



Institutionen för Matematik, naturvetenskap och teknik
HÖGSKOLAN DALARNA

Brännved

- energiinnehåll i några olika träslag

Jan-Erik Liss



EU-strukturfond
Mål 2 Norra

Systemutveckling/ Arbetsvetenskap
Arbetsdokument nr 1 • 2005
Garpenberg

Förord

Enligt statistik producerad av SCB (Anon, 2004) på uppdrag av Statens Energimyndighet uppgick vedanvändningen i småhus och lantbruksfastigheter till 7,3 miljoner kubikmeter (travat mått) år 2003. Med den omräkningsfaktor som används av SCB ($1,24 \text{ MWh/m}^3$ travad volym) motsvarar det ca 9 TWh. Lägg därtill 555 000 kubikmeter flis/spån (stjälpt mått) och 250 000 ton pellets, vilket tillsammans med vedanvändningen motsvarar 10,7 TWh. Andelen småhus som enbart värmts med biobränslen uppgick till drygt nio procent år 2003, vilket kan jämföras med knappt nio procent som värmdes med olja.

Till skillnad från olja, är det dock betydligt svårare att bedöma energiinnehållet i ved och därmed åstadkomma en någorlunda rättvis prissättning vid handel med ved. Dessutom används olika måttenheter (fast mått, travat mått och stjälpt mått), vilket kan leda till missförstånd mellan köpare och säljare. Det är också vanskligt att omföra ett mått till ett annat, eftersom fastvolymprocenten varierar beroende på förutsättningarna (t.ex. förhållandet mellan vedens längd- och tvärmått). Ytterligare försvårande omständigheter vid prissättningen av ved är att det kan förekomma skillnader i fukthalt och densitet mellan vedpartier av olika träslag och även mellan vedpartier av samma träslag.

I föreliggande studie, vilken finansieras av Strukturfondsprogram Mål 2 Norra, har syftet främst varit att via några exempel visa hur energiinnehållet kan variera mellan olika träslag och hur detta i sin tur påverkar årsförbrukningen, kostnaden och arbetsinsatsen.

Garpenberg 2005-04-19

Jan-Erik Liss

Innehållsförteckning

Sammanfattning	iii
1. Bakgrund och syfte	1
2. Genomförande	2
2.1 Val av ved	2
2.2 Vedens fukthalt, volym och densitet	3
2.3 Vedens krympning vid torkning	3
2.4 Beräkning av vedens värmevärde	3
2.5 Beräkning av fastvolymprocenten	4
2.6 Kalkylexempel	5
3. Resultat	6
3.1 Volymvikt och värmevärde vid aktuell fukthalt	6
3.2 Beräknat värmevärde vid samma fukthalt	9
4. Diskussion	13
Litteraturförteckning	19
Bilagor	
1. Terminologi	
2. Vedvolym som motsvarar ett värmebehov på 20 000 kWh	
3. Vedvolym som krävs för att ersätta 1 m ³ olja (9 890 kWh)	
4. Kostnad för köpt ved, kr/kWh	
5. Vedkostnad/år vid ett värmebehov motsvarande 20 000 kWh	
6. Beräknad arbetsinsats för huggning, transport och eldning vid en årsförbrukning motsvarande 20 000 kWh	

Sammanfattning

Intresset för vedeldning har ökat de senaste åren, vilket sannolikt är en effekt av stigande oljepriser. Försäljningen av nya vedpannor har fyrdubblats jämfört med tidigare år och ett stort antal nya vedhandlare har etablerat sig på marknaden. Låga priser på massaved innebär också att försäljningen av brännved från privatskogsbruket ökar.

Kunskapen om vedens värmevärde är bristfällig hos såväl säljare som köpare och syftet med föreliggande studie har därför varit att ge exempel på hur värmevärdet kan variera mellan olika träslag och hur detta i sin tur påverkar kostnader, förbrukning och arbetsinsatser.

Studien omfattar totalt ca 300 vedträn med en sammanlagd torrsvikt på drygt 120 kg. Trädslagen al, alm, asp, björk, ek, lönn, rönn, syrén, sälg, äpple, tall och gran ingår i studien. Syrén och äpple utgör udda och inte speciellt vanligt förekommande träslag för beredning av ved, men togs ändå med i studien p.g.a. dessa träslags höga densiteter. När det gäller trädslagen al, ek, tall och gran har även några olika kvaliteter undersökts med avseende på värmevärde.

Den undersökta veden från syrén hade det klart högsta värmevärdet uttryckt i kWh/m³f. För att kunna jämföra de olika trädslagen beräknades värmevärdet vid samma fukthalt i veden. Följande beräknade värden erhöles för kluven ved (gallringsdimension) vid en fukthalt på 20 % i veden:

Trädslag	kWh/m ³ f	Trädslag	kWh/m ³ f
Syrén	4 540	Tall (högre densitet)	2 360
Ek	3 600	Gran (högre densitet)	2 320
Äpple	3 180	Tall (hustimmer)	2 300
Rönn	3 100	Gran (fast brunröta)	2 270
Alm	3 050	Torrgran	2 230
Lönn	3 010	Asp	2 190
Ek (lite röta)	2 980	Al	2 060
Björk	2 820	Gran (lägre densitet)	2 080
Tall (kådrök ved)	2 580	Tall (lägre densitet)	2 000
Ek (mycket röta)	2 500	Tall (lösröta)	1 840
Sälg	2 500	Alm (mycket röta)	1 720
Alm (lite röta)	2 380	Gran (lösröta)	1 600

Den undersökta veden från gran med fast brunröta hade ungefär samma densitet som den friska granveden med den högre densiteten. Det förefaller m.a.o. som om fast brunröta inte försämrar värmevärdet i ved från gran. Vid studien undersöktes också tallved tillverkad av ca 150 år gammalt hustimmer. Syftet med detta var att försöka få klarhet i huruvida en lång lagringstid försämrar värmevärdet i veden. Resultatet tyder på att så inte är fallet.

