

MASKINELL OG MANUELL LINJERYDDING. KOSTNADER OG ORGANISERING.

MECHANIZED AND MANUAL LINE CLEARANCE. COSTS AND ORGANIZATION.

MORTEN DUKEFOS

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP

INSTITUTT FOR NATURFORVALTNING
MASTEROPGAVE 30 STP. 2013



Forord

Hafslund Nett, som er en av Norges største nettoperatører har fremmet ønske om å få skrevet denne masteroppgaven. Hafslund Nett leverer strøm til ca. 1,4 mill. mennesker i det sentrale østlandsområdet. Hafslund nett har ansvaret for ca. 3500 km høyspentlinje som tilsvarer et ryddeareal på ca. 40.000 dekar. Økende behov for rydding og breddeutvidelse på grunn av ekstremvær har vært viktige elementer i oppgaven. Kostnadsutviklinga har hatt en bekymringsfull utvikling de seinere årene og denne masteroppgaven vurderer forholdet mellom manuell og maskinell ryddekostnader i tre ulike terrengkategorier.

For å kunne danne seg et bilde av «nettbransjen» har det blitt gjennomført åtte dybdeintervjuer på ulike «nivåer» i organisasjonen. Dette er arbeidsleder Dick Johanson i Skandinavisk Linjerydding AS, Tom Kasin leder i Skandinavisk Linjerydding AS, entreprenør Erik M Haug i Haug skogstjenester AS, Entreprenør Arnstein Aasen i Aasen Linjerydding AS, Avdelingsingeniør Øistein Wildmyren i Statnett, prosjektleder Jon Anders Krokann i Hafslund Nett, linjerydderkoordinator Gaute Gjerpen i Skagerak Nett og leder i Nettskog AS, Erik Trømborg.

Takk til de som har deltatt i dybdeintervjuene!

Takk til verdifull hjelp ved Skog og Landskap ved veileder Simen Gjølås og Jan Bjerketvedt ved INA.

Takk for hjelp fra: Leif Tjøstelsen, Eirik Nordhagen og Bruce Talbot ved Skog og Landskap.

Sammendrag

Trær som blåser ned på linjenettet i Norge er den viktigste årsaken til strømbrudd i Norge. Forsyningssikkerhet er et sentralt tema for nettselskapene. Forandring av klima og økende tilvekst fører til oftere rydding i linjenettet. Mekanisering av skogbruket ved hogstmaskiner har medført betydelige reduksjon av hogstutgifter. Vil mekanisering av «bunnrydding» av linjetraséer føre til reduksjon av ryddeutgifter?

Manuell linjerydding har vært mest vanlig i Norge. Hovedårsaken til det er terrenget. I Norge finner man store områder bratt terreng. Dessuten bruker mange entreprenører arbeidere fra Sverige, Polen og baltiske stater som har bedre arbeidsmoral og lavere lønn enn norske arbeidstakere. Dette fører til at ryddekostnadene er lavere for manuell rydding.

Kostnadene for manuell rydding var i gjennomsnitt 543 kr/da. Det var 399 kr/da lavere enn ved maskinell rydding.

I dette studiet har man målt prestasjonene og regnet ut kostnadene i tre ulike terrengkategorier (stigning <20%, stigning 20-40% og >40%). Man fant den største differansen i det bratteste terrenget. Den maskinelle ryddekostnaden var her 453kr/da dyrere enn manuell rydding. Forsøksfeltet med lavest stigning og størst tetthet hadde den minste differansen i kostnader per da. I dette feltet var den maskinelle ryddingen 266 kr/da dyrere.

Det kan likevel være arbeidsmiljømessig gunstig å bruke maskin i områder med høy vegetasjonstetthet og der man ønsker å utvide bredden på linjen. Ved maskinell linjerydding er det viktig med planlagt opplegg. Det kreves stor plass for av og pålessing av utstyr. For å utnytte maskinens kapasitet bør man ha en plan for bunnrydding og breddeutvidelse.

En viktig effekt av maskinell rydding er «slageffekten» på stubbene. Livskraften i rotsystemet reduseres betydelig og dette medfører reduksjon i tilvekst. Denne studien tar ikke for seg dette temaet, men for å få en helhetlig økonomisk vurdering burde dette ha vært belyst.

Nøkkelord: forsyningssikkerhet, manuell linjerydding, terrengkategorier, stigning, vegetasjonstetthet

Summary

Trees that blow down the line network in Norway is the main cause of power outages in Norway. Security of supply is a key issue for utility companies. Changing climate and increasing growth leads to more frequent clearing of the gridline. Mechanization of forestry by harvesters has resulted in significant reduction of cutting spending. Will mechanization of "bottom clearance" of line routes lead to the reduction of cleaning costs?

Manual line clearance has been most common in Norway. The main reason is the terrain. In Norway, there are large areas of steep terrain. Besides using many contractors workers from Sweden, Poland and the Baltic states have better morale and lower wages than Norwegian workers. This causes the cleaning costs are lower for the manual purge.

Costs for manual clearance was on average 543 kr/ da. It was 399 kr/da lower than the mechanical clearance.

In this study we measured the performance and calculated costs for three different terrain categories (slope <20%, 20-40% and increase > 40%). They found the greatest difference in the steepest terrain. The mechanical cleaning cost was here 453kr/da more expensive than manual removal. Attempts field with the lowest increase and the highest density had the smallest difference in cost per marker. This field was the automated clearing 266 kr / as expensive. It may still be working environmentally beneficial to use the machine in areas with high vegetation density and where you want to expand the width of the line. The machining line clearance is important planned program. It requires large space for loading and unloading of equipment. To utilize the capacity should have a plan for bottom clearing and widening.

An important effect of mechanical removal is "kind effect" on the stumps. The life force of the root system is reduced significantly and this causes reduction in growth. This study does not discuss this topic, but to get an overall economic assessment, this should have been discussed.

Keywords: security of supply, manual clearing lines, terrain categories, elevation, vegetation density

Innholdsfortegnelse

1. Innledning	5
1.1 Bakgrunn	5
1.2 Tidligere undersøkelser	6
2. Formål/hypoteser/problemstillinger	8
2.1 Formål.....	8
2.2 Hovedmålsetting	8
2.3 Delmål.....	8
2.4 Hypotese.....	8
3. Materiale og metoder	9
3.1 Skogforholdene i Oslo –Akershus og Ski kommune	9
3.2 Linjenettet i Oslo og Akershus.....	9
3.3 Sikkerhet.....	11
3.4 Linjerydding – krav til utførelse, REN2024	14
3.5 Beskrivelse av området og forsøkene	19
3.6 Statistiske metoder	30
4. Resultater.....	32
4.1 Manuell rydding - kostnader	32
4.2 Maskinell rydding - kostnader	33
5. Diskusjon.....	43
5.1 Manuell og maskinell prestasjoner i forhold til tetthet/bratthet	43
5.2 Maskinell linjerydding	44
5.3 Manuell linjerydding	45
5.4 Kostnadsvurdering ved maskinell og manuell rydding	45
5.5 Biologiske effekter på gjenvekst – maskinell rydding	46

5.6 Økonomiske konsekvenser av maskinell rydding	46
5.7 Ryddeplaner - planlegging.....	46
6. Konklusjon	48
7. Referanser.....	49

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Skog som blåser ned på linjenettet er den viktigste årsaken til strømbrudd i Norge. Dette fører til betydelige økonomiske tap for samfunn og enkeltmenneske.

Samfunnet og myndighetene stiller krav om forsyningssikkerheten for levering av strøm og dette er nedfelt i energiloven vedtatt 29. juni 1990. Energiloven regulerer bygging og drift av elektriske anlegg. Det er Norges vassdrag og energidirektorat(NVE) som forvalter Energiloven. Ekstremvær aksepteres som årsak til bortfall av strøm. I Ot.prp. 62(2008-2009) heter det «Den absolutte sikkerhet mot strømvavbrudd kan ikke oppnås. En garantert strømforsyning ville blitt veldig kostbart for samfunnet, ført til store miljøinngrep og det vil knapt være mulig å oppnå». På samme tid forventes det at nettselskapene øker innsatsen for å redusere skadeomfang ved ekstremvær.

Denne masteroppgaven skal vurdere kostnaden ved maskinell og manuell linjerydding på ulike terrengtyper og vurdere hvordan man kan organisere ryddearbeidet på en mest mulig kostnadseffektiv metode (Fig. 1)



Figur 1. Maskinell og manuell rydding

Store avstander og høyt strømforbruk fører til at Norge har mye kraftledninger, i alt ca. 200 000 km med luftledninger. Dette fordeler seg med 14.000 km (7 %) på sentralnettet, med spenningsnivåer fra 132-420 kV. 110.000 km lavspenning fordelingsnett (55 %) og

60.000 km (30 %) høyspenning distribusjonsnett fra 1-22 kV samt 16.000 km (8 %) regionalnett (22-132 kV)(E. Trømborg et.al)

Det er ca. 150 ulike nettselskaper her i landet. De 10 største nettselskapene forvalter omtrent 50 % av nettet. (E. Trømborg et. al.)

For å opprettholde en forsvarlig forsyningssikkerhet er det nødvendig å foreta regelmessig linjerydding.

Undersøkelser viser at ryddeutgiftene i Norge til skogrydding har vært stigende de siste årene og er nå på ca. 400 mill. kr per. år(E. Trømborg et. al.2012) Dette tilsvarer en årlig ryddekostnad på ca. 200 kr per meter linjelengde.

I orkanen «Dagmar», 1 og 2 juledag 2011, blåste det ned trær på linjenettet til Hafslund Nett som satte forsyningssikkerheten til nettselskapet på en prøve. I Oslo, Akershus og Østfold påførte orkanen nettselskapet i alt 54,3 mil. kr i kostnader (41,3 mill. i KILE kostnader, straff for ikke å ha levert strøm og 13 mill. rep. kostnader)

1.2 Tidligere undersøkelser

Det er utført tidligere studier av rydding i kraftlinjer.

«Planmessig vegetasjonsbehandling i kraftledningsgater» (Præsterud et. al 1989). Denne undersøkelsen ble foretatt i Statnetts (den gang Statkraft) kraftlinje 300 kV og 420 kV mellom Tegneby – Hasle. Total ledningslengde: 32,2 km og ryddebelte: 75 m. Denne rapporten har undersøkt behovet for ryddeplan, manuell rydding, sprøyting, maskinell rydding. I dette studiet inngår prestasjonsstudier av rydding med motorsag med og uten kvisting. Rydding med ryddesag, og sammenligning mellom med manuell rydding og maskinell rydding. I rapporten har man konkludert med at kvisting førte til at prestasjonen var ca. 1,1 dekar per dag, mens uten kvisting var prestasjonen var på ca. 3,3 da per. dag. Maskinen som ble tidsstudert var en Valmet 800 med kranmontert ryddeskive/EV-klipp 900. Ved avstandsregulering er kapasiteten på maskinen er oppgitt til 2 timer per dekar ved tetthet på 6000 trær/da. I rapporten refereres det til et ryddeaggregat påmontert en Øsa

Lillebror hvor to løst lagrede kniver slynges ut ved sentrifugalkraften. Ryddeaggregatets navn nevnes ikke.

