

Rapport
fra Skog og landskap

04/2014



skog +
landskap

Norsk institutt for
skog og landskap

OMSETNING AV FYRINGSVED

Fuktighet, vekt og energimerking av ved

Eirik Nordhagen, Gunnar Wilhelmsen, Leif Kjøstelsen & Simen Gjølshjøl



OMSETNING AV FYRINGSVED

Fuktighet, vekt og energimerking av ved

Eirik Nordhagen, Gunnar Wilhelmsen, Leif Kjøstelsen & Simen Gjølshø

ISBN: 978-82-311-0209-0

ISSN: 1891-7933

Omslagsfoto: Tørking av ved i Øverbygd, Troms. Foto: Eirik Nordhagen, Skog og landskap

Norsk institutt for skog og landskap, Pb. 115, NO-1431 Ås

FORORD

Søknad med prosjektbeskrivelse og budsjett ble utarbeidet av Norsk institutt for skog og landskap i samråd med Norsk Ved og Jøtul. Etter anbefaling fra Norges forskningsråd ble søknaden oversendt Enova, Skogtiltaksfondet og Innovasjon Norge, som sammen med Norsk Ved og Jøtul har finansiert prosjektet. I arbeidet med selve forsøksplanen har Skog og landskap dessuten drøftet ulike problemstillinger med Statistisk Sentralbyrå og Mattilsynet.

Prosjektet fikk tilsagn om økonomisk støtte over en 2 års periode tilsvarende ca. 2.8 mill. kr, og med start 1.11.2011. Kontantfinansieringen av prosjektet har vært 1,4 mill. Egeninnsatsen til Norsk Ved og vedprodusentene var 1,4 mill kr. Totalt budsjett var 2,8 mill kr.

Styringsgruppen i prosjektet har bestått av Sverre Heimdal (Enova), Øyvind Halvorsen (Innovasjon Norge), Bjørn Håvard Evjen (til 31.10.2012) og Dag Skjølås (fra 1.11.2012) (Skogtiltaksfondet), Øyvind Stranna Larsen og Oddvar Espegard (Norsk Ved) og Ola Sørhagen(Jøtul).

Skog og landskap har fått velvillig hjelp til feltarbeidet av vedprodusentene: Olav Gislerud, Arne Øvergård, Erik Nilsen, Odd Magne Storflor, Espen Løkkevik og Simen Gjølshjøl.

Ås, 12. februar 2014

Eirik Nordhagen, Gunnar Wilhelmsen, Simen Gjølshjøl & Leif Kjøstelsen

SAMMENDRAG

Fyringsved er en viktig energibærer i Norge. På landsbasis brukte hver innbygger i 2011 i gjennomsnitt om lag 245 kilo. Fyringsved omsettes i dag i hovedsak etter volum-, løst eller stablet og fortrinnsvis i sekker. Denne undersøkelsen har sett på et omsetningssystem basert på måling av vekt og fuktighet. Energimengden på en leveranse kan dermed beregnes og prisen kan oppgis i kroner eller øre per kilowatttime.

I denne undersøkelsen ble volum, vekt, fuktighet og energimengde målt og beregnet på vedsekker pakket i Østfold (Våler, Hobøl), Buskerud (Flå), Sogn- og Fjordane (Jølster), Nord-Trøndelag (Hegra) og Troms (Øverbygd). Mengden av ved i småsekkene var 60–70 % av oppgitt volum på sekken. For ved stablet i storsekk var andelen ved i sekkene opp mot 70 %, mens det for ustablet ved i storsekk var andelen redusert til 50 % i forhold til oppgitt volum på sekkene.

Sommeren 2012 var relativt nedbørsrik og undersøkelsen viste at ved som var riktig behandlet (lagret) hadde en lavere fuktighet. Småsekkene fra Buskerud, Sogn og Fjordane og Troms hadde som følge av god lagring en gjennomsnittlig fuktighet på 19,5 % av tørrvekt høsten 2012. Fuktigheten av tørrvekt i bjørkesekker i Nord-Trøndelag og Østfold (Våler) varierte mer og gjennomsnittet var henholdsvis 26 og 27 % i 2012. Beste vedkvalitet (A1) skal ha en fuktighet ≤ 25 % av tørrvekt etter Norsk Standard. Fuktighet ble målt med en håndholdt fuktighetsmåler. Fuktighetsmåleren målte fuktighet av tørrvekt.

Gran er et lettere treslag enn bjørk. Bjørk ble i forsøket målt til 512 kg tørrstoff (ts) per fastkubikkmeter, mens furu og gran veide henholdsvis 394 og 342 kg ts per fastkubikkmeter. Undersøkelsen viste at sekkene med gran (det letteste treslaget) veide mindre enn furu, mens sekkene med bjørk veide mest (det tyngste treslaget per volumenhet) ved samme fuktighet av tørrvekt. Veiing viste for eksempel at bjørk 60 sekk veide 23 kg, mens furu og gran veide henholdsvis 19 og 16 kg. Forsøket viste at stablet bjørkeved i storsekk veide om lag 30 % mer enn en ustablet sekk med ved. Veiing ble utført med en kranvekt for storsekkene og en platevekt for småsekkene. En rundballevekt ble også testet for veiing av storsekkene. Den ble montert på traktorens tipsylinder.

På grunnlag av vedens fuktighet og vekt kan en beregne energimengden i en leveranse med ved. Sekkene med bjørk har mer energi enn furu og gran innen samme sekkestørrelse. Beregningen viste for eksempel at bjørk 60 sekk i gjennomsnitt inneholdt 97 kWh, mens furu og gran inneholdt henholdsvis 82 og 69 kWh. Undersøkelsen viste f.eks. at en stablet storsekk inneholder ca. 30 % mer energi enn en ustablet sekk.

Et nytt omsetningssystem for fyringsved bør baseres på vekt og måling av fuktighet for å beregne energimengden i sekkene. Metoden er både kvalitetsstimulerende, nøytral mht. treslag og definitivt mer nøyaktig enn oppgitt volum. Når en beregner nyttbar energi etter fyringsovens virkningsgrad kan prisen i øre/kWh oppgis. Den er direkte sammenlignbar med kostnaden for strøm ved bruk av f.eks. panelovner.

Rapporten foreslår at vedprodusentene veier vedsekkene og måler fuktighet på et utvalg av kabber i sekken. Vedsekkene merkes med informasjon om treslag, vekt, fuktighet, energimengde og nyttbar energi forutsatt fyring i en rentbrennende vedovn. Denne produktinformasjonen kan utstedes for enhver leveranse av fyringsved som selges løst, stablet, i bulk, pakket, buntet mv. Informasjon om veden skal festes til leveransen, eller vedlegges faktura eller kontrakt. Produktinformasjon, veiing og måling av ved er i henhold til Norsk Standard.

Nøkkelord:

Fyringsved, vekt, fuktighet, energimengde

INNHold

| | |
|--|-----|
| Forord | ii |
| Sammendrag | iii |
| 1. Innledning | 1 |
| 1.1. Bakgrunn..... | 1 |
| 2. Historisk perspektiv | 1 |
| 2.1. Måling..... | 1 |
| 2.2. Standarder for fyringsved | 2 |
| 2.3. Eldre omsetningsformer for ved..... | 2 |
| 2.4. Vektmåling | 2 |
| 2.5. Utfordringer i dag..... | 3 |
| 3. Forsøksplan..... | 3 |
| 3.1. Målsetning..... | 3 |
| 3.2. Informasjon og kontakt med media | 3 |
| 4. Materiale og metoder..... | 4 |
| 4.1. Treslag | 4 |
| 4.2. Sekkestørrelse..... | 4 |
| 4.2.1 Småsekker | 4 |
| 4.2.2 Storsekker | 4 |
| 4.3. Forsøkssteder og lagring | 4 |
| 4.3.1 Våler i Østfold..... | 5 |
| 4.3.2 Flå (Gulsvik) i Buskerud..... | 6 |
| 4.3.3 Jølster i Sogn og Fjordane | 7 |
| 4.3.4 Hegra i Nord-Trøndelag..... | 8 |
| 4.3.5 Øverbygd i Troms | 9 |
| 4.3.6 Tønnerød i Østfold | 10 |
| 4.4. Beregninger av fuktighet | 11 |
| 4.5. Feltforsøk..... | 12 |
| 4.5.1 Måling av basisdensitet (tetthet)..... | 12 |
| 4.5.2 Volum ved i småsekker..... | 12 |
| 4.5.3 Volum ved i storsekker | 12 |
| 4.5.4 Måling av fuktighet i småsekker | 13 |
| 4.5.5 Måling av fuktighet i storsekker | 13 |
| 4.5.6 Måling av diameter..... | 13 |
| 4.5.7 Veiing av småsekker..... | 13 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.5.8 | Veiing av storsekker..... | 14 |
| 4.5.9 | Teo Rundballevekt..... | 14 |
| 4.6. | Beregning av energimengde..... | 15 |
| 4.7. | Statistisk metode | 15 |
| 5. | Resultater | 16 |
| 5.1. | Basisdensitet | 16 |
| 5.2. | Volum ved i småsekker | 16 |
| 5.3. | Volum ved i storsekker | 17 |
| 5.4. | Fuktighet i småsekker | 17 |
| 5.5. | Fuktighet i storsekker | 18 |
| 5.6. | Diameter på vedkabbene | 19 |
| 5.7. | Vekt av småsekker | 19 |
| 5.8. | Vekt av storsekker | 20 |
| 5.9. | Vekt med Teo rundballevekt | 21 |
| 5.10. | Beregning av energimengde i småsekker..... | 21 |
| 5.11. | Beregning av energimengde i storsekk | 22 |
| 5.12. | Beregning av 95 % konfidensintervall | 23 |
| 6. | Diskusjon | 24 |
| 6.1. | Lagringsforhold | 24 |
| 6.2. | Volum | 24 |
| 6.3. | Fuktighet | 24 |
| 6.4. | Vekt av småsekker | 25 |
| 6.5. | Vekt av storsekker | 25 |
| 6.6. | Energimengde | 25 |
| 7. | Konklusjon | 26 |
| 7.1. | Merking av ved | 26 |
| 7.2. | Omsetning av fyringsved..... | 26 |
| 8. | Vedlegg | 27 |
| 8.1. | QR kode..... | 27 |
| | Referanser | 28 |

1. INNLEDNING

1.1. Bakgrunn

Det er et nasjonalt og internasjonalt mål å utvikle et fremtidig varmemarked basert på fornybare energikilder - herunder bioenergi. I Norge har oppmerksomheten i stor grad vært rettet mot bruk av trevirke, og ikke minst vanlig fyringsved. All statistikk viser at tilveksten i de norske skogene er mye større enn avvirkningen [1]. Som følge av dette er det i dag store kvanta virkesressurser som ikke blir utnyttet, - parallelt med et økende forbruk av ved. For å nå de store, nasjonale målsetningene om en økt varmeproduksjon basert på ny, fornybar energi, er uttak av biobrensel fra skog høyt prioritert.

