träd på 18,3 % kan vara mycket mer men också mycket mindre, då stormskadorna påverkas i stort av tidigare skötselåtergårdar. För att påverka denna andel stormfällda träd är det viktigt med en strategi på skötselåtergårdar. Att tidigt röja bestånd är en avvägningsfråga angående viltskaderisken, men tidigt röjda bestånd ger störst dimensionsutveckling och lägst röjningskostnad. Det är således viktigt att inte röja för lite med tanke på dimensionsutvecklingen (Iwarsson, 2001, s. 9). En bra dimensionsutveckling vill leda till ett stabilare träd, eftersom stormfasta träd bildas redan vid en röjning (Norrskog, (2016). Skaderisken blir större där det röjts dåligt och ökar därmed risken för stormskador, snöskador och insektsangrepp på grund av en högre trängsel i beståndet. En röjning ger också bättre förutsättningar till gallringar som kan påverka skogen i framtiden (Kunskap Direkt, 2016a, s. 5-6). Redan vid röjningen kan man forma beståndskanter som man vårdar genom hela omloppstiden mot stormskador (Norrskog, 2016).

Detta är delar som lägger en grund till stormstarka träd och således påverkar andelen stormfällda träd vid en 50-års storm på 22 m/s.

#### 4.5 Effekten av att bredda kraftgatan 3 meter

En breddning av kraftgatan på 3 meter ger en ökning på 2% i vindfall vid en storm på 22m/s. Det är också ett bevis på att träd närmare kraftledningen anpassat sig till stabilare träd enligt D/H-kvoten. Så genom att tabort träden närmast ytterfas vill man få en ökning i vindfall.

Ökningen i vindfall sker eftersom de stormstarkare kanträden närmast kraftledningen försvinner och det öppnas upp mer mark framför de nya kanträden och vilket ger en större stormfällningsrisk. Att de nya kanträden får en högre risk till vindfall är att de tidigare inte behövt utveckla ett stort rotsystem eller en stor diameter för att få en stark stam då de tidigare stått i ett tätare bestånd skyddat av andra träd (Kunskap Direkt, 2016b, s. 70-71). De kvarvarande träden i kantskogen ger efter en avverkning en ökad vindkänslighet, en ökad vindexponering och därmed en högre risk för vindfall (MSB, 2013). Då de kvarvarande träden



i det utglesta beståndet är mer vindkänsliga sker det oftast mer stormskador. Risken för vindfall ökar därför när en ny vindkänslig kant uppstår efter avverkning (Skogsstyrelsen, 2006).

#### 4.6 Många faktorer som påverkar en stormstark skog

Längs med kraftlinjen kunde man se att höjderna var moderata alltså att trädhöjden låg kring 20 meter. Det gör att trädhöjden var relativt låg och en låg trädhöjd gör att breddningen av kraftgatan troligtvis inte blir helt representativ för vindfall. Med en högre höjd på träden hade risken för vindfall varit större eftersom höga träd tar mer vind än lägre träd. Eftersom ju högre trädet är ju högre vindhastighet utsätts trädet av, i en högre höjd. Höga träd har också en högre tyngpunkt vilket resulterar i en högt placerad tyngdpunkt som ger en lång hävarm (MSB, 2013). Fridman, J. & Valinger, E. (2011) visar i sin rapport att det finns ett sammanhang mellan ökad höjd och ökade stormskador. Höjden på träden vill därför vara en faktor som hade kunnat påverka effekten av att bredda kraftgatan 3 meter.

#### 4.7 Material och metod samt felkällor

Kraftlinjen valdes i Imsroa av praktiska skäl, det vill säga ett avstånd nära min bostad och skola. Innan fältarbetet började borde en kontroll på hur representativ skogen längs med kraftlinjen var. För det dök upp problem med långa sträckor med myr, hyggen samt åkrar som gränsade bakom kantskogen. Det gjorde att det blev en uppdelning på 3 områden längs med linjen, trots det har 2 av bestånden en åker bakom sig som kan påverka D/H-kvoten.