«Metoder for hogst og rydding langs sporet» delrapport 1, klassifisering og kvantifisering av vegetasjonen langs jernbanetraséen, «Metoder for hogst og rydding langs sporet delrapport 2», Motormanuell og mekanisert rydding langs jernbanetraséen. Rapportene har blitt utarbeidet av NISK (Norsk Institutt For Skogforskning) 1996 og 1997. I 2011 kom rapport om «Utnyttelse av virke i kraftledningsgater» fra Skog og Landskap/Simen Gjølshjøl, Trond Glesaaen, Anders Eid Hohle. I denne rapporten ble det konkludert med det med blant annet at entreprenører kan spille en nøkkelrolle for mer effektiv planlegging og koordinering av ryddeoppdrag, produktivitet og økonomi er sterkt avhengig av terreng og dimensjoner på virket»

2. Formål/hypoteser/problemstillinger

2.1 Formål

Formålet med masteroppgaven er å vurdere kostnadsnivået på linjeryddingen i Norge og belyse ulike måter for å redusere dette kostnadsnivået.

2.2 Hovedmålsetting

Hovedmålsettingen med masteroppgaven er å vurdere kostnadsforholdet mellom maskinell og manuell linjerydding i tre ulike terrengkategorier. Terrengkategoriene defineres som lett terreng med mindre stigning enn 20 %, middels lett terreng med stigning mellom 20 – 40 % og bratt terreng med stigning brattere enn 40 %. Hvordan varierende terreng – og skogforhold virker inn på prestasjonene og ryddeprisen.

2.3 Delmål

Hvordan bør man organisere ryddearbeidet i forholdet mellom maskinell og manuell rydding for å få en optimal ryddeprosess? Hvordan er arbeidsmiljøet i manuell og maskinell linjerydding?

2.4 Hypotese

Er maskinell linjerydding billigere enn manuell rydding uavhengig av brattheten på terrenget?

3. Materiale og metoder

3.1 Skogforholdene i Oslo - Akershus og Ski kommune

Skogarealet i Oslo og Akershus er 5.370.000 da (SSB 1997)

I Ski kommune er det ca. 83. 473 da produktivt skogareal med en tilvekst på 34. 174 m³. Skogarealet fordeler seg med 54% på høy bonitet, 33% på middels bonitet og 13% på lav bonitet (nøkkeltall fra områdetakstene – Ski 1996) Gjennomsnittlig avvirkes det 19.071 m³ i Ski kommune (avvirkningsoversikt fra Landbrukskontoret i Ski kommune 15/1-13. I Ski kommune er ca. 6,5% av landarealet bebygd, 24,9% jordbruk, 65,5% skogbruk og ca. 3,1% annen jorddekt fastmark.

3.2 Linjenettet i Oslo og Akershus

Linjenettet i Oslo består av 1150 km lavspentlinje, 46 km høyspentlinje og regionalnett 29 km. Totalt linjenett i Oslo kommune som Hafslund Nett er ansvarlig for er 1225 km. Dette fordeler seg prosentvis på markslag, treslag og bonitet (Tabell 1 og 2).

Statistikk fra linjeryddertjenesten til Hafslund Nett i 2012 viser: Totalt ryddebelte i Oslo er 1270 da. Som fordeler seg på 690 da på Høyspentlinje, distriktsnettet og 580 da på regionalnettet.

Tabell 1. Markslag

	Oslo
Bebygd	1,8 %
Samferdsel	1,6 %
Fulldyrka jord	2,6 %
Overflatedyrka jord	0,0 %
Innmarksbeite	0,2 %
Skog	72,1 %
Åpen fastmark	2,3 %
Myr	0,3 %
Vann	19 %

Tabell 2. Treslagsfordeling i Oslo kommune

Barskog	96,0 %
Lauvskog	1,7 %
Blandingsskog	2,4 %

I registreringene som er foretatt av Hafslund Nett, er det potensiell bonitet for barskog som er registrert. Med potensiell bonitet menes den produksjon som kan forventes ved rett treslag, normal tetthet og vanlig skogskjøtsel.

«Bonitet betyr godhet. I skogbruket brukes begrepet for å klassifisere voksesteder med forskjellig vekstpotensial.» (Tveite 1977)Man bruker H40 systemet som gjøres ved å måle overhøyde og brysthøydealder på herskende trær.

Tabell 3. Produksjonsevne fordelt på bonitetsklasse

Bonitetsklasse	Produksjonsevne(m ³)/da/år	Tilsvare i H40-systemet
Særs høg	Mer enn 1,0	Mer enn bon H23
Høg	0,5 – 1,0	H17 – H20
Middels	0,3 – 0,5	H11 – H14
Lav	0,1 – 0,3	H6-H8
Impediment	Mindre enn 0,1	Impediment

(Krokann, 2011c)

Linjenettet i Akershus består av 4393,4 km lavspenning 1426,67 km, høyspenning og 506,24 km regionalnett.

Totalt ryddebelte i Akershus er 31.505 da (Krokann, 2011c).

Hafslund Nett har ansvar kun for regionalnettet i Ski kommune som er 79 km.

Tabell 4. Bonitetsfordeling for linjenettet i Oslo

	Oslo	da
Impediment	0,6 %	7
Lav	12,0 %	152
Middels	26,5 %	336
Høy	60,9 %	773

3.3 Sikkerhet

3.3.1 Forskrift om sikkerhet ved arbeid i og drift av elektriske anlegg

Forskriften som dekker sikkerhet ved linjerydding er: «**FOR 2006-04-28 nr 458 Forskrift om sikkerhet ved arbeid i og drift av elektriske anlegg**». Den er underlagt Justis og beredskapsdepartementet (JD) og er forvaltet av Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB). I formålet med denne forskriften heter det at «Forskriften skal ivareta sikkerheten ved arbeid på eller nær ved samt drift av elektriske anlegg ved at det stilles krav om at aktivitetene skal være tilstrekkelig planlagt og at det skal iverksettes nødvendige sikkerhetstiltak for å unngå skade på liv, helse og materielle verdier.» Videre i denne forskriften i § 2 heter det «Virkeområde: Forskriften gjelder for arbeid på eller nær elektriske anlegg som er under spenning eller er tilrettelagt for å komme under spenning, samt for drift av elektriske anlegg.» I § 3 sies det at «eier av virksomhet og eier/driver av anlegg som omfattes av denne forskriften skal sørge for at aktiviteter som reguleres av forskriften utføres forsvarlig.»

I § 5 definerer man høyspenning og lavspenning:

«Høyspenning er: Spenning som overstiger 1000 V a.c. eller 1500 V d.c.»

«Lavspenning er: Spenning som normalt ikke overstiger 1000 V a.c. eller 1500 V d.c.

I forskriften §4 står det at «leder for sikkerhet(høyspenning)/ansvarlig for arbeidet(lavspenning)Utpekt person som har fått ansvar for sikkerhet.»

I kapittel III § 10 står det videre «Planlegging av arbeid. Før et arbeid igangsettes skal det innhentes nødvendige opplysninger om anlegget og på bakgrunn av disse gjennomføres en

risikovurdering for det aktuelle arbeidet. På bakgrunn av risikovurderingen skal minst følgende gjennomføres:

- valg av arbeidsmetode,
- forsikring om at nødvendig utstyr er tilgjengelig,
- vurdering av i hvilket omfang verneutstyr skal benyttes, og
- valg, vurdering og instruksjon av personell»

I § 12 i samme forskrift heter det at «Sikkerhet på arbeidsstedet. Det skal til enhver tid være klarlagt hvem som har myndighet til å planlegge og har ansvar for å etablere, lede og avvikle sikkerhetstiltakene på arbeidsstedet ved arbeid på eller nær ved elektriske anlegg – leder for sikkerhet (høyspenningsanlegg) eller ansvarlig for arbeidet (lavspenningsanlegg).

Vedkommende skal påse at aktivitetene utføres på en forsvarlig måte og i samsvar med denne forskrift og må kunne kommunisere direkte med driftsleder (høyspenningsanlegg) eller ansvarlig for arbeidet (lavspenningsanlegg) eller en av ham bemyndiget og alle som deltar i aktiviteten. Ved arbeid på eller nær ved høyspenningsanlegg og på eller nær ved uisolert spenningsnett lavspenning luftledningsanlegg skal det være minst to personer til stede for å ivareta beredskapen dersom det skulle oppstå en ulykke. Videre skal det være to personer til stede ved etablering og avvikling av alle sikkerhetstiltak på arbeidsstedet ved arbeid på eller nær ved høyspenningsanlegg. Kravet om to personer ved etablering og avvikling av sikkerhetstiltak kan frafalles dersom en risikovurdering viser at dette ikke innebærer noen økt risiko for den som skal utføre dette.»

I §13 heter det: «Dersom ytre påvirkninger medfører at et arbeid ikke kan utføres på en sikkerhetsmessig forsvarlig måte skal ikke dette igangsettes, eventuelt avbrytes dersom det allerede er igangsatt. Værmessige forhold omfattes av begrepet ytre påvirkninger. For å sikre personell mot skade fra lynoverspenninger, skal det ikke utføres arbeid på luftledningsanlegg dersom det observeres tordenvær i det området hvor luftledningene befinner seg.

I kapittel 4 – Arbeidsmetoder Forskriften tar i § 14, §15, §16, §17 for seg arbeid i linjetrassen med og uten strøm og tiltak i forbindelse med dette. Det er naturlig nok stor forskjell når man jobber i høyspentlinjer som er koplet til strøm eller ikke.

I § 14 «Arbeid på frakoplet anlegg – etablering av sikkerhetstiltak» sier reglementet at «ved arbeid på frakoplet anlegg skal følgende sikkerhetstiltak gjennomføres:

- a) frakopling
- b) sikring mot innkopling
- c) kontroll av at anlegget er spenningsløst,
- d) på bakgrunn av en risikovurdering vurdere behov for og eventuelt etablere nødvendig jord- og kortslutning, og
- e) eventuelt beskyttelse mot andre spenningsatte deler nær arbeidsstedet (jf § 17)

Jord og kortslutning av anlegget er et absolutt krav i høyspenningsanlegg. Jordingen skal utføres som arbeidsjording eller en kombinasjon av markeringsjording og endepunktjording. Arbeidsjording eller markeringsjording skal være synlig fra arbeidsstedet eller være slik plassert at det på bakgrunn av en risikovurdering kan sannsynliggjøre at samme sikkerhet oppnås.»

I § 15 «Arbeid på frakoplet anlegg – avvikling av sikkerhetstiltak

Før etablerte sikkerhetstiltak fjernes skal alle som har vært involvert i arbeidet og andre som er berørt, gis underretning om at sikkerhetstiltakene vil opphøre og at anlegget er å betrakte som spenningsatt.

Før anlegget meldes klart for innkopling skal alle etablerte sikkerhetstiltak avvikles og alle som har vært involvert i arbeidet, skal ha fjernet seg fra anlegget slik at innkopling kan skje uten fare.

§ 16 «Arbeid under spenning (AUS)»

«Personell som skal arbeide under spenning skal ha tilstrekkelig opplæring i dette arbeidet skal utføres etter anerkjente metoder og relevante arbeidsprosedyrer.»