Det er også tradisjon for at man i Norge bruker ved som et supplement når utetemperaturen er spesielt lav. Dette skjermer el-forbruket når varmebehovet er størst, men påvirker samtidig vedforbruket og omsetningen fra et år til et annet.

Årlig selges ca. 100.000 rentbrennende ildsteder i Norge i form av ovner, peisovner og peisinnsatser, og med en gjennomsnittspris på ca. 12 000 kroner. I tillegg kommer betydelige investeringer i vedproduksjonsutstyr som ved-maskiner, kappe- og kløyveutstyr og ulike skogsmaskiner – som for en stor del er norskprodusert.

I Norge er det 6000–9000 vedprodusenter som i større eller mindre grad selger ved. Spørreundersøkelser som Norsk Ved har gjennomført viser at det medgår opptil 0,6 årsverk pr. vedprodusent, og konseptet "vedbransjen" bidrar med andre ord til et økt næringsgrunnlag i distriktene, og spiller følgelig en viktig rolle i en nasjonal målestokk.

Kostnadene til oppvarming utgjør en merkbar post på husholdningsbudsjettet for mange familier. Forbrukeren vil i økende grad kreve et omsetningssystem hvor man også kan etterprøve både vedmengde og kvalitet i likhet med andre «dagligvarer». I forbindelse med salg av fyringsved til forbruker bør pris og energiinnhold kunne oppgis. Det muliggjør utregningen av pris i øre per. kWh. Prisen i øre kWh for fyringsved kan sammenlignes med andre konkurrerende energibærere.

Statistisk Sentralbyrå ser muligheten for å redusere usikkerheten i energistatistikken ved at man kan unngå å måtte bruke gjennomsnittlige omregningsfaktorer for å omregne fra volum (målt i m³, favner eller sekker) til energi. Informasjon om import og eksport av ved får man i dag gjennom tolldeklarasjonene. I dag blir det registrert volum (ikke kg) og verdi i tolldeklarasjonene. Et mer relevant mål vil være teoretisk energiinnhold, da dette henger bedre sammen med vedens verdi enn volumet. Prosjektet vil kunne munne ut i et forslag til Toll- og avgiftsdirektoratet, om å endre innholdet i tolldeklarasjonene fra kg til energiinnhold.

2. HISTORISK PERSPEKTIV

2.1. Måling

Ved Kgl.res. av 25. juni 1936 ble det offentliggjort klassifiseringsbestemmelser for favneved. Den 6. juni 1952 kom en bestemmelse om måling av ved til brensel. Denne resolusjonen avløste mellomliggende klassifiseringsbestemmelser og kvalitetskrav for ved som var fastsatt av Landbruksdepartementet 1.7.1943. *Vedtømmer* kom inn som et nytt sortiment i krigsårene 1940–45. Sortimentet var fra først av bare tenkt som virke til brensel, men ble i stigende grad brukt som industrivirke for wallboard og cellulosefabrikkene. Kvalitetskrav og måleregler for tømmer til ved ble fastsatt av Landbruksdepartementet 26.8.1952.

2.2. Standarder for fyringsved

I den Europeiske komitéen for Standardisering er en serie av standarder for fast biobrensel samlet under tittelen «Fast biobrensel – Spesifikasjoner og klasser for brensel». Standarden NS-EN 14961–5:2011 omhandler *Ved for ikke-industriell bruk* og ble fastsatt som Norsk Standard i juni 2011 [2]. NS-EN 14961–5:2011 har dermed avløst NS 4414:1997. Standarden NS-EN 15234–5:2012 omhandler *Brenselkvalitetsgarantier* [3]. Målet med Standarder er å garantere vedens kvalitet gjennom hele verdikjeden, fra opprinnelsen til levering av fyringsved og at spesifiserte kvalitetskrav er oppfylt.

2.3. Eldre omsetningsformer for ved

Hogst og drift av ved tok vanligvis utgangspunkt i hogstavfall fra sluttavvirkning, rydningshogst eller tynning i ungskog. Før motorsaga ble vanlig i skogbruket ble veden avvirket manuelt og som oftest uttransportert med hest.

I skogen ble veden lagt opp til tørk i reis uten kløyving, men noen ganger slindbarket. Veden ble «krysslågt» i reis og man fjernet striper av bark på de største stokkene for å lette tørkeprosessen (slindbarking). Veden ble lagt opp i skogen i fallende lengder eller kappet i 3 m lengde og senere lagret/tørket i skogen, - evt. solgt som reis. Reisveden ble senere vanligvis transportert til forbruker eller en terminal / bilvei hvor den ble kappet, lagret og evt. solgt i 3 m lengder som storfavn (1 x 4 x 3 m). Senere ble det mer vanlig med 1 m kabbelengde og i dag 0,6 og 0,3 m lengde. Antall reis var en viktig enhet som basis for oppgjør til skogsarbeider (akkord).

Noen av dagens omsetningsformer og begrep er fortsatt i bruk. Favnved er et begrep som fortsatt eksisterer, og brukes som en betegnelse på ved når den er kappet i lengder på 1 m eller mindre – f.eks. i 0,6 eller 0,3 m lengde – og stablet i favner. Favneveden ble opprinnelig solgt i hele favner, hvor 1 favn utgjorde en stabel som var 2 m lang og 2 m høy – med 1 m lange kabber. Senere ble det mer vanlig med stabler som var 4 m lange og 1 m høy. Under hogsten ble veden ofte stablet opp i halvfavner som var 2 m lang og 1 m høy [4]. Fortsatt selges ved i favner, men det aller meste av veden selges i sekker av ulik størrelse pakket med 30 cm lange kabber.

2.4. Vektmåling

Den omfattende og arbeidskrevende tømmerfløtingen ble på 50-tallet redusert år for år, og økende kvanta ble etter hvert transportert med lastebil inn til mottakerstedene. Datidens metode med måling av hver enkelte tømmerstokk ble etterhvert såpass omstendelig og kostnadskrevende at en noe enklere metode måtte utvikles. I perioden 1963–66 søkte man etter metoder hvor hele tømmerlass kunne måles i bulk i løpet av minutter. Tømmermåling etter vekt, ved lassveiing kombinert med bestemmelse av midlere tørrvekt av veden, ble introdusert. Det ble utviklet høvelig prøvetakingsutstyr (kjedefres) for hurtig innsamling av stikkprøver fra stokkene i billasset. Det ble installert vektorer for å veie bil med og uten lass, og bygd målerigger ved en rekke treforedlingsindustrier for uttak av flisprøver. Dette var nytenkning, og resulterte i stor interesse, men også skepsis. Mange mente en slik metode var uakseptabel med hensyn til nøyaktighet og representativitet. Dette til tross, metoden ble utviklet, akseptert og benyttet i flere år før lassmåling etter FMB-metoden ble introdusert for skurtømmer og massevirke. Metoden ble ikke benyttet ved omsetning av ved.

2.5. utfordringer i dag

Omsetningen av ved har økt de siste årene som følge av tidvis høyere strømpriser, nye og bedre ovner, lettere tilgang på god ved, flere fritidsboliger, flere profesjonelle vedprodusenter mv. Den totale førstehåndsverdien for ved er betydelig og ligger i dag på nær 4 milliarder kroner. Vedforbruket i boliger og fritidsboliger var i 2011 anslått til 6,62 TWh (teoretisk energiinnhold), hvorav ca. 85 % i boliger og ca. 15 % i fritidsboliger. Det er registrert at 1,3 millioner husholdninger fyrer med ved, og trolig er flere ildsteder i bruk fordi en del husholdninger bruker mer enn ett ildsted. På landsbasis brukte hver innbygger i 2011 i gjennomsnitt 245 kilo ved [5].

Stort forbruk og nye forbrukere av ved stiller også nye krav til leveranse, logistikk, omsetningsform og vedkvalitet. Målet må derfor være å skreddersy veden til forbrukerens behov og evt. prissette de tjenester som ytes ekstra. Omsetningsformen skal være enkel og kostnadseffektiv. Sekkstørrelsen skal tilpasses leveranser til enkelthytter og hyttebyer, leveranse til boligblokker, og hensynet til manglende vedskjul. Veden skal dessuten dimensjoneres og tørkes slik at den er tilpasset nye boliger, nye ovner og nye fyringsmetoder. Målet må derfor være vedprodukter og merking som til enhver tid er tilpasset markedet.

Forbruker vil i økende grad stille krav til vedens utseende, f.eks. mugg, misfarging og råte. utfordringene for vedprodusenten vil ligge i å utvikle gode rutiner for riktig hogsttid, riktig skjerming for nedbør og god lufting slik at man unngår lagringsskader. I tillegg vil forbrukerne i økende grad fokusere på energimengde og økonomi – ikke minst en sammenligning med alternative energikilder.