Eftersom det beräknades en genomsnittlig höjd utifrån 8 stycken höjdmätningar i varje bestånd så är höjden en stor felkälla. Men på grund av tidsbrist valdes en beräkning av en genomsnittlig höjd istället för en höjdmätning på varje enskilt träd. Det i slutändan gör att vissa träd får en högre eller lägre höjd än i verkligheten. Trots att diameter registrerades på alla träd så påverkar den genomsnittliga höjden D/H-kvoten.

Vid fältregistreringar finns det annars alltid en risk för fel så som vegetation eller brant terräng som gör det svårt att mäta avståndet mellan träden och ytterfas. Eller att diametern eller höjden bedöms fel, men vid registreringen följdes en välutarbetad fältinstruktion för att minimera riskerna för fel.

I databehandlingen gjordes det hypotestester genom t-tester för att se om det var en signifikant skillnad i mitt resultat trots ett litet datamaterial på bara 12 bestånd. För att få kantskogen vid denna kraftlinje representativ för annan skog vid kraftledning bör man ha registrerat fler än 12 bestånd och 516 träd.

## 4.8 Slutsats

Det är en kanteffekt i skogen vid kraftledningen som visar att kantträden är mer motståndig mot stormskador och vindfall även om kanteffekten inte är signifikant. Kanteffekten gäller för både huvudträdslaget och övriga trädslag. Kanteffekten för huvudträdslaget och övriga trädslag varierar stort mellan olika bestånd längs med kraftledningen. En storm på 22 m/s ger stormskador och vindfall på 18,3 % av kantträden. Att bredda kraftgatan med 3 meter ökar stormskadorna och vindfall på kantträden med 2% vid en storm på 22 m/s.

Till sist, skogsskötselåtergärder så som en tidig röjning och gallring gör att kantskogen blir mer stormstark. En stormstark kantskog minskar risken för vindfall över våra kraftlinjer vilket ger oss vår självklarhet: en säker strömleverans.

## 5. Referanslista

Agestam, E. (2009). *Gallring*. Skogsskötselserien (Rapport 7, 2009). Hentet fra

<http://www.skogsstyrelsen.se/Global/PUBLIKATIONER/Skogsskotselserien/PDF/07-Gallring.pdf>

Blennow, K. (s.a.). *Kan man undvika stormskador?* Hentet fra <http://www-gran.slu.se/Webbok/PDFdokument/Storm.pdf>

Energi Norge. (2012). *Ønsker unntak fra kostnader etter "Dagmar"*. Hentet fra <http://energinorge.nsp01cp.nhosp.no/nyheter-om-nett-og-system/oensker-unntak-fra-kostnader-etter-dagmar-article9213-239.html>

Fahlvik, N., Karlsson, A. & Pettersson, N. (2012). *Röjning*. Skogsstyrelsen (Skogsskötselserien Rapport 6, 2012). Hentet fra <http://www.skogsstyrelsen.se/Global/PUBLIKATIONER/Skogsskotselserien/PDF/R%C3%B6jning%20-%20120316%20-%20figurrevision%20130318.pdf>

Fridman, J. & Valinger, E. (2011). *Sparat löv i granbestånden minskar risken för stormskador vintertid*. Fakta skog, rön från Sverige lantbruksuniversitet, 11:7, 1. Hentet fra [https://www.slu.se/globalassets/ew/ew-centrala/forskn/popvet-dok/faktaskog/faktaskog11/faktaskog\\_07\\_2011.pdf](https://www.slu.se/globalassets/ew/ew-centrala/forskn/popvet-dok/faktaskog/faktaskog11/faktaskog_07_2011.pdf)

Fridman, J., Lundström, A., Ottosson, M. & Valinger. (2006). *Analys av stormskador efter Gudrun*. Fakta Skog (Rapport 8, 2006). Hentet fra <https://www.slu.se/globalassets/ew/ew-centrala/forskn/popvet-dok/faktaskog/faktaskog06/fs06-08.pdf>