«Før arbeid under spenning påbegynnes skal eventuelle brann- og eksplosjonsfare elimineres.»

§17 «Arbeid ved spenningsatte deler – etablering av sikkerhetstiltak»

«Ved arbeid nær ved spenningssatte elektriske anlegg skal følgende sikkerhetstiltak etableres:

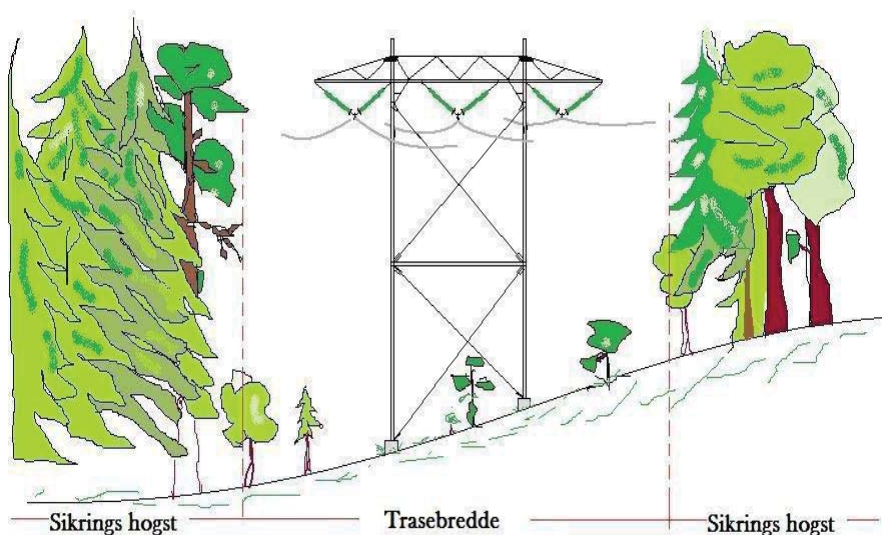
- a) markering av sikkerhetstilstand, og
- b) etablering av avskjerminger og/eller avsperringer. For å sikre at kortslutning og jordslutning ikke forårsakes av verktøy eller materiell og at ingen kommer i berøring med spenningssatte deler, skal det i nødvendig utstrekning benyttes egnede beskyttelsesinnretninger.»

«Det skal påses at beskyttelsesinnretningene er egnet for det aktuelle arbeidet, for den aktuelle spenningen og er i forsvarlig stand.»

«Dersom sikkerhetstiltakene nevnt ovenfor ikke kan gjennomføres fullt ut må en annen arbeidsmetode gjennomføres».

3.4. Linjerydding – krav til utførelse, REN2024

Ulike soner i en kraftlinje er vist i figur 2.



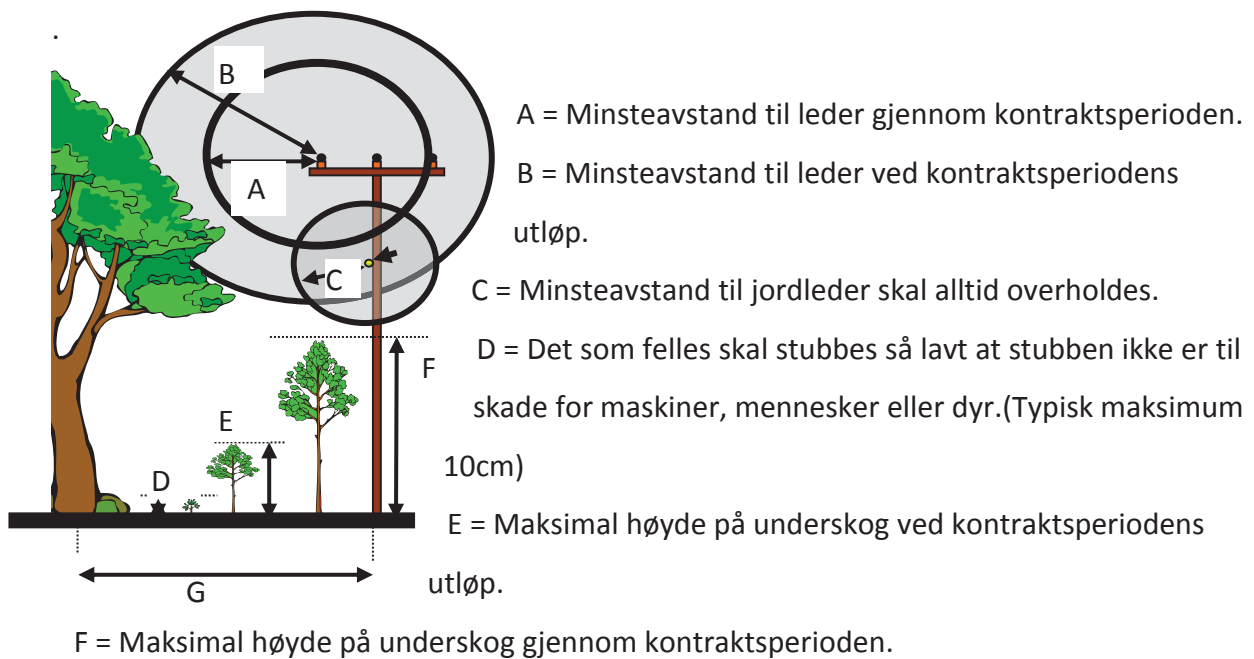
Figur 2. Ulike soner i en kraftlinje (RENblad 2024).

REN (Rasjonell elektrisk nettvirkksomhet) er en interesseorganisasjon for nettselskapene som har til hovedoppgave «å sette i gang en prosess innen standardisering av materiell og metoder i norske nettselskaper» (strategi fra nettsida til REN) RENS visjon er «skal være ledende kunnskapssenter i sin bransje» For å spre kunnskap gir REN ut REN bladet. REN eies av en rekke nettselskaper, blant andre Hafslund Nett.

Tabell 5. Anbefalt trasébredde, driftsspenning, fordelt på linjetype (RENblad 2024).

Line-type	Drift-spenning U_d (kV)	Anbefalt trasébredde (m)
Blank line	$1 < U_d \leq 24$	15
	$24 < U_d \leq 72,5$	22
	$72,6 < U_d \leq 145$	25
	$U_d > 145$	Min. 30
Belagt line	$1 < U_d \leq 24$	11
Luftkabel	$1 < U_d \leq 24$	7

Avstander ved vedlikeholdsrydding er vist i fig. 3.



Figur 3: Avstander ved vedlikeholdsrydding med forklaring (RENblad 2024).

Tabell 6 Avstandskrav ved vedlikeholdsrydding – forvaltningsavtale (RENblad 2024).

		A	B	C		D	E	F
	Drift- spenning U_d (kV)	Min. avst. leder periode (m)	Min. avst. leder periode utløp (m)	Min. avst. jordlede r (m)	Min. avst. jordlede r periode utløp (m)	Maks høyde undersk og periode stubber (m)	Maks høyde undersk og periode utløp (m)	Maks høyde undersk og periode (m)
Blank line	$0,23 \leq U_d \leq 1$	0,5	1,0	-	-	-	-	-
	$1 < U_d \leq 72,5$	3,0	5,0	1,5	3,5	0,1	1,5	4,0
	$72,6 < U_d \leq 145$	3,2	5,2	1,5	3,5	0,1	1,5	4,0
	$145 < U_d \leq 245$	3,7	5,7	1,5	3,5	0,1	1,5	4,0
	$245 < U_d \leq 300$	5,1	7,1	1,5	3,5	0,1	1,5	4,0
	$300 < U_d \leq 420$	5,8	7,8	1,5	3,5	0,1	1,5	4,0
Belagt line	$0,23 \leq U_d \leq 1$	0,5	1,0	-	-	-	-	-
	$1 \leq U_d \leq 24$	1,5	3,5	1,5	3,5		1,5	4,0
Luftkabel	$1 \leq U_d \leq 24$	0,5	2,5	0,5	2,5	-	1,5	4,0

I Renblad nr. 2024 heter det at «skogryddebelte er bredden på linjetraséen. Beltet kan maksimalt være så bredt som grunneier har gitt tillatelse til i tinglyst avtale. Der avtalen med grunneier eller oppdragsgiver angir smalere ryddebelte enn kravene i henhold til gjeldende

regler, gjelder grunneieravtalen eller oppdragsgivers særkrav. Tabell 1 viser anbefalt nivå for skogryddebelte for spenning til og med 24kV ved nye traséer eller ved utvidelse av en trasé.

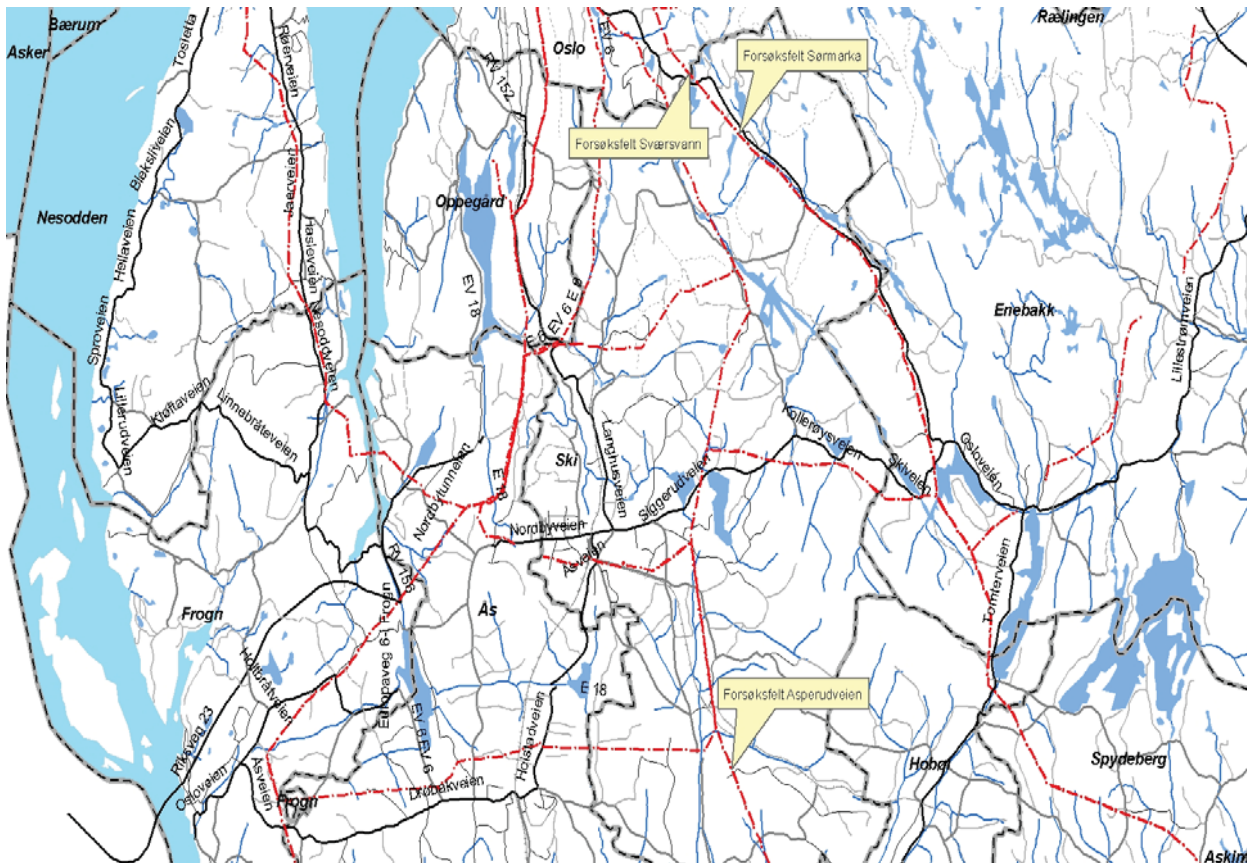
Ved vedlikeholdshogst – forvaltningsavtale inngås avtale med en utførende entreprenør som gis ansvaret for å overholde gitte avstandskrav gjennom kontraktperioden og ved utløp av kontraktperioden.