3. FORSØKSPLAN

3.1. Målsetting

Hovedmålet har vært å utvikle, teste og innføre et rasjonelt og tilstrekkelig nøyaktig målesystem for omsetning av fyringsved. Målsettingen i forsøkene har vært: 1) å få et estimat på volum ved i sekkene og vekt på sekkene med ved som selges i dag, 2) å få et estimat på energiinnhold for ulike sekkestørrelser og treslag, 3) å utarbeide et forslag til produktinformasjon basert på måling av vekt og fuktighet.

Hensikten med undersøkelsen har vært å vise at måling på fuktighet og veiing av ved er en mer nøyaktig omsetningsform enn et system basert på volum og sekkestørrelse. Med målt fuktighet og oppgitt vekt kan en i tillegg regne ut energimengden i fyringsveden.

For å beskrive fyringsved er det viktig å sammenstille en del egenskaper som vil kunne påvirke vedens verdi som brensel. Følgende egenskaper er vesentlige i forhold til måling og kvalitetsbedømmelse av ved:

- Treslag
- Egenvekt (densitet)
- Vekt, volum og dimensjon
- Fuktighet

Forsøksplanen ble utarbeidet for perioden 2011–2013 og med start den 1. november 2011. Prosjektet har hatt totalt to års varighet. Andre året har det vært utført forsøk med 1500 l storsekk.

3.2. Informasjon og kontakt med media

Norsk Ved har i samarbeid med Skog og Landskap avholdt 15 veddager for å informere vedprodusentene om de foreløpige og endelige resultater. Prosjektet har hatt oppslag i media og

deltatt i nasjonale TV programmer i prosjektperioden. Det er i prosjektet laget en matrise (tabell) og en applikasjon (vedkalkulator) for beregning av energimengde [6], [7].

4. MATERIALE OG METODER

4.1. Treslag

Forsøket ble i 2012 gjennomført på 5 lokaliteter (Østfold, Buskerud, Sogn og Fjordane, Nord-Trøndelag og Troms). I Østfold, Buskerud og Sogn og Fjordane ble det brukt: Bjørk, gran og furu. I Nord-Trøndelag ble det kun produsert bjørk og i Troms bjørk og furu. I tillegg ble det utført ett forsøk med fjellfuru i Buskerud.

4.2. Sekkestørrelse

4.2.1. SMÅSEKKER

Veden ble kappet, kløyvd og senere pakket for hånd i standard småsekker med et oppgitt volum på 30, 40, 60 og 80 liter. Småsekkene var merket med følgende todimensjonale mål (bredde x lengde): 48 x 58 cm \approx 30 liter; 49 x 72 cm \approx 40 l; 60 x 80 cm \approx 60 l; 60 x 100 cm \approx 80 l. Sekkenes liter betegnelse kan være det teoretiske volum på sekken hvis den var fylt med vann eller sand. De fleste forbrukere vil relatere volumet til antall liter ved i sekken enten veden i sekken er i en krympet, ukrympet, stablet eller ustablet tilstand.

For hver sekkestørrelse og treslag ble det i 2012 pakket 20 småsekker per vedprodusent. I tillegg ble det pakket 20 småsekker med fjellfuru hvor sekkestørrelse var begrenset til 40 og 60 liter. Betegnelsen i resultatdelen av undersøkelsen er 30, 40, 60 og 80 og navngir ulike sekkestørrelser uten tilknytning til eksakt literbetegnelse.

4.2.2. STORSEKKER

Storsekker ble i forsøket begrenset til bjørk i Østfold og Troms. For storsekker inngår:

- Europall (1000 l), stablet, ustablet og krysslågt.
- Notsekk (1500 l), Big Bag (1500 l), stablet og ustablet.
- Hydropall (1500 l), ustablet.
- Hydropall (2000 l), stablet og ustablet.

På hver lokalitet utgjorde det 2–5 sekker per forsøkssted. Storsekkene og småsekkene var levert av Espesgard AS og ble fordelt til vedprodusentene av Skog og landskap etter merking og måling.

4.3. Forsøkssteder og lagring

Feltforsøkene ble plassert på følgende lokaliteter: Våler (Østfold), Flå (Buskerud), Jølster (Sogn og Fjordane), Hegra (Nord-Trøndelag) og Øverbygd, (Troms). I tillegg ble Tønnerød (Østfold) valgt ut som lagringssted for storsekk for hydropall 1500 liter i 2013. Temperatur og nedbørsdata for forsøksstedene er hentet fra nærmeste målestasjon tilhørende Meteorologisk Institutt.

4.3.1. VÅLER I ØSTFOLD

Temperatur og nedbørsdata for Våler i Østfold i 2012 er vist i tabell 1. Nedbøren fra april til september var 111 % av normalen i 2012.

Tabell 1. Temperatur og nedbør i Våler i Østfold i 2012.

| Måned | Temperatur gjennomsnitt (°C) | Temperatur normal (°C) | Nedbør totalt mm | Nedbør normal mm |
|--------------|------------------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------|
| april | 4,5 | 4,2 | 90 | 43 |
| mai | 11,6 | 10,3 | 62 | 57 |
| juni | 13,0 | 14,7 | 67 | 63 |
| juli | 15,9 | 15,9 | 86 | 73 |
| august | 15,8 | 14,9 | 76 | 88 |
| september | 11,3 | 10,8 | 83 | 94 |
| Sum | | | 464 | 418 |
| Gjennomsnitt | 12,0 | 11,8 | 77 | 70 |

Småsekkene i Våler ble stablet på pall og lagret åpent uten dekking i hele perioden (fig. 1). Veden ble kappet og kløyvd med en *Binderberger SSP 520Z* vedmaskin. Vedsekkene ble lagt opp i slutten av april 2012. Måling ble avsluttet den 27.08 og 29.8.2012. I slutten av august ble sekkene delvis tildekket med en heldekkende presenning for beskyttelse mot regn.



Figur 1. Småsekkene i Våler i Østfold ble lagret uten dekking. Foto: Eirik Nordhagen.

4.3.2. FLÅ (GULSVIK) I BUSKERUD

Temperatur og nedbør for Flå er vist i tabell 2. I Flå kom det 134 % av normal nedbør i lagringsperioden. Veden i Flå ble produsert med en *Dalen 1254* vedmaskin. Sekkene i Flå (Gulsvik) ble stablet på pall og lagret åpent med dekking (fig. 2). Vedsekkene ble produsert i slutten av april og i begynnelsen av mai 2012. Målingene i Gulsvik ble avsluttet den 24.10.2012.

Tabell 2. Temperatur og nedbør i Flå i Buskerud i 2012

| Måned | Temperatur gjennomsnitt (°C) | Temperatur normal (°C) | Nedbør totalt mm | Nedbør normal mm |
|--------------|------------------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------|
| april | 3,7 | 3,5 | 114 | 32 |
| mai | 11 | 10,0 | 63 | 53 |
| juni | 12,8 | 15,2 | 89 | 85 |
| juli | 15,5 | 15,4 | 115 | 83 |
| august | 15,1 | 14,2 | 126 | 102 |
| september | 10,1 | 9,9 | 57 | 64 |
| Sum | | | 564 | 419 |
| Gjennomsnitt | 11,4 | 11,4 | 94 | 70 |



Figur 2. Småsekkene i Flå (Gulsvik) i Buskerud ble lagret med dekking. Foto: Eirik Nordhagen.

4.3.3. JØLSTER I SOGN OG FJORDANE

Temperatur og nedbør for Jølster er vist i tabell 3. I Jølster kom det 109 % av normal nedbør i perioden. I september 2012 kom det 170 % mer nedbør enn normalt, mens april og juni kom det mindre nedbør i forhold til normalen. Veden ble produsert med en *Hakki Pilke 1x37 easy* vedmaskin. Sekkene ble stablet på pall og lagret under tak i et Grinda bygg (fig. 3). Vedsekkene ble produsert og lagt opp i slutten av april og i begynnelsen av mai 2012. Målingene i Vassenden ble avsluttet den 7. september 2012.

Tabell 3. Temperatur og nedbør i Jølster i Sogn og Fjordane i 2012.

| Måned | Temperatur gjennomsnitt (°C) | Temperatur normal (°C) | Nedbør totalt mm | Nedbør normal mm |
|--------------|------------------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------|
| april | 3,7 | 4,0 | 46 | 97 |
| mai | 8,9 | 9,3 | 105 | 89 |
| juni | 11,9 | 12,4 | 70 | 110 |
| juli | 13,9 | 13,5 | 148 | 125 |
| august | 14,3 | 13,3 | 135 | 145 |
| september | 8,4 | 9,4 | 405 | 265 |
| Sum | | | 909 | 831 |
| Gjennomsnitt | 10,2 | 10,3 | 152 | 139 |



Figur 3. Småsekker i Jølster (Vassenden) i Sogn og Fjordane ble lagret i et Grinda bygg. Foto: Eirik Nordhagen.

4.3.4. HEGRA I NORD- TRØNDELAG

Temperatur og nedbør for Hegra er vist i tabell 4. På Værnes kom det 64 mm mindre nedbør enn normalt i perioden. Vedsekkene ble produsert med en *Dalen 2054* vedmaskin og lagt opp i slutten av mai (fig. 4). Sekkene ble stablet på pall og lagret ute, uten tak. Rett før siste måling den 19. september 2012 ble sekkene kjørt inn under tak.