En mindre studie genomfördes även på okluvet röjningsvirke, varvid värmevärdet vid 20 % fukthalt beräknades till 2 770 kWh/m³f för björk, 2 440 kWh/m³f för tall och 2 190 kWh/m³f för gran.

Vid ett värmebehov på 20 000 kWh/år behövs mellan 5,6 m³f ved (syrén) och 15,8 m³f (gran med lösröta) beroende på träslag och vedkvalitet. Vid beräkningarna har antagits att pannverkningsgraden är 80 %, vedens fukthalt 20 % och askhalten 1 %. Om veden är av björk behövs ca 9 m³f/år, vilket motsvarar ca 14 m³t/år, eller ca 18 m³s/år. Vid beräkningarna har antagits att 1 m³t motsvarar 0,65 m³f och att 1 m³s motsvarar 0,50 m³f.

För att ersätta 1 m³ olja skulle det behövas mellan 2,6 m³f ved (syrén) och 7,4 m³f (gran med lösröta) beroende på träslag och vedkvalitet. Beräkningen grundar sig på samma pannverkningsgrad, vedfukthalt och askhalt som i föregående fall, samt en verkningsgrad på 95 % för oljepannan. För att ersätta 1 m³ olja med björkved skulle det behövas ca 4,2 m³f, vilket motsvarar ca 6,5 m³t, eller ca 8,4 m³s.

Om björkveden köps för 250 kr/m³t, och man enbart ser till vedens värmevärde (exklusive överföringsförluster), skulle det enligt beräkningar medföra en energikostnad på 14 öre/kWh, medan motsvarande vedpris uttryckt i kr/m³s ger en energikostnad på 18 öre per kWh. Tar man hänsyn till pannverkningsgraden och andra överföringsförluster blir energikostnaden högre. Vid 80 % pannverkningsgrad samt ett vedpris för björk på 250 kr/m³t blir energikostnaden 17 öre/kWh och vid en verkningsgrad på 60 % blir energikostnaden 23 öre/kWh.

Undersökningen visar att man kan tjäna relativt mycket pengar om man är noggrann med kvaliteten på den köpta veden. Vid en årsförbrukning på 20 000 kWh och ett vedpris på 250 kr/m³s kan t.ex. kostnaden per år bli upp till 2 500 kr högre om veden är av sämre kvalitet, jämfört med ved av bra kvalitet. Även utsläppen av miljö- och hälsofarliga ämnen minskar om veden har hög kvalitet.

Om veden huggs i egen regi blir arbetsinsatsen för huggning, transport och eldning ca 40 timmar för björkved motsvarande ett värmebehov på 20 000 kWh/år och en arbetsinsats på 3 tim/m³t. Vid beräkningen har antagits att pannverkningsgraden är 80 %, fukthalten 20 % och askhalten 1 %. Vid en arbetstidsinsats på 5 tim/m³t blir arbetstiden ca 70 timmar vid motsvarande värmebehov och i övrigt samma antaganden beträffande vedens fukthalt etc.

1. Bakgrund och syfte

Enligt branschen säljs idag mångdubbelt fler vedpannor än tidigare år (försäljningsprognosen för 2004 ligger på ca 10 000 pannor, vilket kan jämföras med ca 2 500 pannor ett "normal-år"). En anledning till det ökade intresset för vedeldning är sannolikt stigande priser på alternativa energislag, t.ex. olja. En konvertering från olja till ved är också bra sett i ett längre perspektiv, eftersom vedeldning inte bidrar till den s.k. "växthuseffekten" (vedeldning är CO₂-neutral). Till nackdelarna med ved hör dock utsläppen av emitterade ämnen. Utsläppen av dessa kan dock minskas avsevärt om rätt eldningsutrustning (miljögodkänd panna med ackumulator-tank) används tillsammans med en kvalitetsmässigt bra vedråvara.

Att försäljningen av nya vedpannor ökat innebär att ett stort antal äldre, icke-miljögodkända pannor försvinner från marknaden. I vilken grad nyförsäljningen påverkar utbyteshastigheten är dock okänd. Av erfarenhet vet man tyvärr att ett stort antal av de utbytta pannorna säljs vidare på en begagnatmarknad - istället för att skrotas, vilket vore det bästa för miljön! Oavsett ålder och skick på pannan bör dock veden vara torr och i övrigt av hög kvalitet eftersom det minskar utsläppen av miljö- och hälsoskadliga ämnen.