Ved høyere spenninger er det store variasjoner avhengig av mastekonfigurasjon, og et anbefalt nivå er derfor utelatt.»

«Juletreffelt skal ikke ryddes. Dette under forutsetning at de er godt merket, og under 2,5 meter høy. Egne særavtaler med grunneiere eller andre inngåtte standard avtaler som avviker fra dette krav gjelder foran. I utmark kan bartrær med høyde inntil 1,5 meter bli stående igjen.» RENBLAD nr 2024 – VER 2.1 / 2013

3.5 Beskrivelse av området og forsøkene

Undersøkelsen omfatter tre forsøksfelt. De tre felta ligger i Ski kommune, Akershus fylke. Se figur 4.



Figur 4. Kart over forsøksfeltene. Hafslund Nett 2013

Felt nr. 1: Asperudfeltet

Strekningens navn: Melleby – Kråkestad

Spenningsnivå: 47 Kv

Terrengforhold: Stigning mindre enn 20 %

Skogforhold: Åkerkant, høy bonitet, stor tetthet



Figur 5. Felt nr. 1 «Asperudfeltet» Stigningen mindre enn 20%

Felt nr. 2: Sørmarkafeltet

Strekningens navn: Solbergfoss – Lamberseter

Spenningsnivå: 132 Kv

Terrengforhold: Bratt terreng – stigning mer enn 40 %

Skogforhold: Varierende forhold med tette partier og impediment

Figur 5 og 6 viser terrengforholdene i Sørmarkafeltet. I dette området var det relativt mye eier og furu.



Figur 6. Sørmarkafeltet



Figur 7. Vegetasjonen i Sørmarkafeltet besto av en del einer og furu



Figur 8. En bratt bakke opp til det maskinelle feltet i Sørmarka som skapte problemer.

Felt nr. 3 «Sværsvannfeltet»

Strekningens navn: Solbergfoss – Lamberseter

Spenningsnivå: 132 Kv

Terrengforhold: Ca. 50% stigning 20%, resterende flatt.

Skogforhold: Tett juletreskog, blandingsskog av lauvtrær og bartrær

Figur 9 og 10 viser manuell og maskinell rydding i Sværsvannfeltet.



Figur 9. Den manuelle ryddingen foregikk i regn/sludd



Figur 10. Det var fuktig vær da den maskinelle ryddingen foregikk i Sværsvannfeltet. Hjulspor ca. 30.

3.5.1 Innsamling av data

Tetthet: Tettheten ble registrert på to ulike måter.

Metode 1: Den manuelle ryddedelen av Asperudfeltet ble antall trær/busker ble registrert med tidtaksutstyret Allegro CE, utlånt av Skog og Landskap. Den erfarne medarbeideren ved Skog og Landskap, Leif Tjøstelsen var med og registrerte den manuelle ryddingen første dag. Tidsregistrering av manuell rydding og samtidig telling av trær viste seg å være svært komplisert. Felling av tynne små trær skjer så hurtig med ryddesag at det er vanskelig å klare å telle antall små trær og i tillegg registrere tiden.

Metode 2: For å gjøre det enklere, ble derfor 5 arealer på 10m x 10m merket opp på forhånd og hvert areal ble tidsstudert på Asperudveien maskinell del. Arealene på 10m x 10m ble målt opp med vanlig målebånd på 30 m.

Ved Sværsvann og Sørmarka ble totalt 32 arealer på henholdsvis 10mx10m merket i terrenget. Hvert areal ble tidsstudert med stoppeklokka på mobilen.

Etter ryddingen ble tettheten registrert med en stokk på 58 cm. Denne ble kastet inn på tilfeldige steder på forsøksflatene og antall stubber innenfor en sirkel med radius 58 cm ble

registrert. Ved å bruke formelen for flateinnholdet av en sirkel, πr^2 ($3,14 \times 58^2 = 1,056 \text{ m}^2$). fant man tetthet per m^2 . Totalt ble det registrert 90 flater i de 3 forsøksfeltene (Asperudfeltet, Sværsvannfeltet og Sørmarkafeltet). Det ble registrert 44 flater i manuell ryddet felt og 46 flater i maskinelt ryddet felt. I tillegg til registreringsmetode 1 i Asperudfeltet gir dette dekningsprosent på tilnærmet 5 % som gir et tilfredsstillende bilde av tettheten i de ulike forsøksfeltene. Ved å dividere antall trær som ble registrert innenfor ei flate med $1,05 \text{ m}^2$ fikk man trær per m^2 . Ved å multiplisere dette med 1000 fikk man treantall per da. Diameteren på stubbene ble målt med klave. Høyden ble målt med målbånd etter at trærne var felt.

Sørmarkafeltet og Sværsvannfeltets impedimentandel er beregnet skjønnsmessig.

Tabell 7. Oversikt over arealer som ble tidsstudert manuelt:

Forsøksfelt	Asperudfeltet	Sværsvannfeltet	Sørmarkafeltet
Areal da	1,0	0,8	0,8
Høyde meter	4,56	4,95	6,0
Terrengtype	Flatt	Middels bratt	Bratt
Bonitet	Høy	Middels	Lav
Bæreevne	God	Middels	God
Tetthet da	13.123	3.800	3.600
Imp %		10	70
Diameter i cm i stubbenivå	3,99	4,60	6,0

Tabell 8. Oversikt over arealer som ble tidsstudert maskinelt:

Forsøksfelt	Asperudveien	Sværsvann	Sørmarka
Areal da	1,0	0,8	0,8
Høyde meter	4,56	6,15	6,0
Terrengtype	Flatt	Middels	Bratt
Bonitet	Høy	Middels	Lav
Bæreevne	God	Middels	God
Tetthet da	9.655	14.900	2.900
Imp %		10	35
Diameter i cm	3,64	4,6	2,35

Tidsregistrering av maskin i **Sørmarka/Sværsvann**

Erik Haug transporterer hogstmaskinen på en semitrailer som trekkes av en lastebil som har en «utstyrskasse» med hogstaggregat, ryddeaggregat, belter etc.

En stor del av tidsforbruket ved maskinell rydding er flyttetid. Flyttetid/tilriggingstid avhenger av hvordan forholdene er på det aktuelle stedet. Ved Sørmarka kurs og konferansesenter var det en stor parkeringsplass som ble benyttet for å kjøre maskinen på og av hengeren, slik at det var optimale forhold for tilrigging av utstyret. Ved Asperudveien var det til dels vanskelige forhold for tilrigging av utstyr. Vi søkte ca. ½ time for å finne et passende sted for avkjøring/tilrigging langs Asperudveien, uten å lykkes. I figur 8 ser man avkjøringsstedet ved Asperudveien som foregikk på en gang/sykkelvei.



Figur 11. Hogstmaskinen transporteres på denne semihengeren. Utstyret på lastebilen består av hogstaggregat/klippeaggregat, ryddeaggregat

3.5.2 Maskinell linjerydding – beskrivelse av utstyr



Figur 12. Ponsse Dual kombimaskin



Figur 13. Ryddeaggregatet Slagkraft TW 150-80 monteres på jorden ved Asperudfeltet. Maskinell rydding krever relativt store arealer for montering av utstyr.

Maskinen veier som hogstmaskin 16,4 tonn og som lassbærer 15,7 tonn. Den har en Mercedes Benz motor på 205 kW. Dreiemoment 1100 Nm (1200 – 1600 rpm). Vekten er fordelt på 4 akslinger med mulighet for å sette på kjetting eller belter på alle 4 hjulene. Maskinen ble i disse forsøkene kjørt både på tørt mark i fint vær og i sludd og vått vær.

Slagkraft TW 150-80 er et buskaggregat som produseres av Cranab AB i Sverige . Arbeidsbredden er oppgitt til 1,5 m (Internettside Slagkraft 19/2-13) Vekten er 580 kg. Hydraulikktrykket er oppgitt til (min/max bar) 210/380. Slagkraft TW 150 består av to kjettinger som er skrudd som fast til en «desk» som roterer med det turtallet som maskinfører bestemmer på basmaskinen. Ved maskinell rydding rundt mastebain må det ryddes manuelt se figur 14.



Figur 14. Maskinell rydding rundt mastebein i Sørmarkafeltet. Her må det ryddes manuelt.



Figur 15. Dick Johannson er klar for å gå til Sørmarkafeltet i slapseføret.

3.5.3 Manuell rydding

Den manuelle ryddingen foregikk i hovedsak med Husqvarna ryddesag 345 FR. Den har en 45 cm³ motor med et turtall på 9000 o/min. Vekta på ryddesaga er 7,9 kg. Lydnivå er 114 db.

Rundt masteføttene ble det bru Stihl motorsag MS 170 som veier 4,2 kg og har en skjærelengde på 30 cm. Dette er ei motorsag med effekt: 1,2 kW/1,6 hk, sylindervolum: cm³ 30,1 lydnivå 109 db. Bekledd med verneutstyr, Stihl vernebukse, Husqvarna hjelm og Husqvarna vernejakke. I ryddesagselen hang rydderen en ekstra kanne med bensin som var nok til en fylling. I tillegg hadde han med seg fil, liten skrutrekker og kombinøkkel. Den manuelle ryddingen forgikk i tørt og varmt vær i Asperudfeltet i slutten av juni og i vått/sluddvær i oktober Sværsvann/Sørmarka.



Figur 16. Asperudfeltet ble ryddet i juni. Til tross for stor tetthet og varm vær var prestasjonen høy.



Figur 17. Asperudfeltet ved jordekanten.



Figur 18. Linjerydderen Dick Johanssom med ny arbeidsbil. Klargjøring av ryddesag på lasteplan i passe arbeidshøyde.

3.6 Statistiske metoder

«Regresjonsanalyse er en kvantitativ analyse av sammenhenger mellom en avhengig variabel og en eller flere uavhengige variabler» (A guide to Modern Econometrics, Marno Verbeek 2000)

«En modell en enkel forklaringsvariabel (univariat modell) kan beskrives som

$Y = a + bx$ med følgende komponenter:

Y =effektvariabelen som blir gitt av vår modell

a (alfa)=Konstant. Dette er verdien Y vil ha dersom $x = 0$, det vil si Ys gjennomsnittsverdi

b (beta)=Stigningstallet, eller også kalt helningskoeffisienten. b sier hvor mye i gjennomsnittsverdien til Y øker eller avtar med en enhets endring i x.»