Tabell 4. Temperatur og nedbør på Værnes i Nord- Trøndelag i 2012.

| Måned | Temperatur gjennomsnitt (°C) | Temperatur normal (°C) | Nedbør totalt mm | Nedbør normal mm |
|--------------|------------------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------|
| april | - | 3,6 | 40 | 49 |
| Mai | 3,2 | 9,1 | 31 | 53 |
| Juni | 8,3 | 12,5 | 82 | 68 |
| Juli | 14,1 | 13,7 | 94 | 94 |
| august | 13,9 | 13,3 | 45 | 87 |
| september | 9,4 | 9,5 | 96 | 113 |
| Sum | | | 348 | 415 |
| Gjennomsnitt | 9,8 | 10,3 | 70 | 83 |



Figur 4. Småsekker med bjørk i Nord- Trøndelag (Hegra) ble lagret uten dekking. Foto: Eirik Nordhagen.

4.3.5. ØVERBYGD I TROMS

Temperatur og nedbør for Bardufoss i Troms er vist i tabell 5. På Bardufoss kom det 117 % av normal nedbør i perioden. I juli kom det unormalt mye nedbør i 2012. Veden ble produsert med en *Dalen 2054* vedmaskin. Sekkene i ble stablet på pall og lagret ute, uten tak (fig. 5). Sekkene ble kjørt inn under tak før siste måling den 25. september 2012.

Tabell 5. Temperatur og nedbør på Bardufoss i Troms i 2012

| Måned | Temperatur gjennomsnitt (°C) | Temperatur normal (°C) | Nedbør totalt mm | Nedbør normal mm |
|--------------|------------------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------|
| april | -2,1 | -0,2 | 32 | 33 |
| Mai | 5,1 | 5,6 | 67 | 24 |
| Juni | 9,5 | 10,5 | 34 | 38 |
| Juli | 11,8 | 13 | 101 | 57 |
| august | 10,8 | 11,5 | 30 | 63 |
| september | 6,3 | 6,3 | 64 | 64 |
| Sum | | | 328 | 279 |
| Gjennomsnitt | 6,9 | 7,8 | 55 | 47 |



Figur 5. Stablet og unstablet ved i 1000 l Europall sekker i Øverbygd i Troms. Foto: Eirik Nordhagen.

4.3.6. TØNNERØD I ØSTFOLD

Temperatur og nedbør for Ås (NMBU) målestasjon i 2013 er vist i tabell 6. Mai og juni var måneder med nedbør over normalt, mens juli, august og september var unormalt tørre. For hele perioden var nedbørmengden lik normalen ved målestasjonen.

Veden ble produsert med en *Dalen 2054* vedmaskin og fem sekker med bjørk ustabelt i storsekk Hydroll - 1500 liter ble lagret under tak fra den 26. april 2013 (fig. 6).

Tabell 6. Temperatur og nedbør på Ås i Akershus i 2013.

| Måned | Temperatur gjennomsnitt (°C) | Temperatur normal (°C) | Nedbør totalt mm | Nedbør normal mm |
|--------------|------------------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------|
| april | 3,5 | 4,1 | 57,9 | 39,0 |
| Mai | 12,7 | 10,3 | 116,0 | 60,0 |
| Juni | 14,2 | 14,8 | 114,4 | 68,0 |
| Juli | 17,4 | 16,1 | 20,2 | 81,0 |
| august | 15,5 | 14,9 | 57,1 | 83,0 |
| september | 11,1 | 10,6 | 56,5 | 90,0 |
| Sum | | | 422,1 | 421 |
| Gjennomsnitt | 12,4 | 11,8 | 70,4 | 70,2 |



Figur 6. Ustabelt ved i 1500 liter storsekk for Hydroll på Tønnerød i Østfold. Foto: Eirik Nordhagen.

4.4. Beregninger av fuktighet

Fukttinnholdet kan bestemmes som vekten av vann i forhold til råvekt (1), eller i forhold til tørrvekt (2). Den siste metoden benyttes på trelast, mens den første benyttes på flis.

$$M \% = \left(\frac{Råvekt - Tørrvekt}{Råvekt} \right) \times 100 \quad (1)$$

$$U \% = \left(\frac{Råvekt - Tørrvekt}{Tørrvekt} \right) \times 100 \quad (2)$$

Referansemetoden er å tørke flis, vedkabber eller stammeskiver ved 103 ± 2 °C inntil vekten forblir konstant [7]. Fuktighet kan også måles direkte med en håndholdt fuktighetsmåler. Den registrerer at vedens elektromagnetiske egenskaper endres ved ulik fuktighet [8]. Felles for de fleste av fuktighetsmålerne er at de måler fuktighet i prosent av tørrvekt. For å konvertere fra M til U og U til M kan en benytte formel (3) og (4).

$$U \% = \frac{M}{(100 - M)} \times 100 \quad (3)$$

$$M \% = \frac{U}{(100 + U)} \times 100 \quad (4)$$

I forsøket ble det brukt en fuktighetsmåler (AB FMD6) som viste fuktighet av tørrvekt (Fig. 7). Fuktighetsmåleren har innstillinger både for treslag og temperaturen i trevirket.



Figur 7. Et utvalg fuktighetsmålere. Fra venstre er EM-MINI, Protimeter og AB FMD6. Foto: Eirik Nordhagen.

4.5. Feltforsøk

Ved alle feltforsøk og geografiske lokaliteter har man tilstrebet relativt like og parallelle registreringer. Veden ble kappet, kløyvd og pakket i april-mai. Fem småsekker av totalt 20 sekker for hvert treslag ble plukket ut. Sekkene ble ved starten av forsøket veid, volummålt, merket og lagt inn sammen med de andre sekkenes i forsøket.

Det ble tilstrebet A1 kvalitet etter Norsk Standard [2]. Det vil si kabber med lengde ≤ 33 cm (L33). Diameteren på kabben min 5 cm og maks 15 cm (D10 + D15). Målet for fuktighet i feltforsøket var mindre eller lik 25 % av tørrvekt (U25), eller 20 % av råvekt (M 20).

4.5.1. MÅLING AV BASISDENSITET (TETTHET)

På forsøksstedene ble det i april-mai tatt stammeskiver og vedkubber av den produserte veden (treslag) for bestemmelse av basisdensitet med bark. Volumet i rå tilstand ble målt ved hydrostatisk veiing og fuktighet kalkulert ved tørking på 103 ± 2 °C til vekten var konstant.

4.5.2 VOLUM VED I SMÅSEKKER

For å finne volum ved i sekken ble utvalget av sekker dyppet i en ombygd varmtvannstank. Volumet med ved i sekken ble deretter beregnet etter avlesing av vannsøylen før og etter dypping (fig. 8).



Figur 8. Dypping av sekken i varmtvannstank for utregning av volum ved i sekken. Foto: Eirik Nordhagen.

4.5.3. VOLUM VED I STORSEKKER

For å estimere volum av ved i storsekkene ble 10 kabber tatt ut av sekken fra toppen og midten av sekken. Kabbene ble veid og volumet av kabbene i rå tilstand ble registrert ved hydrostatisk veiing i vann for å finne råvolum. Vekt per kubikkmeter (råvolumvekt) ble senere multiplisert med vekten av storsekkene for å finne et estimat på volum ved i storsekkene.

4.5.4. MÅLING AV FUKTIGHET I SMÅSEKKER

Tre vedkabber fra hver utvalgte sekk ble splittet på midten. Ved hjelp av fuktighetsmåler ble det tatt en måling i midten av kabben og en måling fra om lag 5 cm fra hver ende (fig. 9). Alle målingene ble foretatt på tvers av fiberretning. Fuktigheten for kabben var gjennomsnittet av de tre målingene og fuktigheten for sekken ble beregnet som gjennomsnitt av de tre kabbene. I eksemplet i fig. 10 viste fuktighetsmåleren 19,4 % i midten og henholdsvis 18,8 og 18,5 % i enden av kabben. Gjennomsnittlige fuktighet ble da regnet som $U = (18,8 + 19,4 + 18,5) / 3$.



Figur 9. Fuktigheten ble målt med fuktighetsmåler på tvers av fiberretningen og på tre steder. Foto: Eirik Nordhagen.

4.5.5. MÅLING AV FUKTIGHET, STORSEKKER

For å finne fuktighet av veden i storsekkene i Østfold (Våler og Tønnerød) ble 10 kabber plukket ut fra henholdsvis topp og midt i sekken. Kabbene ble veid og senere tørket i tørkeskap for å finne fuktighet. I Troms ble 6 kabber plukket ut fra hver sekk og målingen av fuktighet utført med FMD6 fuktighetsmåler. Kabbene ble hentet fra toppen og 30–40 cm ned i sekken.

4.5.6. MÅLING AV DIAMETER

For alle kabbene som ble målt med fuktighetsmåler ble også maksimum diameter målt. Diameter på en vedkabbe er i Norsk Standard definert som maksimum tverrmål på kabben. Eksempel på måling av diameter er vist i Norsk Standard [3].

4.5.7. VEIING AV SMÅSEKKER

Veiging av sekkene ble foretatt våren 2012 og ved avslutning av forsøket høsten 2012. Sekkene ble veid med en enkel kontrollvekt (fig. 10).



Figur 10. Småsekkene ble veid på en enkel kontrollvekt. Foto: Eirik Nordhagen.

4.5.8. VEIING AV STORSEKKER

For storsekkene i forsøket ble det benyttet stropper og kranvekt (fig. 11). Det ble gjort et fratrekk for pall og stropp etter veiing.



Figur 11. Storsekkene ble veid med kranvekt. Foto: Eirik Nordhagen.

4.5.9. TEO RUNDBALLEVEKT

For veiing av storsekker ble Teo rundballevekt testet. Vekta ble montert med hurtigkobling til frontlasterens tippsylinder. Vekta ble kalibrert med en kjent vekt (vekten av en storsekk veid med kranvekt). Sekkene ble veid på nytt og forholdstallet mellom avlest trykk og kjent vekt ble brukt for å få vekt i kilogram (fig. 12).