Eftersom vedeldning i förhållande till t.ex. olja och el, är ett ekonomiskt bra uppvärmningsalternativ har det fått till följd att alltfler vedpannor även installeras i nybyggda hus. Sannolikt innebär detta en ökad tillkomst av nya vedeldare med mer eller mindre begränsade kunskaper om såväl eldnings teknik som vedkännedom. Det är av största vikt att dessa "nyttillkomna vedeldare" får ta del av de erfarenheter och den kunskap som redan finns inom området.

Att vedeldningen ökat i omfattning bekräftas också av det faktum att många nya vedhandlare etablerat sig på marknaden. Dessutom sker sannolikt en relativt omfattande "svarthandel" av ved, betingat av det för närvarande låga massavedspriserna. Priset på ved varierar mellan olika vedhandlare och mellan olika orter (normalt sett brukar priset ligga något högre i stor-stadsregionerna, jämfört med landsbygden). Priset på ved varierar även med utbudet och brukar normalt vara något lägre på hösten än på våren (slutet av eldningssäsongen). Veden betalas normalt i kr/m³s (stälpt mått) och är vanligtvis lägre för barr- och blandved än för t.ex. björkved. Många vedköpare har dåliga kunskaper beträffande omföringstalen mellan olika handelsmått, vilket i sin tur kan leda till att de känner sig lurade av vedhandlarna (problemet har bl.a. tagits upp i TV-programmet PLUS). Vedens värmevärde varierar också mellan olika trädslag och kvaliteter, vilket många vedeldare inte tänker på. Bl.a. kan stora skillnader förekomma i värmevärden mellan frisk och rötskadad ved.

Vedens densitet och fukthalt är det som främst påverkar vedens värmevärde, men därtill kan halten av lignin och extraktivämnen (olika kemiska föreningar, t.ex. terpenier, fett och fenoler) påverka värmevärdet. Energiinnehållet i extraktivämnena, som utgör 2-5 % av vedens andel, ligger på ca 33-38 MJ/kg TS och energiinnehållet i lignin, som utgör ca 20-30 % av vedens andel, ligger på ca 25-26 %, vilket kan jämföras med cellulosa och hemicellulosa, som utgör huvudbeståndsdelen i ved, med ett energiinnehåll på ca 16-18 MJ/kg TS.

Syftet med föreliggande studie är att ge exempel på värmevärden i ved från några olika trädslag samt via beräkningar visa hur vedförbrukningen, arbetsinsatserna och kostnaderna påverkas av vedens värmevärde. Studien finansieras via medel från Strukturfondsprogram Mål 2 Norra.

2. Genomförande

Vedens energiinnehåll undersöks i några olika trädslag (huvudstudien). Med utgångspunkt från framkomna resultat visas några kalkylexempel på vedens värde (uttryckt i kr/kWh), vedvolym av olika trädslag som motsvarar ett ungefärligt årsbehov för en "normalvilla" (20 000 kWh/år), kostnaden för ett årsbehov av köpt ved, samt arbetsinsatsen för ett årsbehov när veden huggs i egen regi.

2.1 Val av ved

Bok, ek, björk, tall, al, gran och asp tillhör de vanligaste trädslagen vid vedeldning. Syftet var att samtliga dessa trädslag skulle ingå i studien, men eftersom det visade sig svårt att anskaffa ved av bok ingår inte detta trädslag i studien. Enligt Praktisk Skogshandbok (1982) är värmevärdet i stort sett detsamma i ek och bok.

Studien genomförs på en mindre mängd ved från trädslagen al, alm, asp, björk (vårtbjörk), ek, lönn, rönn, syrén, sälg, äpple, gran och tall. Syrén och äpple får betraktas som lite "mer udda" i sammanhanget men togs ändå med i studien p.g.a. dessa trädslags höga densiteter.

Råvaran till merparten av veden utgörs av grövre träd (gallringsdimension eller grövre) som kapats i ca 30 cm långa längder och därefter kluvits. En mindre del av veden (björk, tall och gran) utgörs av oklucket röjningsvirke med en längd på ca 30 cm. All ved som ingår i studien, förutom ved från al, hade lagrats kortare eller längre tid innan studien, varför fukthalten låg under 30 %. Veden från al avverkades i samband med studien och kan därför betraktas som rå ved.

Av lövträden alm och ek ingår tre olika kvaliteter; frisk ved, något rötskadad och rötskadad ved. Av trädslagen tall och gran ingår ved med lösröta, samt frisk ved med ett par olika densiteter. Beträffande tallen har också valts att ta med relativt kådrik ved (äldre träd) samt ved från ca 150 år gammalt hustimmer. Syftet med det sistnämnda vedvalet var att försöka utröna om värmevärdet minskar vid långvarig lagring av ved (vilket många påstår).



Figur 1. Undersökta vedkvaliteter av alm; frisk ved (vänster), något rötskadad ved (mitten) och rötskadad ved (höger).

2.2 Vedens fukthalt, volym och densitet

Genom vägning av veden bestäms råvikten (A) samt råvikten under vatten (B). Veden torkas därefter i ugn under ca ett dygn (105 °C) och vägs på nytt varvid torrsvikt (C) och torrsvikt under vatten (D) erhålls.