«I denne modellen er det gitt at kun X (med a og b som koeffisienter) forklare Y. Denne modellen kalles deterministisk.

Ved hjelp av regresjonsanalyse skal man i denne undersøkelsen finne sammenhengen mellom variablene tetthet og prestasjon ved maskinell og manuell bunnrydding i tre ulike terrengtyper:

- 1) Flatt terreng
- 2) Middels bratt terreng
- 3) Bratt/kronglete terreng

Man ønsker å vurdere hvordan dimensjonene på vegetasjonen påvirker prestasjonene.

For å undersøke om det er stor variasjon mellom prestasjoner i de tre ulike terrengtypene – må man teste følgende hypotese:

HO: Det er **ingen** sammenheng mellom effektivitet og terrengtype/vegetasjonsstørrelse i forholdet manuell og maskinell rydding.

HA: Det **er** en sammenheng mellom effektivitet og terrengtype/vegetasjonsstørrelse i forholdet manuell og maskinell rydding.

Beregning av faste kostnader på maskinen:

For beregning av kapitalkostnader benyttes følgende oppsett fra Lileng 2001:

$$K = I - R / (1 + p)^n * a \quad a = (p (1 + p)^n) / ((1 + p)^n - 1)$$

K = Årlig kapitalkostnad

I = Skogsmaskinens kjøpesum

R = Restverdi I nominelle priser om n-år

n = Antall år man har maskinen

p = Rentekrav (Kalkulasjonsrentekrav i % /100

a = Amortiseringsfaktor (Beregner årlig rente og avskrivning på et beløp som skal nedbetales i løpet av n år etter et rentekrav lik p)

4 RESULTATER

4.1 Manuell rydding - kostnader

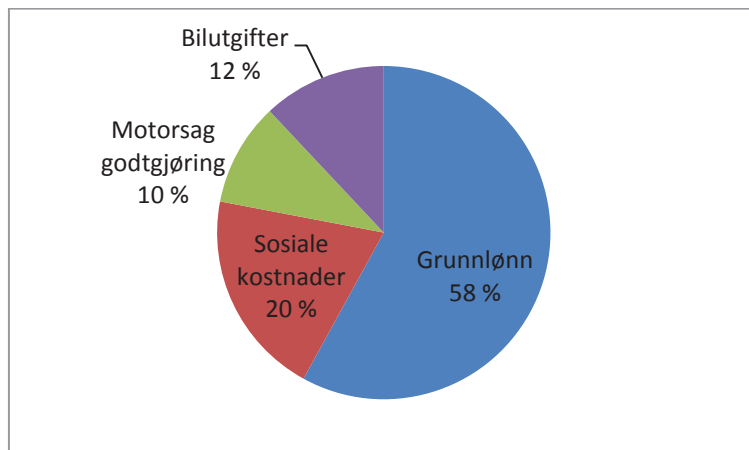
Utgangspunkt i dybdeintervju med Dick Johansson som opplyser at han har fast månedslønn kr 32.500. Det forutsettes at han jobber 7,5 timer per dagsverk. Spisepause på en halv time kommer i tillegg. Han er fast ansatt som arbeidsleder i Skandinavisk Linjerydding på Skotterud. Reiseutgiftene tar utgangspunkt i gjennomsnitt på 30.000 km/år. (altinn nettside 5/4-13) Beregning av kostnader til kjøring. Inntil 10.000 km 4,05 kr/km. Resterende 20.000 km 3,40 kr/km. Tar man utgangspunkt i statens satser for bilgodtgjørelse tilsvarer dette kr 108.500. Sosiale kostnader er beregnet til 35 % i følge nettsiden til Kunnskapssenteret.com. Motorsaggodtgjørelsen er beregnet til 18 % og er hentet fra Naturbruksoverenskomsten 2012 – 2014 NHO

I tabell 9 finner man en oversikt over timelønn inklusiv sosiale kostnader, motorsaggodtgjørelse og bilgodtgjørelse

Tabell 9. Kostnader ved manuell rydding per time

Timelønn	203,50 kr
Sosiale kostnader 35 %	71, 22 kr
Motorsaggodtgjørelse 18 %	36,63 kr
Bilgodtgjørelse	43,06 kr
Sum lønn per time	354,41 kr
Lønn inkl. sos. kost. per dag	2658,07kr

Den prosentvise kostnadsfordelingen er vist i figur 19.



Figur 19. Prosentvis fordeling av kostnader ved manuell arbeid

4.2 Maskinell rydding – kostnader

Entreprenør Erik Haug opplyser at han fakturerer sine tjenester med **kr 1350 per time** for mann og maskin.

Tallene i kostnadsanalysen er oppgitt av Erik Haug per telefon den 4/4-13 og i dybdeintervju den 21/1-13. Entreprenøren leaser kombimaskinen ved en 5 årig leasingavtale i bank. Med en flytende bankrente som er på 5,5 %.

Han stiftet et aksjeselskap for skogsdrifta i 1998 med seks ansatte medregnet ham selv. Han tar ut fast brutto månedslønn på kr 35.000 per måned. Han har en administrasjon på ca. 400 timer per år. Utgifter til kontor er medregnet i administrasjonskostnaden.

Tabell 10 Beregning av timelønn:

Årslønn	420.000 kr
Antall timer per. år	2000 timer
Lønn per time	210 kr

Administrasjonskostnad medregnet inklusiv telefonutgifter: 400 timer x 210 kr = 84.000 kr

Reiseutgifter med egen bil til og fra arbeidssted 30.000 km per. år

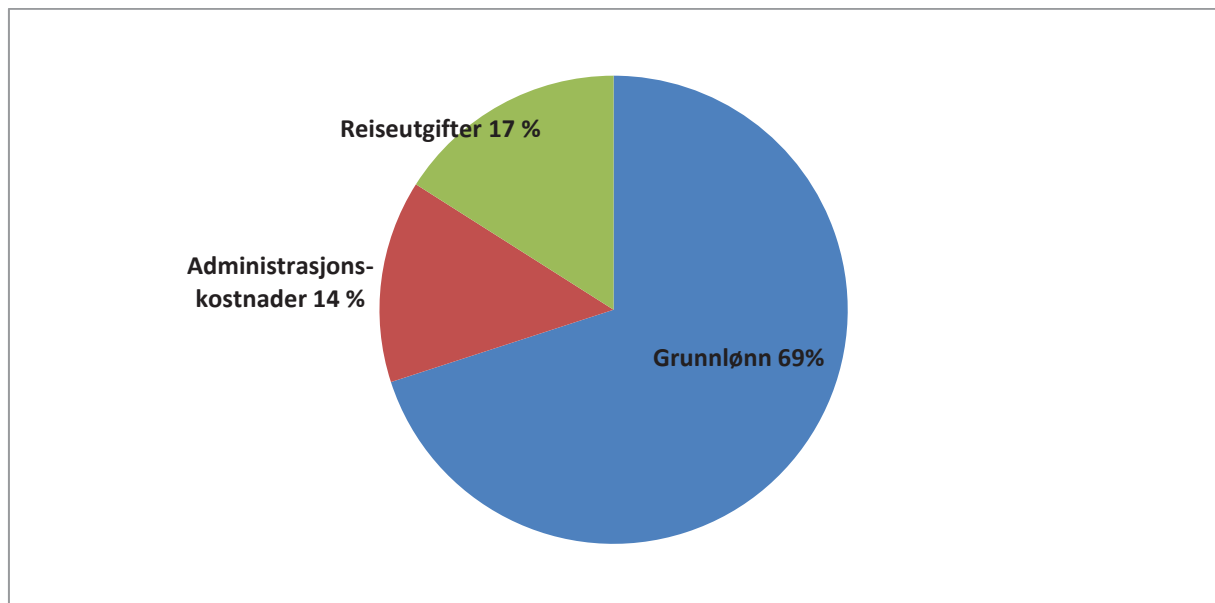
9000 km x 3,65 kr = 36.450 kr

21000 km x 3,40 kr = 71.400 kr

Sum reiseutgifter: 107.850 kr/2000 timer = 53,93 kr per arbeidstime.

Tabell 11. Kostander for maskinfører

Lønnskostnader per time	210
Administrasjonskostnader per time	42
Reiseutgifter per time	54
Totale lønnskostnader per time	306



Figur 20. Prosentvis kostnadsfordeling ved maskinelt arbeid.

Den resterende delen av timekostnaden utgjør kr 1050,07 kr dekker maskinkostnadene på følgende måte:

Beregning av kostnader på maskinen deles opp i faste og variable kostnader. De faste kostnadene i denne oppgava er: avskrivning, administrasjon og forsikring.

De variable kostnadene i denne oppgava er: vedlikehold, drivstoff, dekk, felger, kjetting, maskinflytting.

Tabell 12. Beregning av faste kostnader til Ponsse Dual kombimaskin 2012

Ponsse Wisent Dual 2012 modell, kapitalkostnad	2.800.000 kr
Avskrivningstid	5 år/8000 timer
Restverdi	1.000.000 kr
Forsikring per år /Årsavgift	33.000 kr/415 kr
Leasingavtale 5,5 % rente	50.000 kr/mnd.

Tabell 13. Beregning av variable kostnader til Ponsse Dual

Utstyr:	Kostnad:	Avskrivningstid:	Avskrivning per år:	Kostnad per time kr
Kjetting 2 par	30.000	2 år	15.000	9,30
Belter 2 par	130.000	5 år	26.000	16,25
Ryddeaggregat	100.000	5 år	20.000	12,50
Dekk	112.000	6 år	18.666	11,66
Sum variable kostnader utstyr				49,71 kr/time

Tabell 14. Totale variable kostnader maskin per time

Sum variable kostnader utstyr	49,71 kr/time
Kostnader til diesel per time 15/time x 7,50 kr	112,50 kr/time
Kostnader til olje	3,50 kr/time
Vedlikeholdskostnader	49,23 kr/time
Flyttekostnader: Gjennomsnittlig 2500 kr per flytting	1,56 kr/time
Totale variable kostnader per time	216, 50 kr/time

Tabell 15. Faste kostnader maskin per time

Leasingavtale med bank: 5,5 % utgjør 50.000 kr/mnd	373,13 kr/time
Forsikringskostnad per time	21,87 kr/time
Årsavgift 415 kr per år	0,26 kr/time

Tabell 16. Totale kostnader for maskin (faste og variable)

Kapitalkostnad: Leasingavtale 50.000 kr/mnd.	373,13
Forsikring per år 36.000 kr	21,87
Årsavgift per time :	0,26 kr
Totale maskinkostnader inklusiv maskinførerlønn	
Totale faste kostnader for maskinen per time:	395,26
+ Totale variable kostnader per time:	216,50
Sum maskinkostnader per time:	611,76
Totale lønnskostnader per time:	306
Maskinførerlønn og kostnader til maskin per time:	917,76
Fakturert timelønn for fører og maskin:	1350
Overskudd/fortjenestemarginal: 32 %	432,24

Flyttekostnadene varier i forhold til arbeidssted og i noen grad arbeidsmengde. Men den gjennomsnittlige flyttekostnaden beregner Haug til ca. 2500 kr per oppdrag. Ved store og sammenhengende oppdrag er flyttekostnader en relativ liten del av kostnaden.