Ikonen, V.P., Kellomäki, S., Peltola, H. & Väisänen, H. (1999). *A mechanistic model for assessing the risk of wind and snow damage to single trees and stands of Scots pine, Norway spruce, and birch: Can. J. For. Res. 29 (s. 647-661).*

Iwarsson, M. (2001). *Motormanuell röjning*. Hentet fra <http://www.skogforsk.se/contentassets/f92f64311750474d9a186db5b9ce485c/motormanuell-rojning.pdf>

Karlsson, K. (2005). *Som man gallrar får man skörda*. Sveriges lantbruksuniversitet, fakta skog (Rapport 11, 2005). Hentet fra <https://www.slu.se/globalassets/ew/ew-centrala/forskn/popvet-dok/faktaskog/faktaskog05/fs05-11.pdf>

Kunskap Direkt. (2016a). *Kunskap Direkt Røjning – utskrifter*. Hentet fra [http://www.skogskunskap.se/contentassets/d7f8c00573ef4f71b395aa132a8298d8/kunskap\\_dir\\_ekt\\_rojning\\_original.pdf](http://www.skogskunskap.se/contentassets/d7f8c00573ef4f71b395aa132a8298d8/kunskap_dir_ekt_rojning_original.pdf)

Kunskap Direkt. (2016b). *Kunskap Direkt Slutavverkning – utskrifter*. Hentet fra [http://www.skogskunskap.se/contentassets/d7f8c00573ef4f71b395aa132a8298d8/kunskap\\_dir\\_ekt\\_avverkning\\_original.pdf](http://www.skogskunskap.se/contentassets/d7f8c00573ef4f71b395aa132a8298d8/kunskap_dir_ekt_avverkning_original.pdf)

Länsstyrelsen. (s.a.). *Så här sköter du träd i kulturlandskap*. Hentet fra [http://www.lansstyrelsen.se/orebro/SiteCollectionDocuments/Sv/djur-och-natur/hotade-vaxter-och-djur/rodlistade-arter/atgardsprogram-for-hotade-arter/Sa har skoter du trad i kulturlandsk ejbidrag.pdf](http://www.lansstyrelsen.se/orebro/SiteCollectionDocuments/Sv/djur-och-natur/hotade-vaxter-och-djur/rodlistade-arter/atgardsprogram-for-hotade-arter/Sa%20har%20skoter%20du%20trad%20i%20kulturlandskap%20ejbidrag.pdf)

Lövgren, H. (2009). *Statistisk signifikans och effektstorlek*. Hentet fra <http://www.mah.se/pages/27266/signifikans%20och%20effektstorlek.pdf>

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. (2013). *Skador och effekter av storm – En kunskapsöversikt*. (s. 19). Hentet fra <https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/26546.pdf>

Norge i bilder (Karttjeneste). (2017). *Imsroa [Satellittbilde]*. Hentet fra <https://www.norgeibilder.no/>

Norges vassdrags- og energidirektorat. (2016). *2001: Innføring av «KILE-ordningen»*. Hentet fra <https://www.nve.no/om-nve/nves-museumsordning/nves-historie/2001-innforing-av-kile-ordningen/>

Norrskog. (2016). *Gallring*. Hentet fra <https://www.norrskog.se/PageFiles/146/Gallring.pdf?epslanguage=sv>

Norsk Institutt for bioøkonomi. (2016). *Sterkare skog skal gje færre straumbrot*. Hentet fra <http://www.nibio.no/nyheter/sterkare-skog-skal-gje-frre-straumbrot>

Norsk Riksringkasting. (2014). *Strømbrudd koster flekk - nettselskapene må ut med 93 millioner etter «Ivar»*. Hentet fra <https://www.nrk.no/mr/enorme-kostnader-etter-uvaeret-ivar-1.11692217>

Näslund, B-Å. (2011). *Fördelar med tidig gallring*. Hentet fra <http://www.skogsstyrelsen.se/Aga-och-bruka/Skogsbruk/Skogseko/Artikelregister/SkogsEko-3-2011/Fordelar-med-tidig-gallring/>