För beräkning av vedens fukthalt, volym och densitet användes följande funktioner:

- * Fukthalt, % = $((A-C)/A) \cdot 100$
- * Rå volym, ml = A+B
- * Torr volym, ml = C+D
- * Råvolymsvikt (rådensitet), $\text{kg/m}^3 f = A/(A+B) \cdot 1\,000$
- * Torr-Rådensitet, $\text{kg/m}^3 f = C/(A+B) \cdot 1\,000$
- * Torrdensitet, $\text{kg/m}^3 f = C/(C+D) \cdot 1\,000$

2.3 Vedens krympning vid torkning

Eftersom veden krymper i samband med torkning har volymen för ved med en fukthalt under fibermättnadspunkten korrigerats med värdena angivna i tabell 1.

Tabell 1. Krympningens storlek för olika trädslag (Praktisk Skogshandbok, 1994).

Trädslag	Totalkrympningstal	Delkrympningstal
Al	13,6	0,412
Alm	13,8	0,476
Asp	11,1	0,383
Björk	14,2	0,430
Ek	12,6	0,382
Gran	12,0	0,375
Tall	12,4	0,388

Med *totalkrympningstal* avses måttändringen vid torkning från rått tillstånd till full torrhet. Talen anges i procent av måttet i rått tillstånd. Med *delkrympningstal* avses måttändringen i procent räknat av måttet i rått tillstånd för varje procents ändring av fuktkvoten.

Uppgifter angående krympningens storlek för trädslagen rönn, syrén, sälk och äpple har inte kunnat återfinnas i tidigare litteratur, varför delkrympningstalet för dessa trädslag beräknats utifrån krympningen från aktuell fukthalt till full torrhet. Totalkrympningstalet har därefter beräknats genom att multiplicera delkrympningstalet med fukthalten vid fibermättnadspunkten. Vid beräkningarna har antagits att fibermättnadspunkten ligger vid fukthalten 30 %.

2.4 Beräkning av vedens värmevärde

Värmevärdet skiljer sig mellan olika trädslag och mellan trädets olika delar bl.a. beroende på att halterna av fetter, kåda och hartser (s.k. extraktivämnen) kan variera. Skillnaderna i värmevärde per torr viktenhet är dock relativt små mellan olika trädslagsdelar vid samma fukthalt, med undantag av björknäver som har ett jämförelsevis mycket högt värmevärde (30,1-34,6 MJ/kg TS).

Sammanställningen av cellulosa och lignin är också en viktig faktor, eftersom cellulosaens värmevärde är ca 17-18 MJ/kg TS och ligninets värmevärde ca 25-26 MJ/kg TS. Grenar och barr har högre värmevärde än stamveden, beroende på att grenveden innehåller mera lignin och mera extraktivämnen. Värmevärdet i extraktivämnena ligger på ca 33-38 MJ/kg TS, men andelen extraktivämnen är relativt låg (ca 2-5 %) i jämförelse med cellulosa (ca 40-50 %) och hemicellulosa (ca 25-35 %).

Effektivt värmevärde för fuktig ved (W_{eff}) är den värmemängd som teoretiskt kan tas ut ur fuktigt bränsle (i praktiken innehåller alltid veden en viss mängd vatten). Det effektiva värmevärdet för fuktig ved har beräknats genom följande formel:

$$W_{\text{eff}}, \text{ MJ/kg TS} = W_a - 2,44 * (F/(100-F))$$

där; W_a är effektivt värmevärde per kg absolut torr ved, MJ/kgTS.
 F är vedens fukthalt i procent.

Ju högre fukthalt ett trädbränsle har, desto lägre blir det effektiva värmevärdet (W_{eff}), eftersom vattnet i veden kräver energi för att kunna förångas.

Om man tar hänsyn till vedens askhalt (grundämnen som inte är brännbara) används följande formel:

$$W_{\text{eff}}, \text{ MJ/kg TS} = W_a * ((100 - A)/100) - 2,44 * (F/(100-F))$$

där; A är askhalt i procent av torrsubstanshalten.

Vid beräkning av W_{eff} har W_a -värdet 19,2 MJ/kg TS använts.

Halten av mineralaska är högst i trädens växande delar, t.ex. blad och barr där den utgör ca 2-6 % av TS (Brunberg & Hillring, 1996). Askhalten är också högre i bark (ca 2-3 % av TS) och grenar (ca 1-2 % av TS) än i stamveden (ca 0,4-0,6 % av TS).

2.5 Beräkning av fastvolymprocenten

Den travade volymen ved bestäms för varje vedprov (vedens längd x travens höjd x travens bredd). Fastvolymprocenten för tät och vältravad ved har fåtts genom att dividera vedens fasta volym med travens volym, multiplicerad med 100 för att få värdet i procent. För att kunna göra en rättvis jämförelse mellan de olika trädslagen har ett korrigerat medelvärde av samtliga provs fastvolymprocent använts vid beräkningarna av vedens värmevärde uttryckt i kWh/m³t. Korrigeringen har gjorts för att motsvara fastvolymprocenten för normalt travad ved, d.v.s där en luftspalt lämnas mellan de olika staplarna i syfte att få till stånd en bättre och snabbare torkning av veden.