Følgende tabell 17 viser den prosent vise andelen av kostnadene forbundet med totale maskinkostnader ved 4 ulike maskinkostnader.

Tabell 17. Flyttekostnader i % av maskinkostnader per dagsverk.

Maskinkostnad	10.125 kr	20.250 kr	30.375 kr	40.500 kr
Antall dager	1 dag	2 dager	3 dager	4 dager
Gjennomsnittlig flyttekostnad	2500 kr	2500 kr	2500 kr	2500 kr
Prosentvis del av maskinkostnaden	25 %	12,5 %	8,5 %	6 %

Tabell 18. Prestasjonstabell manuell linjerydding

Forsøksfelt	Tetthet	Imp.	Prestasjon			Kostnad
	trær/da	%	min/m ²	time/da	dag/da	kr/da
Asperudfeltet	13.123		6,04	0,36	2,7	984
Sværsvannfeltet	3.800		0,02	1,2	9	295
Sørmarkafeltet	3.600	70	0,017	1,02	7,6	350

Tabell 19 Prestasjonstabell maskinell linjerydding

	Tetthet	Imp.	Prestasjon			Kostnad
	trær/da	%	da/min	da/time	da/dag	kr/da
Asperudfeltet	9.655		0,018	1,08	8,1	1250
Sværsvannfeltet	14.900	10	0,029	1,74	13,05	775
Sørmarkafeltet	2900	35	0,028	1,68	12,6	803

Tidsforbruk til tilrigging og nedrigging av maskin og utstyr vises i tabell 20 og 21.

Tabell 20: Forberedelse til arbeidsprosess med maskin, tidsforbruk enkeltoperasjoner.

Kjøring av henger:	8 min.
Kople på klo:	8 min.
Kople på ryddeaggregat:	26 min.
Montering av belter bak:	42 min.
Montering av «ekstratank»:	15 min.
Vedlikehold: fylling av olje og smøring:	9 min.
	108 min
Sum forberedelser:	1 t 48 min

Tabell 21: Demontering av utstyr, tidsforbruk enkeltoperasjoner.

Ta av belter:	18 min.
Legge sammen belter:	10 min.
Ta av ryddeaggregat/sette på klo:	26 min.
«Ekstratank» av maskin:	2 min.
Kjøre maskin på henger/montering	35 min.
Sum demonteringstid:	91
	1 t 31 min

Total riggetid for maskinelt utstyr: **3 timer og 19 minutter** på stor parkeringsplass i Sørmarka. Dette vises av summen av medgått tid i tabellene 20 og 21.

Tabell 22: Tidsforbruk klargjøring manuell linjerydding

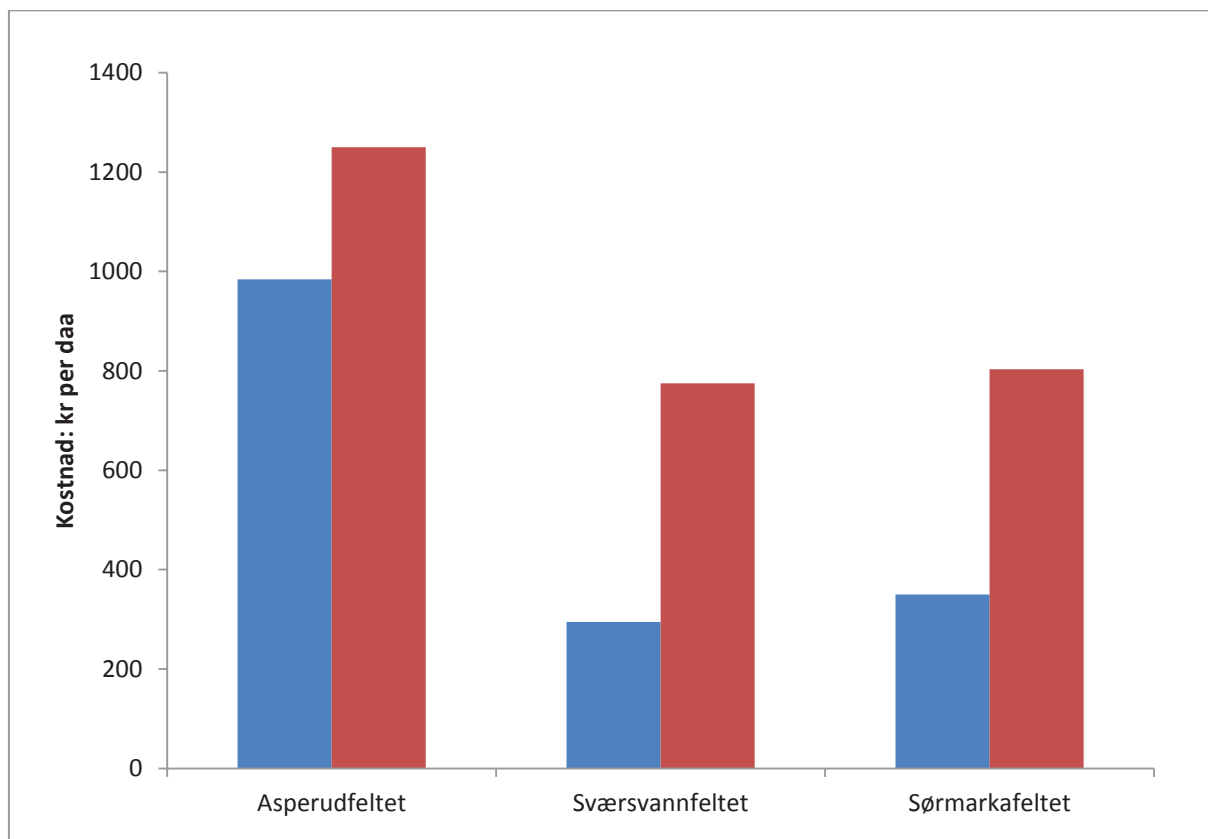
Område	Filing min/sek	Fylling av olje/bensin min/sek	Rense luftfilter min/sek
Asperudfeltet	4	1	4,30
Sværsvann	4	1,40	4
Sørmarka	3,54	1,35	3,30
Gjennomsnitt	3,84	1,25	3,86

Tabell 23: Transporttid inn til forsøksfeltene maskinell rydding:

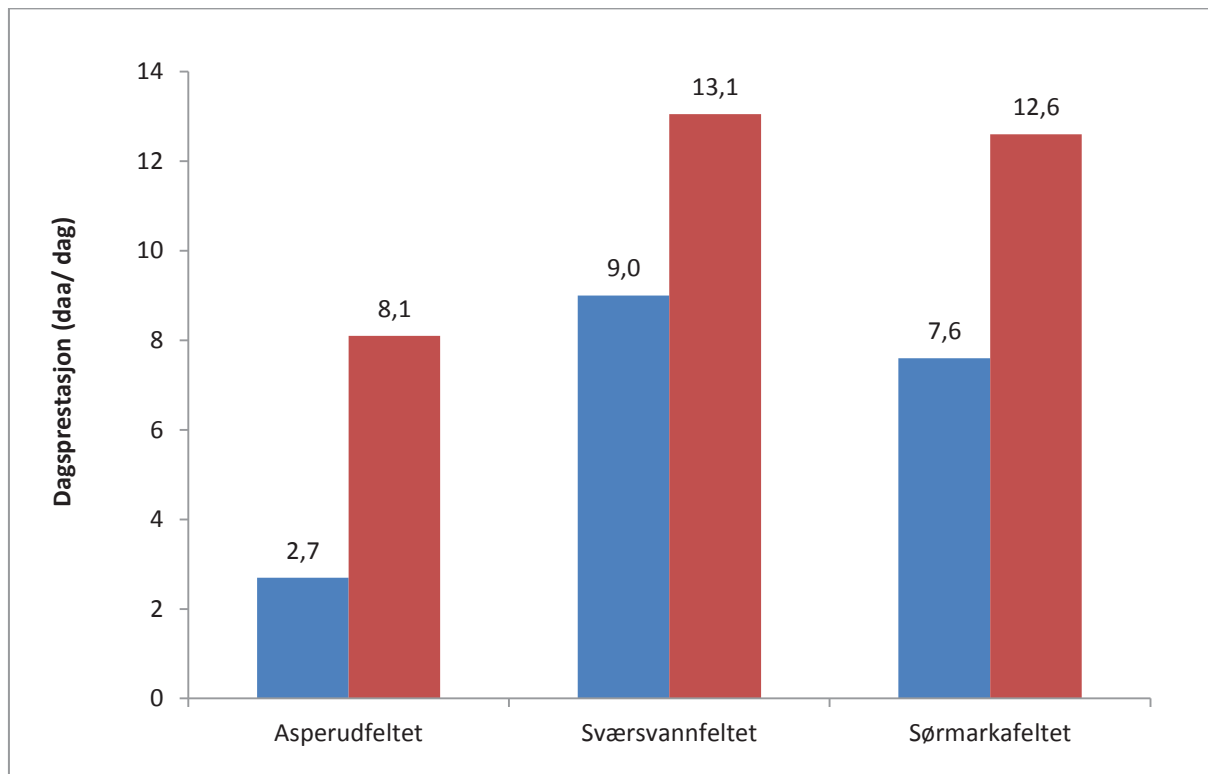
Område	Bratthet/Helling	Avstand	Tidsforbruk	Km/time
Asperudfeltet	Mindre enn 20% bratthet	270 m	3,15 min	8,6
Sværsvannfeltet	Mindre enn 20% bratthet	2,2 km langs RV 155	8,0 min	27,5
Sørmarkafeltet	20 – 40%	379 m	12,5 min	3,0
			Gjennomsnittlig kjøretid	13 km/t

Tabell 24: Transporttid inn til forsøksområdene manuell linjerydding.