Figur 12. Teo rundballevekt med hurtigkobling for montering til frontlasterens løftesylinder. Foto: Eirik Nordhagen.

4.6. Beregning av energimengde

Beregning av effektiv brennverdi (kWh/kg) for leveringsklar ved kan beregnes med fuktighet (M) i forhold til råvekt (5) eller fuktighet (U) i forhold til tørrvekt (6).

$$\text{Effektiv brennverdi} = (\text{Nedre brennverdi} - (0,06 \times M)) \quad (5)$$

$$\text{Effektiv brennverdi} = \left(\text{Nedre brennverdi} - 0,06 \times \frac{(100 \times U)}{(100+U)} \right) \quad (6)$$

Typisk nedre brennverdi for tørt brensel (0 % fuktighet) er om lag 5,3 kWh/kg ts [9]. Energiinnholdet i sekkene regnes ut ved å multiplisere sekkens vekt med effektiv brennverdi.

4.7. Statistisk metode

Resultatene er sammenstilt som gjennomsnittstall og variasjonen oppgitt som standardavvik (Std). En variansanalyse (ANOVA) i R ble brukt for å sammenligne fuktighet i vedkubbene for de ulike lagringsstedene [11]. For å få robuste estimater på vekt, fuktighet og energimengde ble «Bootstrapping» brukt som statistisk metode på datasettet med målinger og beregninger i fra Buskerud, Sogn og Fjordane og Troms [12], [13].

5. RESULTATER

5.1. Basisdensitet

Basisdensitet er definert som forholdet mellom den absolutt tørre massen og volumet. Som det fremgår av tabell 7 hadde bjørk høyest basisdensitet (tetthet), mens gran har lavest tetthet. Høyest basisdensiteten ble målt på bjørk fra Sogn og Fjordane. Fuktighet i tabell 7 angir fuktighet av tørrvekt i veden våren 2012.

Tabell 7. Fuktighet og basisdensitet etter treslag og sted.

| Sted | Treslag | Fuktighet av tørrvekt (%) | Basisdensitet (kg/m ³) | Antall målinger |
|----------------------|-----------|---------------------------|------------------------------------|-----------------|
| Sogn og Fjordane | Bjørk | 65,4 | 543 | 5 |
| Nord- Trøndelag | Bjørk | 66,8 | 527 | 11 |
| Østfold ¹ | Bjørk | 72,9 | 507 | 10 |
| Buskerud | Bjørk | 76,5 | 506 | 10 |
| Troms | Bjørk | 68,9 | 500 | 10 |
| Østfold | Bjørk | 74,4 | 491 | 5 |
| Østfold | Furu | 105,2 | 425 | 3 |
| Buskerud | Fjellfuru | 118,0 | 407 | 16 |
| Buskerud | Furu | 110,9 | 405 | 9 |
| Sogn og Fjordane | Furu | 133,6 | 390 | 4 |
| Troms | Furu | 95,4 | 377 | 10 |
| Sogn og Fjordane | Gran | 178,3 | 348 | 5 |
| Østfold | Gran | 110,3 | 346 | 5 |
| Buskerud | Gran | 131,5 | 337 | 10 |

¹ Østfold, Tønnerød, 2013.

5.2. Volum ved i småsekker

Tabell 8 viser beregnet volum ved i sekkene i starten av forsøket. Det var som forventet relativt liten forskjell i de beregnede volumene for treslagene innen samme sekkestørrelse. Variasjonen i volum var størst for 80 sekkene. Vedsekkene inneholdt om lag 60–70 % fastmasse i forhold til sekkestørrelse i liter.

Tabell 8. Beregnet volum for småsekkene etter sekkestørrelse og treslag.

| Treslag | Sekk | Volum (l) | Std | Antall sekker | Fastmasse (%) |
|-----------|------|-----------|-----|---------------|---------------|
| Bjørk | 30 | 19,2 | 1,7 | 25 | 64 |
| Furu | 30 | 19,8 | 1,7 | 20 | 66 |
| Gran | 30 | 19,4 | 1,4 | 15 | 65 |
| Bjørk | 40 | 28,4 | 2,9 | 25 | 71 |
| Fjellfuru | 40 | 26,2 | 1,8 | 5 | 66 |
| Furu | 40 | 27,8 | 3,5 | 20 | 70 |
| Gran | 40 | 26,4 | 1,8 | 15 | 66 |
| Bjørk | 60 | 36,4 | 3,3 | 25 | 61 |
| Fjellfuru | 60 | 36,4 | 2,0 | 5 | 61 |
| Furu | 60 | 38,2 | 3,3 | 20 | 64 |
| Gran | 60 | 36,9 | 2,0 | 15 | 62 |
| Bjørk | 80 | 45,7 | 5,4 | 25 | 57 |
| Furu | 80 | 47,4 | 5,0 | 20 | 59 |
| Gran | 80 | 46,4 | 1,9 | 15 | 58 |

5.3. Volum ved i storesekker

Beregnet volum i storesekker for ulike sekketyper er vist i tabell 9. For Europall var det om lag 171 liter eller 25 % mer ved i sekken som var stablet enn sekken som var ustablet.

Tabell 9. Volum av storesekk etter sekketype, sekkestørrelse og pakking.

| Sekketype | Sekk | Pakking | Volum (l) | Antall sekker | Fastmasse (%) |
|-----------|------|-----------|-----------|---------------|---------------|
| Europall | 1000 | Krysslågt | 645 | 3 | 65 |
| Europall | 1000 | Stablet | 693 | 5 | 69 |
| Europall | 1000 | Ustablet | 522 | 3 | 52 |
| Big Bag | 1500 | Stablet | 827 | 2 | 55 |
| Big Bag | 1500 | Ustablet | 722 | 3 | 48 |
| Notsekk | 1500 | Stablet | 786 | 2 | 52 |
| Notsekk | 1500 | Ustablet | 593 | 3 | 40 |
| Hydropall | 1500 | Ustablet | 749 | 5 | 50 |
| Hydropall | 2000 | Stablet | 1154 | 2 | 58 |
| Hydropall | 2000 | Ustablet | 994 | 3 | 50 |

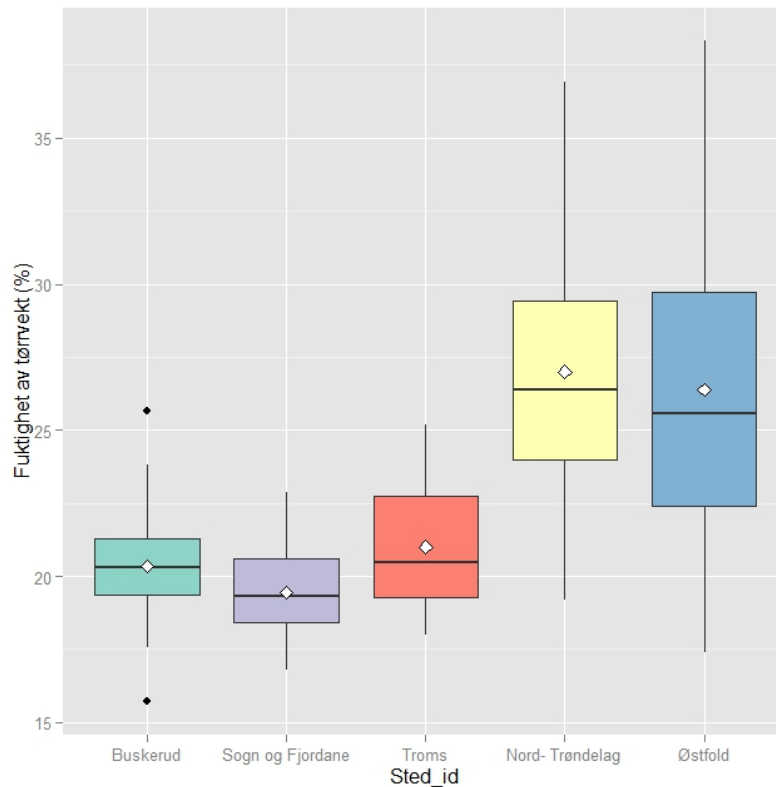
5.4. Fuktighet i småsekker

Målt fuktighet etter endt tørkesesong er fordelt på treslag og sted i tabell 10. Den målte fuktigheten i bjørk var signifikant høyere i Nord- Trøndelag og Østfold enn ved de andre forsøksstedene.

Tabell 10. Fuktighet i småsekker etter treslag og sted.

| Sted | Treslag | Fuktighet av tørrvekt (%) | Std | Antall kabber |
|------------------|-----------|---------------------------|-----|---------------|
| Buskerud | Bjørk | 20,3 | 1,7 | 60 |
| Nord- Trøndelag | Bjørk | 27,0 | 4,0 | 57 |
| Sogn og Fjordane | Bjørk | 19,5 | 1,6 | 60 |
| Troms | Bjørk | 21,0 | 2,0 | 60 |
| Østfold | Bjørk | 26,4 | 5,4 | 60 |
| Buskerud | Fjellfuru | 18,1 | 1,3 | 33 |
| Buskerud | Furu | 20,0 | 1,8 | 60 |
| Sogn og Fjordane | Furu | 18,2 | 1,4 | 45 |
| Troms | Furu | 17,8 | 1,2 | 60 |
| Østfold | Furu | 20,6 | 3,7 | 60 |
| Buskerud | Gran | 20,3 | 1,4 | 60 |
| Sogn og Fjordane | Gran | 19,1 | 1,7 | 60 |
| Østfold | Gran | 21,7 | 4,0 | 60 |

Veden var fuktigere og variasjonen i fuktighet var større i Østfold og Nord- Trøndelag. Den tørreste veden ble målt i Buskerud, Sogn og Fjordane og Troms (fig. 13).