Olje- og energidepartementet. (2014). *Strømforsyning og strømmettet*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/tema/energi/stromnett/stromforsyning-og-stromnett/id2353792/>

Orsander, M. (2003). *Skogsskøtsel for å minimera stormfällning över järnväg* (Examensarbete, Sveriges Lantbruksuniversitet). Hentet fra [http://epsilon.slu.se/1323/1/Magnus\\_Orsander\\_nr\\_46.pdf](http://epsilon.slu.se/1323/1/Magnus_Orsander_nr_46.pdf)

Ragnehag, P. (2016). *Träd över kraftledning orsakade brand*. Hentet fra <http://www.svt.se/nyheter/lokalt/vasternorrland/nedblast-kraftledning-orsakade-brand>

Referansevindhastighet  $v_{b,0}$  for kommunene. (2009). Hentet fra <http://www.fig.ol.no/~atso0701/NS%20tabeller/NS-EN%201994-1-1%20tab.%20NA.4.pdf>

Schotte, G. (1912). *Statens Skogsförsöksanstalt*. Hentet fra [http://pub.epsilon.slu.se/10316/1/medd\\_statens\\_skogsforskningsanst\\_009\\_08.pdf](http://pub.epsilon.slu.se/10316/1/medd_statens_skogsforskningsanst_009_08.pdf)

Skogsstyrelsen. (2006). *Efter Gudrun. Erfarenheter av stormen och rekommendationer för framtiden*. Hentet fra <http://www.skogsstyrelsen.se/Global/aga-och-bruka/Skogsbruk/Skador%20p%C3%A5%20skog/stormskog%20gudrun%20ny.pdf>

Solberg, S., Lohne, T. P., Lupke, N. & Tarp, P. *Risikofaktorer for stormskader: Analyse basert på skader etter Dagmar 2014*. (Oppdragsrapport fra Skog og landskap Rapport nr. 1, 2014). Hentet fra [http://www.skogoglandskap.no/filearchive/oppdragsrapport\\_01\\_14\\_risikofaktorer\\_for\\_stormskader\\_analyse\\_basert\\_pa\\_skader\\_etter\\_dagmar.pdf](http://www.skogoglandskap.no/filearchive/oppdragsrapport_01_14_risikofaktorer_for_stormskader_analyse_basert_pa_skader_etter_dagmar.pdf)

Sterk Skog. (s.a.). Prosjekt sterkere skog langs kraftlinjene. Hentet fra <http://spotidoc.com/doc/4493501/prosjekt-sterkere-skog-langs-kraftlinjene>

Ståndortsplanering. (2016). Hentet fra <http://www.skogskunskap.se/skota-barrskog/foryngra/planera-och-forbered-foryngringen/standortsplanering/>

Kunskap Direkt. (2016). Kunskap Direkt Slutavverkning – utskrifter. Hentet fra [http://www.skogskunskap.se/contentassets/d7f8c00573ef4f71b395aa132a8298d8/kunskap\\_dir\\_ekt\\_avverkning\\_original.pdf](http://www.skogskunskap.se/contentassets/d7f8c00573ef4f71b395aa132a8298d8/kunskap_dir_ekt_avverkning_original.pdf)

Trømborg, E. (2012). *Trær til besvær*. Lærdommer om skogrydding i etterkant av ekstremværet Dagmar (NVE Rapport 45, 2012). Hentet fra [http://publikasjoner.nve.no/rapport/2012/rapport2012\\_45.pdf](http://publikasjoner.nve.no/rapport/2012/rapport2012_45.pdf)

Wåhlin, P. (2006). Vindfällning i naturliga och skapade bryn och kanter (Examensarbete, Sveriges Lantbruksuniversitet). Hentet fra [http://ex-epsilon.slu.se/1548/1/Per\\_Wahlin.pdf](http://ex-epsilon.slu.se/1548/1/Per_Wahlin.pdf)