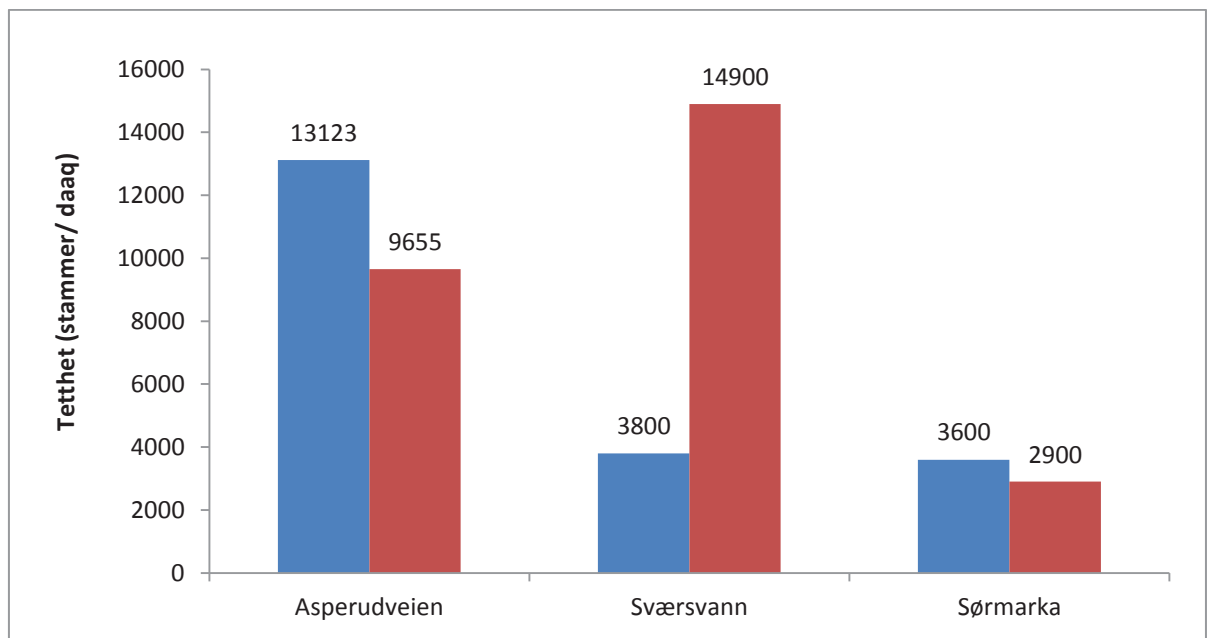
Område	Bratthet/Helling	Avstand	Tidsforbruk	Km/time
Asperudfeltet	Inntil 20% bratthet	50 m	1,1 min	4,5
Sværsvannfeltet	20 - 40% bratthet	60 m	3,40 min	1,7
Sørmarkafeltet	>40%	300 m	3,54 min	8,4
			Gjennomsnittlig gangtid	4,8 km/time



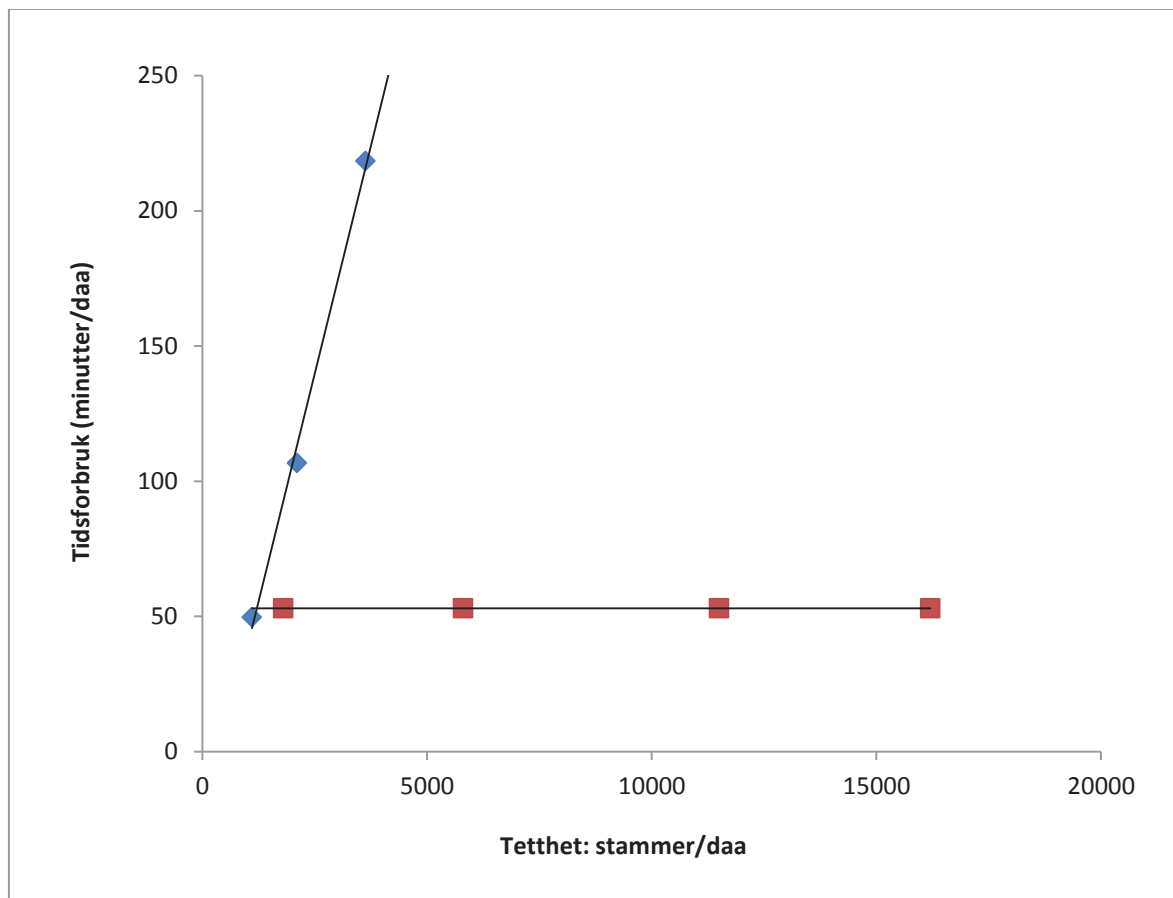
Figur 21: Ryddekostnader per daa for de ulike forsøksfeltene. Blått viser manuell rydding og rødt viser maskinell rydding.



Figur 22: Prestasjon per dagsverk på de ulike feltene. Blått viser manuell rydding og rødt viser maskinell.



Figur 23: Tetthet (stammer/ daa) fordelt på de ulike forsøksfeltene. Blått viser manuell rydding og rødt viser maskinell.



Figur 24: Tidsforbruk per daa i forhold til tetthet i de ulike forsøksfeltene. Blå punkter viser manuell rydding. Røde punkter viser maskinell rydding. De svarte linjene viser lineære trender for de to datasettene.

5. Diskusjon

5.1 Manuell og maskinell prestasjoner i forhold til tetthet/bratthet

Da man skulle finne passende områder for masteroppgaven viste det seg ikke å være så enkelt. For det første skulle det være sammenlignbare arealer. Det var relativ lik høyde på vegetasjonen (fra 4,65 m til 4,95 meter). Det vil si at det skulle være lik tetthet og samme bratthet i de tre ulike terrengkategoriene. I tillegg skulle arealene befinne seg i nærheten av Ski kommunesenter p. g. a kjøreavstander – tidsforbruk til registreringer og lignende. Det førte i praksis til at man fant linjetraséer som var tilnærmelsesvis sammenlignbare, men det bør påregnes en usikkerhetsfaktor ved sammenligning av resultatene.

Figur 24 viser forholdet i prestasjoner på de ulike terrengkategoriene mellom manuell rydding og maskinell rydding. Terrengkategori 1 (Asperudfeltet) viser lavest effektivitet både når det gjelder maskinell rydding og manuell rydding. Hovedårsaken til det er høy tetthet på vegetasjonen, 13.123 trær/da manuell del og 9.655 trær/da maskinell del. Den manuelle prestasjonen er påvirket av ytre faktorer som vær og lignende forhold. Det var varmt da den manuelle ryddingen pågikk og dette var med på påvirke den manuelle ryddingen. Den maskinelle prestasjonen er ikke så påvirket av ytre faktorer som vær. Prestasjonene ved den maskinelle ryddingen er påvirket av tetthet og i større grad brattheten på terrenget. Dette kommer fram i figur 24 hvor man kan se forholdet i prestasjonene mellom ryddingen i det flate terrenget og det middels bratte terrenget blir mindre fordi den manuelle prestasjonen blir større i dette terrenget. Hoved årsaken til det er framkommeligheten i det bratteste terrenget er bedre ved manuell rydding. I tillegg kommer faktorer som blant annet impediment inn. Den manuelle ryddingen kunne nyttiggjøre seg av områder med impediment i større grad enn den maskinelle. Dette viser tidligere undersøkelser fra Sverige (Arbetsrapport från Skogforsk nr 588, 2005 *Geometrisk røjning i stråk*)

Forskjellen i prestasjonen i det middels bratte terrenget (Sværsvannfeltet) er mindre enn enn i Asperudfeltet og Sørmarkafeltet. Hovedårsaken til det er liten tetthet i det manuelle feltet og svært høy tetthet i det maskinelle feltet. I tillegg var det flatt terreng i den manuelle delen og en del brattere i den maskinelle.

5.2 Maskinell linjerydding

5.2.1 Fordeler med maskinell linjerydding.

Den viktigste fordel med maskinell linjerydding er at man kan «spare» menneskelig innsats/ressurser til de områdene med tette vegetasjon. Denne undersøkelsen viste at den manuelle ryddingen var krevende i tette bestand og varmt vær.

Maskinen hadde et jevnt og stabilt arbeidstempo. Dette medfører at det er relativt enkelt å planlegge framdriftsplan for et ryddeopplegg.

5.2.2 Ulemper med maskinell rydding

Den maskinelle ryddingen var dyrere enn den manuelle. Gjennomsnittlige kostnader for den maskinelle ryddingen var kr 942 per dekar. Den gjennomsnittlige kostnaden for manuell rydding var kr 543 kr per dekar. Det vil si en differanse på hele 399 kr per da.

På fuktig mark laget maskinen hjulspor på ca 30 – 40 cm. Mange mennesker reager negativt på spor i naturen.

Det er en stor investering i Ponsse Dual kombimaskin. Kapitalkostnadene utgjør 50.000 kr per måned. Dette medfører et psykisk arbeidspress for å få tilstrekkelig mange oppdrag for å dekke de månedlige utgiftene.

Maskinen er stor og tung (15 tonn) og danner grunnlaget for negativt inntrykk i forhold til allmenheten. Ved kjøring over innmark kan dette i enkelte tilfeller skape problemer.

En Ponsse Dual med utstyr krever stor plass og gode muligheter for av og pålessing på tilhenger. I denne undersøkelsen fikk man problemer med dette. Avlessingen foregikk på en gang og sykkelvei som ikke var godkjent til dette formålet.

Det kreves et godt forberedt og organisert opplegg for å utnytte maskinens kapasitet og kostnadsnivå. I denne oppgaven var maskinføreren ikke godt forberedt ved første dags forsøk, men forberedelsen bedret seg ved andre dags forsøk.

5.3 Manuell linjerydding

5.3.1 Fordeler manuell rydding

Ryddekostnadene ved manuell linjerydding er billigere enn maskinell . (Gjennomsnittlig manuell ryddekostnad kr 543/da) Det kreves mindre planlegging/organisering for rigging av utstyr. Enklere og mindre planlegging i forbindelse med ferdsel over innmark, gårdstun og på små/kronglete skogsveier.

Små investeringer i utstyr. Man binder lite kapital i utstyret.

5.3.2 Ulemper manuell rydding

Tungt fysisk arbeid som krever stor innsats i forhold til lønn. Rydderen ga inntrykk av at han burde ha tjent bedre i forhold til en tung fysisk jobb.

Effektiviteten påvirkes av ytre faktorer som regn, snø, vind og sol.

Undersøkelsene viser at det lette terrenget Asperudfeltet, har den høyeste kostnaden per daa. Årsaken til det er høy tetthet på vegetasjonen. Sværsvannfeltet har den laveste kostnaden per. da og årsaken til det lav tetthet.