Fastvolymprocenten för ved i stjälpst mått har av praktiska skäl inte kunnat mätas vid studien (volymerna var för små, vilket skulle resultera i orealistiska kanteffekter). Studier av Ekman m.fl. (1922) visar att fastvolymen i stjälpst ved kan variera mellan ca 30 och 55 % beroende på förhållandet mellan vedbitarnas tvärmått och längd samt om veden är kluven eller ej. I denna studie har antagits att fastvolymen för ved i stjälpst mått är 50 %, vilket kan betraktas som något högt i förhållande till de värden som anges av Ekman m.fl. En fastvolym på 50 % stämmer dock relativt bra överens med värden som erhållits i en tidigare studie (Liss 2004) på ved liknande den som använts i denna studie.

2.6 Kalkylexempel

Vedens värmevärde påverkar t.ex. årsbehovet av ved, kostnader och arbetsinsatser. I bilaga 2-6 redovisas några beräkningsexempel på detta. Beräkningarna utgår för ved med en fukthalt på 20 % och en askhalt på 1 %. Vidare har antagits att 1 m³ travad volym motsvarar 0,65 m³f och att 1 m³ stjälpt volym motsvarar 0,50 m³f. Redovisade beräkningar skall endast betraktas som exempel, där relationerna mellan olika träslag, vedkvaliteter och handelsmått kanske är intressantare uppgifter än angivna värden.

• Vedvolym som motsvarar ett värmebehov på 20 000 kWh (bilaga 2)

Med utgångspunkt från vedens värmevärden beräknas vedvolymen som motsvarar ett värmebehov på 20 000 kWh (ungefärligt årsbehov för en normalstor villa). Vid beräkningarna har antagits att pannans verkningsgrad är 80 %. Verkningsgraden är bl.a. beroende av pannans skötsel, eldningsteknik, vedens fukthalt etc. Vid uppstart (och nedladdning) av pannan kan förluster via rökgaserna vara relativt omfattande, vilket påverkar verkningsgraden. S.k. ”snål-eldning” (otillräcklig syretillförsel), är ett annat exempel som oftast leder till utsläpp av oförbrända gaser och försämrad verkningsgrad. I praktiken bör man även ta hänsyn till andra förluster i värmeöverföringen (systemverkningsgraden), vilket kan innebära att endast hälften av vedens effektiva värmevärde kan nyttiggöras.

• Vedvolym som ger samma värmemängd som 1 m³ olja (bilaga 3)

Här har antagits att pannverkningsgraden är 80 % vid vedeldning och 95 % vid oljeeldning. Systemverkningsgraden antas vara densamma vid ved- och oljeeldning. Beräkningarna utgår från ett energiinnehåll i oljan på 9 890 kWh/m³.

• Kostnad för köpt ved (bilaga 4 och 5)

Priset vid handel med ved anges vanligtvis i kronor per travad kubikmeter (kr/m³t), eller i kronor per stjälpt kubikmeter (kr/m³s). Vid beräkning av kostnaden för köpt ved har tre prisnivåer använts, nämligen 200, 250 respektive 300 kr per kubikmeter travad/stjälpt volym.

• Arbetsinsats för huggning, transport och eldning (bilaga 6)

Arbetsinsatsen vid huggning av egen ved beror bl.a. på erfarenhet av huggningsarbete, ålder, fysik och använda maskiner och redskap. Även terräng- och beståndsfaktorer, t.ex. trädens storlek, har betydelse för prestationen vid huggning av ved.

Eftersom det knappast är troligt att en ovan person med hjälp av handredskap (bågsåg och yxa) hugger hela årsbehovet själv (kräver ca 200 arbetstimmar vid årsbehovet 25 000 kWh) har arbetsinsatsen beräknats för en måttligt van och tränad person som använder motorsåg vid avverkning och traktor med griplastarvagn för transport. Vid kapning och klyvning av veden förutsätts att el- eller hydrauldrivna maskiner används.

Arbetsinsatsen har beräknats för tre prestationsnivåer, nämligen 3, 4 resp. 5 tim/m³t (inkl. iordningställande av redskap, påfyllning av ved i pannan och uraskning).

Kostnaden för maskiner och redskap beaktas inte i beräkningarna beroende på att de varierar kraftigt mellan olika maskin- och redskapsfabrikat. Dessutom finns naturligtvis möjligheter till samgående vid inköp av maskiner, eller möjlighet att hyra maskinerna över veckoslut etc. till en relativt låg kostnad (från ca 300 kr/dygn).

3. Resultat

Studien omfattar totalt ca 300 vedträn med en sammanlagd torrsvikt på drygt 120 kg. Den undersökta vedens vikt (enskilda vedträn) varierade mellan 54 och 1 080 gram (torrsvikt). Vedens fukthalt vid undersökningens genomförande varierade mellan ca 6 % (extremt torr ved) och 50 % (rå ved).

Figur 2. Ungefärlig vedvolym som undersöktes per träslag och vedkvalitet.



Den fasta volymen låg mellan 60 och 69 % av den travade volymen med ett medelvärde på 65,3 %. Fastvolymprocenten för ved i stjälpst mått kunde av praktiska skäl inte fastställas p.g.a. den förhållandevis lilla vedmängden. En tidigare studie (Liss 2004) på ved med motsvarande längd och utseende visar att den fasta volymen bör ligga på ca 45-50 % av den stjälpst volymen. I föreliggande studie har värdet 50 % använts för att ange den fasta volymen i förhållande till stjälpst volym. För att ange den fasta volymen i förhållande till travad volym har värdet 65 % använts. I praktiken innebär de valda fastvolymprocenterna att 10 m³s (stjälpst volym) motsvarar 5,0 m³f (fast volym), eller ca 7,7 m³t (travad volym).