Figur 13. Fuktighet i bjørkved fordelt på forsøksstedene.

5.5. Fuktighet i storsekker

Fuktighet i bjørkeved etter pakking, sekkestørrelse og sekkestype er vist i tabell 11. Veden i Østfold var betydelig fuktigere enn veden i Troms i 2012. For Hydropall 1500 i Østfold ble fuktigheten målt til 16 % høsten 2013.

Tabell 11. Fuktighet etter pakking, sekkestørrelse og sekkestype.

| Sekk | Sekk | Sted | Pakking | Fuktighet av tørrvekt (%) |
|------------------------|------|---------|-----------|---------------------------|
| Europall | 1000 | Troms | Ustablet | 19,4 |
| Europall | 1000 | Troms | Stablet | 19,7 |
| Europall | 1000 | Troms | Krysslågt | 19,4 |
| Notsekk | 1500 | Østfold | Ustablet | 23,6 |
| Notsekk | 1500 | Østfold | Stablet | 26,7 |
| Hydropall ¹ | 1500 | Østfold | Ustablet | 16,1 |
| Big Bag | 1500 | Østfold | Ustablet | 24,8 |
| Big Bag | 1500 | Østfold | Stablet | 31,5 |
| Hydropall | 2000 | Østfold | Ustablet | 29,5 |
| Hydropall | 2000 | Østfold | Stablet | 28,2 |

¹ Hydropall 1500 i Østfold ble målt i i september 2013.

5.6. Diameter på vedkabbene

Gjennomsnittlig maksimum diameter målt på vedkabbene fordelt på treslag og sted er vist i tabell 12. Gjennomsnittlig maks. diameter på alle vedkabbene uavhengig av treslag var $9,5 \pm 1,8$ cm.

Tabell 12. Diameter på vedkabber pakket i småsekker.

| Sted | Treslag | Diameter mm | Std | Antall kabber |
|------------------|-----------|-------------|-----|---------------|
| Buskerud | Bjørk | 8,5 | 1,7 | 60 |
| Nord- Trøndelag | Bjørk | 9,4 | 1,9 | 57 |
| Sogn og Fjordane | Bjørk | 9,2 | 1,7 | 60 |
| Troms | Bjørk | 10,2 | 1,5 | 60 |
| Østfold | Bjørk | 9,6 | 1,9 | 60 |
| Buskerud | Fjellfuru | 9,4 | 1,5 | 33 |
| Buskerud | Furu | 9,3 | 1,8 | 60 |
| Sogn og Fjordane | Furu | 9,8 | 1,7 | 45 |
| Troms | Furu | 10,1 | 1,7 | 60 |
| Østfold | Furu | 9,4 | 2,1 | 60 |
| Buskerud | Gran | 9,3 | 1,6 | 60 |
| Sogn og Fjordane | Gran | 9,3 | 1,5 | 60 |
| Østfold | Gran | 9,5 | 2,4 | 60 |

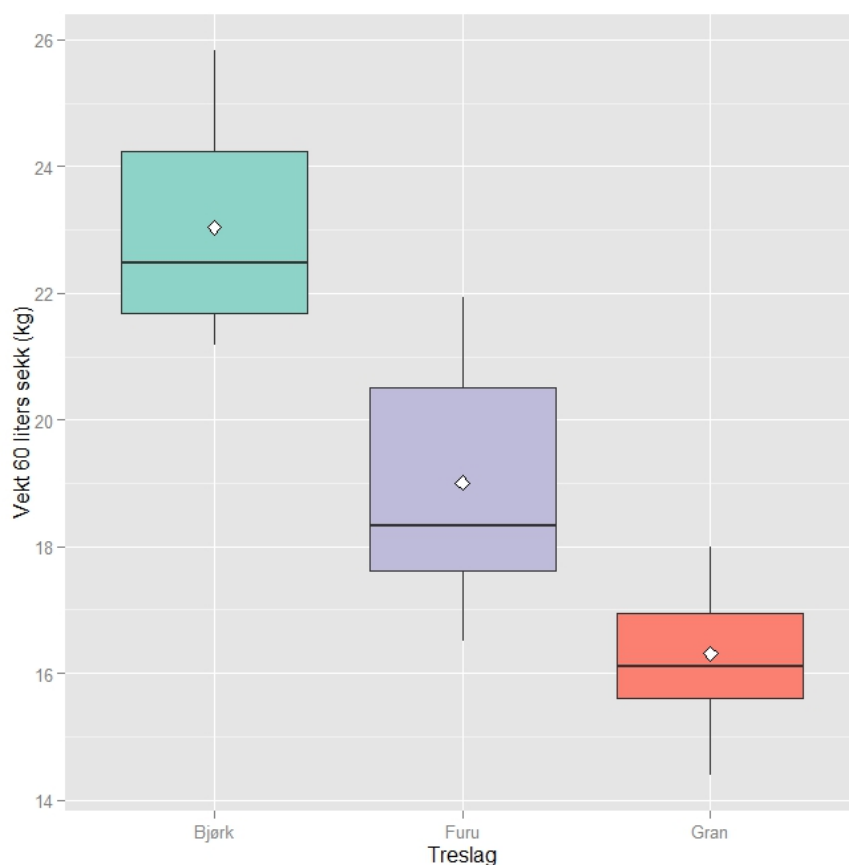
5.7. Vekt av småsekker

Vekt på småsekkene, etter endt tørkesesong, fordelt på sekkestørrelse og treslag - er satt opp i tabell 13. Sekkene med gran (det letteste treslaget) veide mindre enn er furu, mens sekkene med bjørk veide mest (det tyngste treslaget per volumenhet).

Tabell 13. Vekt av småsekkene etter sekkestørrelse og treslag.

| Treslag | Sekk | Vekt (kg) | Std | Antall sekker |
|-----------|------|-----------|-----|---------------|
| Bjørk | 30 | 12,4 | 1,2 | 24 |
| Furu | 30 | 10,0 | 0,8 | 20 |
| Gran | 30 | 8,9 | 0,8 | 15 |
| Bjørk | 40 | 18,2 | 1,8 | 25 |
| Fjellfuru | 40 | 13,4 | 1,4 | 5 |
| Furu | 40 | 13,8 | 1,2 | 15 |
| Gran | 40 | 11,9 | 0,9 | 15 |
| Bjørk | 60 | 23,0 | 1,5 | 25 |
| Fjellfuru | 60 | 18,0 | 0,8 | 5 |
| Furu | 60 | 19,0 | 1,8 | 20 |
| Gran | 60 | 16,3 | 1,0 | 15 |
| Bjørk | 80 | 29,1 | 3,0 | 25 |
| Furu | 80 | 23,4 | 1,9 | 20 |
| Gran | 80 | 21,0 | 1,4 | 15 |

Vekt for 60 sekk og treslag er vist i fig. 14. Bjørk er det tyngste treslaget av de tre og veide i gjennomsnitt 4 kg mer enn en furusekk og om lag 7 kg mer enn en gran sekk.



Figur 14. Vekt på 60 sekk for bjørk, furu og gran.

5.8. Vekt av storsekker

Vekten på storsekker med bjørk, etter endt tørkesesong, er satt opp i tabell 14. Stablet ved i en Europall sekk veide om lag 30 % mer enn Europall med unstablet ved.

Tabell 14. Vekt av storsekk etter pakking, sekkestørrelse og sekketøy.

| Sekk | Sekk | Sted | Pakking | Vekt (kg) | Min (kg) | Maks (kg) | Antall sekker |
|------------------------|------|---------|-----------|-----------|----------|-----------|---------------|
| Europall | 1000 | Troms | Ustablet | 309 | 303 | 315 | 3 |
| Europall | 1000 | Troms | Stablet | 407 | 389 | 418 | 5 |
| Europall | 1000 | Troms | Krysslågt | 379 | 364 | 395 | 3 |
| Notsekk | 1500 | Østfold | Ustablet | 377 | 372 | 380 | 3 |
| Notsekk | 1500 | Østfold | Stablet | 506 | 501 | 510 | 2 |
| Hydropall ¹ | 1500 | Østfold | Ustablet | 475 | 437 | 498 | 5 |
| Big Bag | 1500 | Østfold | Ustablet | 421 | 398 | 439 | 3 |
| Big Bag | 1500 | Østfold | Stablet | 561 | 557 | 565 | 2 |
| Hydropall | 2000 | Østfold | Ustablet | 629 | 621 | 636 | 3 |
| Hydropall | 2000 | Østfold | Stablet | 883 | 865 | 901 | 2 |

¹ Hydropall 1500 ble veid i 2013.

5.9. Vekt med Teo rundballevekt

Vekt av 3 sekker ble veid med Teo rundballevekt og kranvekt er vist i tabell 15. Gjennomsnittlig forskjell på de to vektene var $\pm 0,3$ %. Fuktighet ble målt til om lag 20 % av tørrvekt.

Tabell 15. Vekt av storekker med rundballevekt og kranvekt.

| Sekke type | Sekk | Avlest trykk (bar ¹) | Vekt med rundballevekt (kg) | Vekt med kranvekt (kg) | Avvik i vekt (kg) | Avvik (%) |
|------------|------|----------------------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------|-----------|
| Hydropall | 1500 | 37,5 | 542 | 542 | 0,0 | +0,0 |
| Hydropall | 1500 | 33,0 | 477 | 471 | +5,8 | +1,2 |
| Hydropall | 1500 | 35,0 | 506 | 508 | -2,3 | -0,4 |

¹Avlest trykk i bar ble multiplisert 14,45 for å få vekt ut i kilogram. Vekt er oppgitt med pall og stropp (22 kg).