5.4 Kostnadsvurdering ved maskinell og manuell rydding

Ulikheten i kostnader var størst i terrenget med middels vanskelighet (Sværsvannfeltet) Her var den manuelle kostnaden kr 295 kr/da og den maskinelle 775 kr/da. Hovedårsaken er at det var stor tetthet på det maskinelle området (over 14.000 trær/da) og lavt treantall i den manuelle delen (3.600 trær/da) I tillegg var det en ekstra STOR innsats i den manuelle delen på grunn av sludd/regn(ytre påvirkninger)og passende «ryddematstørrelse» på trærne.

Minst differanse mellom manuell og maskinell rydding var det i det lettest terrenget (mindre stigning enn 20 %). Her var tettheten på den maskinelle delen 9.655 trær/da og 13.123 trær/da på den manuelle delen. Ytre påkjenninger på den manuelle delen var en avgjørende faktor for prestasjonen. Det var svært varmt da den manuelle ryddingen ble gjennomført.

5.5 Biologiske effekter på gjenvekst – maskinell rydding

Ved maskinell linjerydding med slagaggregatet Slagkraft TW 150 – 80 slås vegetasjonen av røttene. Dette fører til at rottrykket reduseres og dermed hemmes gjenveksten betydelig. Ved rydding på lav furubonitet (F8) kan rydding med slagkraftaggregatet resultere i at gjenveksten uteblir. Maskinell rydding bedre bonitet (G21) medfører en utsettelse av neste rydding inntil 2-3 år. Dette hevdes av entreprenører (Erik Haug, Aasen Linjerydding) i bransjen og Mathisen Eidsvold Værk v/driftsleder Geir Stenseth. Hovedårsaken til det er at slagkraften slår næringssafta ut av stubben. Dette medfører nokså store økonomiske konsekvenser som bør være utgangspunkt for en ny masterstudie.

5.6 Økonomiske konsekvenser av maskinell rydding

Rentefot: 3,5 %. Antall år mellom ryddingene: 5 år for manuell rydding og 7 – 8 år mellom maskinell rydding. Dette gjelder Asperudfeltet (høy bontet) flatt terreng.

Tabell 25: Økonomiske konsekvenser ved utsettelse av maskinell rydding.

Manuell rydding om 5 år	$984/(1+0,035)^5$	828 kr/da
Maskinell rydding om 7 år	$1250/(1+0,035)^7$	982 kr/da
Maskinell rydding om 8 år	$1250/(1+0,035)^8$	948 kr/da

Differansen mellom maskinell og manuell linjerydding er i dag kr 266 per da. Dersom man kan utsette ryddingen med 3 år vil differansen reduseres til kr 120 per da.

5.7 Ryddeplaner - planlegging

Intervjurunden med de tre største nettselskapene i Norge kommer det fram at de har en tilfredsstillende kontroll på ryddingen. Lederen for linjerydding i Statnett hevdet at linjeryddingen hadde bedret seg svært mye de siste årene. For 10 år siden hadde han ikke kontroll over situasjonen. I dag har Statnett kontroll over ryddebehovet. Hovedårsaken til det er ryddeplaner og oppfølgingen av disse.

I dybdeintervju med leder i Nettskog A/S, Erik Trømborg hevdet han at skogryddinga fremdeles bar preg av manglende systematikk og planlegging. I henhold til rapporten Trær til besvær var trefall årsak til ca. 25 % av ikke- levert energi i det høyspente distribusjonsnettet (1 – 22 kV). I 2011 var den på hele 40 % på grunn av orkanen Dagmar.

Trømborg er leder av firmaet Nettskog A/S som blant annet utarbeider ryddeplaner, kart og GIS-analyser for nettselskapene.

Dette distribusjonsnettet utgjør ca 30 % av det samlede nettet i Norge. (Trømborg, Trær til Besvær 2012)

Anbefalt ryddebelte i 1-22 kV distribusjonsnettet er 15 meter. I en intervjuundersøkelse etter orkanen Dagmar svarte 121 nettselskaper (svarprosent på 69%) at rydebeltet for 1-22 kV, at **kun 23 %** av linjenettet holdt en bredde på 15 meter. Resten av 1-22 kV linjenettet var rydebeltene mindre (11 % under 9 meter, 12 % 9 meter, 25 % 10-11 meter, 15 % 12 meter, 3 % 13-14 meter)

Den største utfordringen i dette nettet er kantskog som legger seg på eller blåser på linjene ved uvær eller ekstremvær.

På 1-22 kV nettet vurderes uvær som en like stor risikofaktor som ekstremvær (I følge Erik Trømborg 1/2-13) I følge undersøkelsen Trær til Besvær har nettselskapene «ikke planer om permanente utvidelser av ryddebredden, men det er økende oppmerksomhet om behovet for hogst utenfor dagens ryddebredder.

6. Konklusjon

Intervjuene ga inntrykk av at nettselskapene var tilfreds med ryddesituasjonen på linjenettet. Hovedårsaken til det var bedret oversikt på grunn av ryddeplaner. Likevel er strømbrydd på grunn av trefall på linjenettet den viktigste årsaken til manglende levert strøm til abonnentene. Den manuelle ryddingen var billigst i denne undersøkelsen. Det skyldes i hovedsak høy manuell prestasjon. Maskinkostnaden er fornuftig i henhold til Resultat nr. 11, 2010. Maskinell rydding må planlegges grundig på forhånd. Det bør planlegges hvor maskinen skal kjøres av/på og behovet for bredding og bunnrydding. Når Ponsse Dual jobber langt fra vei, har den mulighet til å transportere med seg hogstaggregatet i tillegg til ryddeaggregatet. Dette vil effektivisere rydding og hogst. Ca 95 % av linjenettet til Hafslund Nett er kjørbart med maskin, men i mange tilfeller stoppes maskinens framkommelighet ved fjell o.l (Sværsvann). I slike tilfeller er det behov for en manuell rydder som er med på «ryddelaget» til Haug. Dette kan bidra til å effektivisere maskinen. Arbeidsmiljømessig er det en fordel med maskin som kan rydde svært tette områder. De biologiske virkningene og de økonomiske konsekvensene ved ryddeaggregatet Slagkraft bør vurderes nærmere i egen masteroppgave.

7. Referanser

Bergstrand, K. G. (1987) *Planering och analys av skogstekniska tidsstudier*, meddelande nr 17 Forskningsstifelsen Skogsarbeten, Kista. 59 sider. ISSN 0532-2499

Bergkvist. og Norden, B. (2004) *Stråkrøjning billigare och effektivare enn selektiv røjning* Skogforsk i Sverige Side 1-6. ISSN: 1103-4173

Bergkvist, B. Norden, B. (2005) *Geometrisk røjning i stråk.Rapport nr 588 fra* Skogforsk i Sverige. Side 1-16. ISSN 1404-305X

Bergkvist og Norden, B.(2006) Praktisk oppfølging visar att stråkrøjning har stor potential. Rapport frå Skogforsk. Side 1-4 ISSN: 1103-4173

Dal, T. og Lindmo, A. (1985) *Ungskogpleie*.(Temabok) Skogbrukets kursinstitutt. Aktivt Skogbruk. ISBN-82-7333-008-7

Dale, Ø. og Stamm, J. (1994) *Grunnlagsdata for kostnadsanalyse av alternative hogstformer*. Norsk institutt for skogforskning. ISBN 82-7169-660-2

Fladset , P.O.(2013). Tresikre linjer. (foredrag) Nettskog AS. Renkonferanse i Oslo.

Forskrift om sikkerhet ved arbeid i og drift av elektriske anlegg. (2006) Justis og Beredskapsdepartementet. <http://www.lovdata.no/cgi-wift>

Gjølshø, S.og Hole, A. E (2011). *Utnyttelse av virke i Kraftledningsgater*(rapport), Skog og Landskap.

Gabrielsson, L. (1989). *Løvrøjning med selektivmetoden*. Sveriges lantbruksuniversitet/Institusjonen for skogsteknik

Krokann, J. A. (2011a). *Flerbrukshensyn ved linjerydding*(kompendium), Hafslund Nett.

Krokann, J. A. (2011b). *Rydding av vegetasjon i traseer*, Hafslund Nett.

Krokann, J. A. (2011c). Statistikk til tilbydere av linjeryddingstjenester. Hafslund Nett.

Krokann, J. A.(2013a). *Krav til utførelse av linjerydding – Ny versjon av REN2024*. (Foredrag) Hafslund Nett. Foredrag Renkonferanse i Oslo

- Krokann, J.A. (2013b). Kart over forsøksfeltene. *Tilsendt på E-post 21. februar.*
- Lileng, J. (2001) *Skogsmaskiner – kostnader, kalkyler og økonomikontroll.* Utgave 3/01. 43 sider. Norsk institutt for skogforskning. ISBN 82-7169-977-6
- Lisland, T. (1996 – 1997). *Metoder for hogst og rydding langs sporet/Motormanuell og mekanisert rydding langs jernbanetraseen. Delrapport 1, 27 sider Delrapport 2, 45 sider* Norsk institutt for skogforskning seksjon 3 og NSB.
- RENblad, 1301 – (ver 1.0/2013 IK) – *risikovurdering ved linjerydding.* REN.
- RENblad, 2024 – (ver 2/2010) – HS luftnett – Vedlikehold – Linjerydding. REN
- Rindal, K, og Myklestad, G. (2009) *Ungskogpleie.* Skogbrukets kursinstitutt. ISBN 978-82-7333-170-0
- Trømborg, E. (2011) *Trær til besvær* (rapport) lærdommer om skogrydding i etterkant av ekstremværet Dagmar. NVEs hustrykkeri. Rapport nr 44/12 ISBN 978-82-410-0832-0
- Trømborg, E. (2013) *Trær til besvær.*(foredrag) Nettskog AS. Renkonferanse i Oslo
- Sommerstad, K. (2013) *Kartlegging av bonitet og prognose av vekstforhold* (foredrag) Nettskog AS. Renkonferanse i Oslo.
- Samset, I. (1990) *Erfaringer angående tids-og prestasjonsstudier i skogbruken.* Norsk institutt for skogforskning. 1-80 sider. ISBN 82-7169-469-3
- Solberg, B. og Svendsrud, A. (2006) *Forelesninger i skogøkonomi.* Institutt for naturforvaltning. Utgave 29. Universitetet for miljø og biovitenskap Side 1-172
- Mattson, S. (1993) *Maskinell Røining* ISBN 91 7614 082 2 Skogforsk,
- Verbeek, M (2000) *Aquid to modern economics* 2nd edition, John Wiley and Sons. 421 sider
- Wildmyren, Ø. (2013) *Linjerydding sett fra oppdragsgiver.* (Foredrag) Statnett.
- Nettside: Naturbruksoverenskomsten NHO(370) Næringslivets hovedorganisasjon og NHO Mat og Landbruk og Landsorganisasjonen i Norge og Fellesforbundet og vedkommende avdelinger av forbundet på den andre siden. ¼ - 12 - 31/3-14 Si 1 -76

Nettside: Altinn, <https://www.altinn.no>

Nettside: Kunnskapssenteret. www.kunnskapssenteret.no