3.1 Volymvikt och värmevärde vid aktuell fukthalt

Det beräknade effektiva värmevärdet (W_{eff}) i lövved av gallringsdimension låg mellan 17,18 och 19,05 MJ/kg TS, lägst för al och högst för ek (frisk ved). Volymvikten vid full torrhet (torrdensiteten) var lägst för al och högst för syrén. 1 m³f ved har beräknats motsvara värmevärdet i 174-474 liter olja, det lägsta värdet för al och det högsta värdet för syrén.

Den undersökta lövvedens fukthalt, volymvikt och värmevärde vid aktuell fukthalt framgår av tabell 2. Direkta jämförelser av värmevärden mellan de olika träslagarna kan dock inte göras i tabellen, eftersom fukthalten varierar. Däremot kan man jämföra vedens volymvikt vid full torrhet (torrdensiteten), vilken indirekt speglar värmevärdet i veden. Om man t.ex. jämför torrdensiteten för al med torrdensiteten för syrén så blir slutsatsen att värmevärdet vid samma fukthalt är (betydligt) högre för ved från syrén. För att man skall kunna jämföra värmevärdet vid samma fukthalt i veden (t.ex. 20 %) måste man ta hänsyn till torkkrympningen (se kap. 3.2).

Tabell 2. Undersökt lövved av gallringsdimension eller grövre, samt vedens fukthalt, volymvikt och beräknat värmevärde vid aktuell fukthalt (fastvolym 65 % för travad ved och 50 % för ved i stjälpt mått).

Träslag	Fukthalt, %	Volymvikt, kg/m ³ f		Värmevärde vid aktuell fukthalt		
		vid aktuell fukthalt	vid full torrhet	kWh/m ³ f	kWh/m ³ t	kWh/m ³ s
• Al	45,3	661	439	1 724	1 121	862
• Alm:						
- frisk ved	11,8	637	593	2 943	1 913	1 471
- något rötskadad ved	11,0	619	586	2 892	1 880	1 446
- rötskadad ved	7,7	389	373	1 896	1 232	948
• Asp	9,2	489	465	2 339	1 520	1 169
• Björk	9,8	634	604	3 007	1 955	1 504
• Ek:						
- frisk ved	5,8	788	764	3 928	2 553	1 964
- något rötskadad ved	9,5	676	633	3 222	2 095	1 611
- rötskadad ved	9,7	577	530	2 435	1 583	1 218
• Lönn	8,4	666	634	3 212	2 088	1 606
• Rönn	24,0	721	637	2 803	1 822	1 401
• Syrén	11,3	1 007	978	4 691	3 049	2 346
• Sälg	10,6	559	523	2 628	1 708	1 314
• Äpple	11,8	715	662	3 307	2 150	1 654

Figur 3. Torrdensiteten hos något rötskadad ved av ek (vänster) låg på 633 kg/m³f, medan torrdensiteten endast var 530 kg/m³f hos rötskadad ved (höger), d.v.s. en skillnad på 103 kg/m³f. Torrdensiteten hos frisk ved av ek (ej i bild) låg på 764 kg/m³f.



Det beräknade effektiva värmevärdet (W_{eff}) i barrved av gallringsdimension låg mellan 18,17 och 18,98 MJ/kg TS, lägst för granen med en genomsnittlig fukthalt på 29,4 % och högst för den kådrika tallen. Volymvikten vid full torrhet (torrdensiteten) var lägst för granved med lösröta och högst för kådrik tallved. 1 m³f ved har beräknats motsvara värmevärdet i 170-281 liter olja, det lägsta värdet för granved med lösröta och det högsta värdet för kådrik tallved.

Tabell 3. Undersökt barrved av gallringsdimension eller grövre, samt vedens fukthalt, volymvikt och beräknat värmevärde vid aktuell fukthalt (fastvolym 65 % för travad ved och 50 % för ved i stjälpt mått).

Trädslag	Fukthalt, %	Volymvikt, kg/m ³ f		Värmevärde vid aktuell fukthalt		
		vid aktuell fukthalt	vid full torrhet	kWh/m ³ f	kWh/m ³ t	kWh/m ³ s
• Gran:						
- ved med lösröta	10,3	358	338	1 687	1 096	843
- ved med fast brunröta						
- torrgran	11,0	512	481	2 401	1 560	1 200
- frisk ved – lägre densitet	10,0	500	471	2 367	1 539	1 184
- frisk ved – högre densitet	20,7	500	441	2 043	1 328	1 022
	29,4	590	491	2 101	1 366	1 050
• Tall						
- ved med lösröta						
- frisk ved – lägre densitet	10,2	419	390	1 976	1 285	988
- frisk ved – högre densitet	11,0	451	424	2 108	1 370	1 054
- ved från 150 år gammalt hustimmer	11,2	528	501	2 463	1 601	1 231
- kådrik ved	9,0	514	489	2 463	1 601	1 232
	8,1	573	549	2 778	1 806	1 389

Det beräknade effektiva värmevärdet (W_{eff}) i okluven ved av röjningsdimension låg mellan 18,91 och 18,93 MJ/kg TS, lägst för granen och högst för björken. Volymvikten vid full torrhet (torrdensiteten) var lägst för granen och högst för björken. 1 m³f ved har beräknats motsvara värmevärdet i 241-298 liter olja, det lägsta värdet för granen och det högsta värdet för björken.