5.10. Beregning av energimengde i småsekker

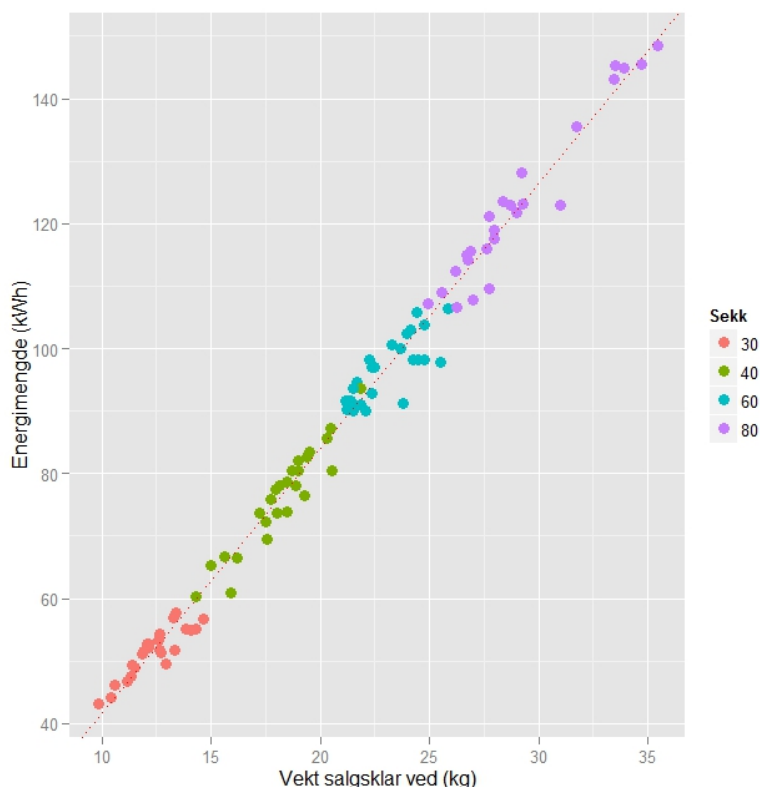
Beregnet energimengde i småsekkene fordelt på treslag og sekkestørrelse er satt opp i tabell 16. Sekkene med bjørk har mer energi enn furu og gran innen samme sekkestørrelse. Variasjonen i energimengde var størst for bjørk 80 sekk. Energiinnholdet i sekken med furu og fjellfuru var om lag det samme.

Tabell 16. Energimengde i småsekker etter sekkestørrelse og treslag.

| Treslag | Sekk | Energimengde ¹ (kWh) | Std | Antall sekker |
|-----------|------|---------------------------------|------|---------------|
| Bjørk | 30 | 51 | 3,9 | 24 |
| Furu | 30 | 43 | 3,3 | 20 |
| Gran | 30 | 38 | 3,4 | 15 |
| Bjørk | 40 | 76 | 8,1 | 25 |
| Fjellfuru | 40 | 59 | 6,6 | 5 |
| Furu | 40 | 60 | 5,2 | 15 |
| Gran | 40 | 51 | 3,6 | 15 |
| Bjørk | 60 | 97 | 5,2 | 25 |
| Fjellfuru | 60 | 79 | 3,6 | 5 |
| Furu | 60 | 82 | 8,0 | 20 |
| Gran | 60 | 69 | 4,3 | 15 |
| Bjørk | 80 | 123 | 13,3 | 25 |
| Furu | 80 | 102 | 8,7 | 20 |
| Gran | 80 | 91 | 6,0 | 15 |

¹5,3 kWh/kg ble brukt som nedre brennverdi for beregning av energimengde.

Det er en klar sammenheng mellom vekt og energimengde (Fig. 15). Variasjon i vekt og dermed energimengde var størst for bjørk 80 sekk og til dels også bjørk 40 sekk (tabell 18).



Figur 15. Vekt og energimengde for bjørkesekkene fordelt på sekkestørrelse.

5.11. Beregning av energimengde i storsekk

Beregnet energimengde i storsekker med bjørk fordelt på pakking, sekkestørrelse og sekketøy er satt opp i tabell 17. En stablet sekk (Europall) med ved inneholdt om lag 30 % mer energi enn en ustablet sekk (Europall) med ved.

Tabell 17. Energimengde i storsekkene etter pakking, sekkestørrelse og sekketøy.

| Sekk | Sekk | Sted | Pakking | Energimengde (kWh) | Min (kWh) | Maks (kWh) | Antall sekker |
|------------------------|------|---------|-----------|--------------------|-----------|------------|---------------|
| Europall | 1000 | Troms | Ustablet | 1336 | 1316 | 1364 | 3 |
| Europall | 1000 | Troms | Stablet | 1775 | 1676 | 1805 | 5 |
| Europall | 1000 | Troms | Krysslågt | 1640 | 1592 | 1704 | 3 |
| Notsekk | 1500 | Østfold | Ustablet | 1567 | 1533 | 1588 | 3 |
| Notsekk | 1500 | Østfold | Stablet | 2045 | 1951 | 2139 | 2 |
| Hydropall ¹ | 1500 | Østfold | Ustablet | 2125 | 1935 | 2243 | 5 |
| Big Bag | 1500 | Østfold | Ustablet | 1730 | 1662 | 1766 | 3 |
| Big Bag | 1500 | Østfold | Stablet | 2176 | 2062 | 2289 | 2 |
| Hydropall | 2000 | Østfold | Ustablet | 2490 | 2386 | 2567 | 3 |
| Hydropall | 2000 | Østfold | Stablet | 3498 | 3466 | 3529 | 2 |

¹ Hydropall 1500 ble lagret i 2013.

5.12. Beregning av 95 % konfidensintervall

Tabell 18 viser konfidensintervallet (95 %) på forventet fuktighet, vekt, brennverdi og energimengde for småsekkene med bjørk i Buskerud, Troms og Sogn og Fjordane.

Tabell 18. Konfidensintervall (95 %)† for sekkene med bjørk i Buskerud, Troms og Sogn og Fjordane.

| Sekk (str) | Fuktighet av tørrvekt (%) | Vekt sekk (kg) | Effektiv brennverdi (kWh/kg) | Energimengde i sekk (kWh) |
|------------|---------------------------|----------------|------------------------------|---------------------------|
| 30 | 19,5 – 21,0 | 11,3 – 12,2 | 4,26 – 4,32 | 48 – 53 |
| 40 | 20,0 – 20,9 | 17,5 – 19,3 | 4,27 – 4,30 | 75 – 83 |
| 60 | 19,4 – 20,9 | 21,9 – 23,0 | 4,26 – 4,32 | 94 – 99 |
| 80 | 19,7 – 21,0 | 28,2 – 31,8 | 4,26 – 4,31 | 121 – 135 |

† Bootstrap algorithm R=1999 (antall replikasjoner).

Tabell 19 viser konfidensintervallet (95 %) for småsekkene med furu fra Buskerud, Troms og Sogn og Fjordane.

Tabell 19. Konfidensintervall (95 %)† for sekkene med furu i Buskerud, Troms og Sogn og Fjordane.

| Sekk (str) | Fuktighet av tørrvekt (%) | Vekt sekk (kg) | Effektiv brennverdi (kWh/kg) | Energimengde i sekk (kWh) |
|------------|---------------------------|----------------|------------------------------|---------------------------|
| 30 | 17,8 – 19,6 | 9,3 – 10,3 | 4,32 – 4,39 | 41– 45 |
| 40 | 17,7 – 18,8 | 12,8 – 14,0 | 4,35 – 4,34 | 56 – 62 |
| 60 | 18,6 – 20,2 | 17,7 – 18,9 | 4,29 – 4,36 | 77 – 82 |
| 80 | 17,7 – 18,7 | 22,5 – 24,6 | 4,36 – 4,39 | 98 – 107 |

† Bootstrap algorithm R=1999

Tabell 20 viser konfidensintervallet (95 %) for småsekkene med gran fra Buskerud og Sogn og Fjordane.

Tabell 20. Konfidensintervall (95 %)† for sekkene med gran i Buskerud og Sogn og Fjordane.

| Sekk (str) | Fuktighet av tørrvekt (%) | Vekt sekk (kg) | Effektiv brennverdi (kWh/kg) | Energimengde i sekk (kWh) |
|------------|---------------------------|----------------|------------------------------|---------------------------|
| 30 | 19,2 – 20,4 | 8,2 – 9,2 | 4,28 – 4,33 | 35 – 40 |
| 40 | 18,0 – 20,0 | 11,5 – 12,6 | 4,30 – 4,38 | 50 – 54 |
| 60 | 20,7 – 21,9 | 15,6 – 17,0 | 4,23 – 4,27 | 67 – 73 |
| 80 | 18,3 – 19,2 | 20,2 – 22,2 | 4,34 – 4,37 | 88 – 96 |

† Bootstrap algorithm R=1999

6. DISKUSJON

6.1. Lagringsforhold

Nedbøren for Norge i 2012 var 105 % av normalen og var en av de 30 våteste siden 1900. I de fleste områdene har nedbørsmengden vært nær normalen, mens spredte deler av Vestlandet, Østlandet, Trøndelag og Finnmark hadde nedbør rundt 150–175 % av normalen [13]. Nedbøren i 2013 var 110 % av normalen, og året var blant de 20 våteste i serien som går tilbake til 1900. Relativt tørrest var det i enkelte områder i Sør-Norge, med 75–100 % av normalen i 2013 [15].

I denne undersøkelsen ble veden i Buskerud, Sogn og Fjordane og Troms lagret under tak i hele eller deler av tørkesesongen 2012. Veden i Østfold og i Nord- Trøndelag ble ikke lagret under tak og var heller ikke tilstrekkelig sikret mot regn høsten 2012. Storsekkene som ble veid høsten 2013 var lagret under tak. Ulike lagringsforhold og behandling av veden resulterte i variasjon i fuktighet og noe av veden som ble målt på høsten var ikke salgsklar, dvs. for fuktig. Opplysningene om nedbør og måling av fuktighet viste at det var nødvendig å sikre veden mot nedbør i deler, eller i hele lagringsperioden for å få fyrings- og salgsklar ved i 2012.