Tabell 4. Undersökt barr- och lövved av röjningsdimension (okluven ved), samt vedens fukthalt, volymvikt och beräknat värmevärde (fastvolym 65 % för travad ved och 50 % för ved i stjälpt mått).

Trädslag	Fukthalt, %	Volymvikt, kg/m ³ f		Värmevärde vid aktuell fukthalt		
		vid aktuell fukthalt	vid full torrhet	kWh/m ³ f	kWh/m ³ t	kWh/m ³ s
• Björk	10,1	624	593	2 950	1 917	1 475
• Gran	10,5	507	464	2 383	1 549	1 191
• Tall	10,4	548	518	2 579	1 676	289

3.2 Beräknat värmevärdet vid samma fukthalt

För att kunna göra rättvisa jämförelser mellan de olika trädslagen bör värmevärdena beräknas vid samma fukthalt i veden. Eftersom vedens volym minskar med avtagande fukthalt (under fibermättnadspunkten), sker också en förändring av vedens torr-rådensitet. I följande beräkningar har hänsyn tagits till torkkrampningen. Det effektiva värmevärdet (W_{eff}) har beräknats till 18,93 MJ/kg TS vid fukthalten 10 %, 18,77 MJ/kg TS vid fukthalten 15 %, 18,59 MJ/kg TS vid fukthalten 20 % och 18,39 MJ/kg TS vid fukthalten 25 %.

Vedens total- och delkrampningstal har beräknats för trädslagen rönn, syrén, sälg och äpple (tabell 5). För övriga träslag har de krampningstal använts som redovisas i tabell 1.

Tabell 5. Krampningens storlek för olika träslag (egna beräkningar).

Trädslag	Totalkrampningstal	Delkrampningstal
Rönn	10,6	0,247
Syrén	15,1	0,353
Sälg	14,1	0,329
Äpple	13,1	0,306

I tabell 6 har torr-rådensiteten beräknats vid olika fukthalter för den undersökta lövveden. Skillnaden i torr-rådensitet mellan en fukthalt på 10 och 25 % uppgår enligt beräkningar till 34 kg TS/m³f för alved, vilket är en effekt av att veden krymper vid torkning. Det bör dock betonas att det är beräknade värden och att en viss osäkerhet beträffande värdenas riktighet föreligger (framför allt avseende den rötskadade veden).

Tabell 6. Torr-rådensitet vid olika fukthalter för lövved av gallringsdimension eller grövre.

Trädslag	Torr-rådensitet, kg TS/m ³ f			
	Fh 10 %	Fh 15 %	Fh 20 %	Fh 25 %
• Al	420	410	398	386
• Alm:				
- frisk ved	627	609	590	570
- något rötskadad ved	490	476	461	445
- rötskadad ved	355	345	333	321
• Asp	446	435	424	412
• Björk	576	561	545	528
• Ek:				
- frisk ved	733	715	697	677
- något rötskadad ved	607	593	578	562
- rötskadad ved	508	497	484	470
• Lönn	611	598	584	569
• Rönn	620	610	600	588
• Syrén	921	901	879	856
• Sälg	505	494	483	471
• Äpple	640	628	615	601

I tabell 7 har värmevärdet beräknats vid olika fukthalter för den undersökta lövveden. Skillnaden i värmevärde mellan fukthalterna 10 och 20 % hos alved är enligt beräkningarna drygt 150 kWh/m³f, vilket är den vinst man gör genom att köpa den torrare veden istället för den fuktigare veden.

Tabell 7. Värmevärde vid olika fukthalter för lövved av gallringsdimension eller grövre.

Trädslag	Värmevärde, kWh/m ³ f			
	Fh 10 %	Fh 15 %	Fh 20 %	Fh 25 %
• Al	2 209	2 135	2 057	1 973
• Alm:				
- frisk ved	3 297	3 176	3 047	2 910
- något rötskadad ved	2 574	2 479	2 379	2 272
- rötskadad ved	1 865	1 796	1 724	1 646
• Asp	2 343	2 269	2 189	2 104
• Björk	3 030	2 926	2 815	2 697
• Ek:				
- frisk ved	3 852	3 730	3 600	3 460
- något rötskadad ved	3 193	3 092	2 984	2 868
- rötskadad ved	2 673	2 589	2 498	2 401
• Lönn	3 210	3 116	3 014	2 904
• Rönn	3 259	3 181	3 097	3 005
• Syrén	4 842	4 697	4 541	4 373
• Sälg	2 653	2 577	2 496	2 407
• Äpple	3 367	3 275	3 176	3 069

Den beräknade torr-rådensiteten för ved från tall och gran framgår av tabell 8.

Tabell 8. Torr-rådensitet vid olika fukthalter för barrved av gallringsdimension eller grövre.