6.2. Volum

Resultatene fra volummålingene viste at det i gjennomsnitt var om lag 60–70 % ved i småsekkene i forhold til oppgitt volum på sekken. Storsekker selges med både stablet og ustablet fyringsved. Beregningene viste at storsekkene inneholdt opp mot 70 % ved når veden var stablet, mens for ustablet ved var mengden om lag 52 % av oppgitt volum på sekkene. Hvis en bruker sekkenes oppgitte mål på antall liter ved i sekken vil mengden ved i sekken ikke være korrekt.

6.3. Fuktighet

Fuktigheten i ved bør være ≤ 25 % av tørrvekt eller ≤ 20 % av råvekt [15]. Målingene i dette forsøket viste at ved i småsekker fra Buskerud, Sogn og Fjordane og Troms hadde en gjennomsnittlig fuktighet på fyringsveden på $19,5 \pm 1,6$ % av tørrvekt høsten 2012. Målingen i Østfold og Nord- Trøndelag viste derimot at veden i småsekkene med bjørk hadde fuktighet av tørrvekt på henholdsvis 26 og 27 %. Standardavviket var i begge tilfeller 4–5 %.

Storsekkene med bjørk i Østfold hadde en fuktighet på om lag 27 % i 2012. I Troms (2012) og Østfold (2013) ble fuktigheten av tørrvekt i storsekkene målt til henholdsvis 19,5 og 16 %.

Undersøkelsen viste at ved som var lagret under tak og skjermet for nedbør i hele eller deler av tørkesesongen hadde en akseptabel fuktighet, samtidig som at fuktigheten ikke varierte mer enn det som var akseptabelt.

Følgende prinsipper for måling av fuktighet bør brukes:

- Fuktigheten måles på et representativt antall kabber. Fuktigheten kan måles på sideflaten til vedkappen gjennom nettingsekken.
- Hvis et utvalg av vedkabbene har omtrent samme fuktighet er det sannsynlig at veden har fått omtrent den samme behandlingen med hensyn til produksjonstidspunkt og lagring.
- Kabbene må kløyves hvis man er usikker på om veden ikke er tørr i hele tverrsnittet.

I denne undersøkelsen ble det brukt en fuktighetsmåler som målte fuktighet ved aktuell temperatur. De fleste fuktighetsmålere er kalibrert for målinger ved 20 °C [16]. For de fleste

fuktighetsmålere følger det med tabeller for korrigering av fuktighet ved lavere eller høyere temperatur.

6.4 Vekt av småsekker

Sekkene innen samme sekkestørrelse med gran veide mindre enn er furu, mens sekkene med bjørk veide mest. Det gjenspeiles også i målingene av basisdensitet hvor bjørk var treslaget med høyest basisdensitet (tabell 9). Ved å veie vedsekker med samme fuktighet vil en fange opp at ulike tresorter har ulik tetthet eller vekt. Undersøkelsen viste f.eks. at småsekkene (60) med bjørk i fra Buskerud, Troms og Sogn- og Fjordane veide i gjennomsnitt i 22,5 kg, mens sekkene med furu og gran veide henholdsvis 18,3 og 16,3 kg.

Sekkene vil variere i vekt og det anbefales at vedprodusent veier vedsekkene, eller et utvalg av sekkene fra egen produksjon. Andre treslag og andre sekketyper vil kunne påvirke vekten på sekkene i forhold til vektene oppgitt i tabell 18, 19, 20.

6.5 Vekt av storsekker

Forsøket viste at stablet ved i storsekk veide om lag 30–35 % mer enn en ustablet sekk. Det ble foretatt relativt få målinger av storsekker i denne undersøkelsen. Vekten på storsekkene vil variere med treslag, sekkestype og pakkemåter. Dette gjelder spesielt hvis veden pakkes løst, stables, tilrettelegges, stemples, tippes osv. Det vil derfor være riktig at sekkene veies av den enkelte produsent før levering.

I forsøket ble en enkel rundballevekt testet for veiing av storsekker. En rundballevekt koster om lag kr 5.000,- og monteres på traktorens hydraulikk. Vekten kalibreres og kan deretter brukes for veiing av vedsekkene.

6.6. Energimengde

Undersøkelsen viste at en stablet storsekk inneholder om lag 30 % mer energi enn en ustablet sekk. Kjenner en fuktighet av tørrvekt og vekt kan en beregne effektiv brennverdi etter formel (6) på side 16. Energiinnholdet i sekken beregnes ved å multiplisere effektiv brennverdi med vekt av sekk. Energimengden som beregnes er total effektiv energimengde. Total nyttbar energimengde er derimot avhengig av vedovnsens virkningsgrad. Nye ovner som fyres med riktig lufttilførsel kan ha en virkningsgrad på 75–80 prosent. Til sammenligning har en åpen peis en virkningsgrad på opp til 15 prosent [18].

7. KONKLUSJON

7.1. Merking av ved

Det anbefales at vedsekkene merkes med informasjon om treslag, vekt, fuktighet, pris, energimengde, nyttbar energi og pris i øre/kWh (tabell 21). Informasjonen kan utstedes for enhver leveranse av ved som selges løst, stablet, i bulk, pakket, buntet osv. Informasjon om veden kan festes til leveransen eller vedlegges faktura eller kontrakt.

Det er i prosjektet utviklet en vedkalkulator (app). Applikasjonen er laget for smarttelefoner og nettbrett. Appen er tilgjengelig i App Store (iOS) og Google play (Android) [6]. (Scann QR-koder i Vedlegg 1). Vedkalkulatoren beregner nyttbar energi og vedpris i øre/kWh.

Tabell 21. Eksempel på produktinformasjon for en leveranse av ved

| | |
|---|--------------|
| Treslag | Bjørk |
| Antall kg veiet / Minste antall kg | 928 |
| Fuktighet ved levering - % | 17 |
| Pris kr | 1800 |
| Energimengde (kWh) | 4128 |
| Nyttbar energi (kWh) forutsatt rentbrennende ovn, 75 % virkningsgrad | 3096 |
| Pris øre/kWh[†], 75 % virkningsgrad | 58 |
| Vedprodusent / Telefon. | xxx xx xxx |

[†] Pris 58 øre/kWh er en sammenlignbar pris med f.eks. strøm.

7.2. Omsetning av fyringsved

Veiing av ved med fuktighetskontroll gir et godt grunnlag for å beregne energimengde. Metoden er både kvalitetsstimulerende, nøytral mht. treslag og definitivt mer nøyaktig enn oppgitt volum.

Det anbefales at vedbransjen i Norge tar i bruk en ny omsetningsform for ved.

8. VEDLEGG

8.1. QR kode

Scann QR-koden du ser her og installer appen direkte i din Android-enhet.



Scann QR-koden du ser her og installer appen direkte i din iOS (Apple)-enhet.



REFERANSER

- [1] Granhus, A., G. Hylen, and J.E. Nilsen, *Skogen i Norge: statistikk over skogforhold og skogressurser i Norge registrert i perioden 2005-2009*. 2012, Ås: Norsk institutt for skog og landskap. 85 s. : ill.
- [2] NS-EN 14961-5:2011. *Fast biobrensel - Spesifikasjoner og klasser for brensel - Del 5: Ved for ikke-industriell bruk..*
- [3] NS-EN 15234-5:2012. *Brenselkvalitetsgarantier. Del 5: Ved for ikke-industriell bruk.*
- [4] Kåsa, J., *Skognytting*. 1952, Oslo: Aschehoug. 373 s. : ill.
- [5] Aasestad, K. and K. Loe Bjønness. *Utslipp og energi fra vedfyring. Foreløpige landstall. 2011. Kraftig nedgang i vedforbruket*. 2012 [cited 2013; Available from: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/kraftig-nedgang-i-vedforbruket>.
- [6] Skog og landskap, *Vedkalkulator*. 2014 [cited 2014; Available from: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.skogoglandskap.vedkalkulator>.
- [7] NS-EN, 14774-2:2009. *Bestemmelse av fuktinnhold. Tørkemetode i ovn. Del 2: Totalt fuktinnhold. Forenkelt metode.*
- [8] Forsén, H. and V. Tarvainen, *Accuracy and fuctionability of hand held moisture content meters*. 2000. p. 95.
- [9] NS-EN, 14961-1:2010. *Fast biobrensel - Spesifikasjoner og klasser for brensel - Del 1: Generelle krav.*
- [10] R, C.T., *R: A language and environment for statistical computing*. 2012: R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- [11] Fox, J., *Boostrapping Regression Models*, in *An R and S-PLUS Companion to Applied Regression*. 2002. p. 14.
- [12] Haugen, T.B., *Bootstrapping – kjær metode uten norsk navn*. Tidsskrift for Den norske legeforening, 2012. **132**(12-13).
- [13] MET *Været i Norge - Klimatologisk oversikt Året 2012*. MET info, 2013. **13/2012**, 24.
- [14] MET *Været i Norge - Klimatologisk oversikt Året 2013*. MET info, 2014. **13/2013**, 24.
- [15] Thurkettle, V., *The wood fire handbook - the complete guide to a perfect fire*. 2012, London: Octopus Publishing Group Limited. 224.
- [16] Fernandez-Golfín, J., et al., *Curves for the estimation of the moisture content of ten hardwoods by means of electrical resistance measurements*. Forest Systems, 2012. **21**(1): p. 121-127.
- [17] Aasestad, K., *Vedforbruk, fyringsvaner og svevestøv: dokumentasjon og resultater fra undersøkelse i Drammen 2006/2007*. Vol. 2010/7. 2010, Oslo: Statistisk sentralbyrå. 71 s.