Trädslag	Torr-rådensitet, kg TS/m ³ f			
	Fh 10 %	Fh 15 %	Fh 20 %	Fh 25 %
• Gran:				
- ved med lösröta	325	317	309	301
- ved med fast brunröta	462	451	440	427
- torrgran	453	442	431	419
- frisk ved – lägre densitet	423	413	403	392
- frisk ved – högre densitet	471	460	449	436
• Tall				
- ved med lösröta	374	366	356	346
- frisk ved – lägre densitet	406	397	387	375
- frisk ved – högre densitet	480	469	457	444
- ved från 150 år gammalt hustimmer	469	458	446	433
- kådrik ved	526	514	501	486

Vid samma fukthalt är värmevärdet högst för kådrik ved av tall och lägst för granved med lösröta. Skillnaden i värmevärde mellan granved med fast brunröta ("torr-rådensitet" 462 kg TS/m³f vid 10 % fukthalt) och frisk ved med den högre densiteten ("torr-rådensitet" 471 kg TS/m³f vid 10 % fukthalt) är marginell, eller 51 kWh/m³f. Skillnaden mellan granved med den högre densiteten och granved med lösröta vid samma fukthalt (10 %) är ca 770 kWh/m³f (tabell 9).

Tabell 9. Värmevärde vid olika fukthalter för barrved av gallringsdimension eller grövre.

Trädslag	Värmevärde, kWh/m ³ f			
	Fh 10 %	Fh 15 %	Fh 20 %	Fh 25 %
• Gran:				
- ved med lösröta	1 707	1 653	1 596	1 535
- ved med fast brunröta	2 427	2 351	2 270	2 183
- torrgran	2 380	2 306	2 226	2 141
- frisk ved – lägre densitet	2 224	2 155	2 080	2 001
- frisk ved – högre densitet	2 478	2 401	2 318	2 229
• Tall				
- ved med lösröta	1 969	1 907	1 840	1 769
- frisk ved – lägre densitet	2 137	2 069	1 996	1 918
- frisk ved – högre densitet	2 526	2 446	2 359	2 267
- ved från 150 år gammalt hustimmer	2 465	2 386	2 302	2 211
- kådrik ved	2 768	2 680	2 585	2 483

Som framgår av ovanstående tabell har ved med lösröta det lägsta värmevärdet och kådrik tall det högsta värmevärdet vid samma fukthalt. Värmevärdet för det 150 år gamla hustimmeret är obetydligt lägre än värmevärde för den friska tallveden med hög densitet. Resultatet pekar alltså på att värmevärdet sannolikt inte försämras med lagringstidens längd.



Figur 4. Värmevärdet vid en fukthalt i veden på 15 % beräknades till 1 653 kWh/m³f i gran med lösröta (vänster bild), vilket kan jämföras med ett värmevärde på 2 680 kWh/m³f i ved från kådrik tall (höger bild).

Torr-rådensiteten i barr- och lövved av röjningsdimension (okluven ved) framgår av tabell 10. Skillnaden mellan björkved (högst densitet) och granved (lägst densitet) var drygt 100 kg TS per m³f.

Tabell 10. Torr-rådensitet vid olika fukthalter för barr- och lövved av röjningsdimension.

Trädslag	Torr-rådensitet, kg TS/m ³ f			
	Fh 10 %	Fh 15 %	Fh 20 %	Fh 25 %
• Björk	566	552	536	519
• Gran	446	435	425	413
• Tall	497	485	472	459

Värmevärdet för det undersökta röjningsvirket av björk är enligt beräkningarna något lägre, 2 876 kWh/m³f vid fukthalten 15 % (torr-rådensitet 552 kg TS/m³f), jämfört med ved från grövre björk vid samma fukthalt, 2 926 kWh/m³f (torr-rådensitet 561 kg TS/m³f). Resultatet är detsamma för granveden. Däremot visade det sig att värmevärdet från röjningsvirke av tall är något högre, 2 529 kWh/m³f vid fukthalten 15 % (torr-rådensitet 485 kg TS/m³f), jämfört med ved från grövre tall vid samma fukthalt, 2 446 kWh/m³f (torr-rådensitet 469 kg TS/m³f).

Tabell 11. Värmevärde vid olika fukthalter för barr- och lövved av röjningsdimension.

Trädslag	Värmevärde, kWh/m ³ f			
	Fh 10 %	Fh 15 %	Fh 20 %	Fh 25 %
• Björk	2 978	2 876	2 767	2 651
• Gran	2 344	2 271	2 192	2 108
• Tall	2 613	2 529	2 440	2 344

För att få ett ungefärligt mått på värmevärdet uttryckt i kWh/m³s och kWh/m³t bör de redovisade värmevärdena (kWh/m³f) multipliceras med fastvolymprocenten/100. I den här studien hade stjälpved en fastvolym på ca 50 % och travad ved en fastvolym på ca 65 %, vilket innebär att värmevärdet för björkved av röjningsdimension med en fukthalt på 20 % (tabell 11) blir ca 1 385 kWh/m³s (2 767x50/100) eller ca 1 800 kWh/m³t (2 767x65/100). För att ersätta 1 m³s björkved behövs ca 1,1 m³s tallved, eller ca 1,3 m³s granved av röjningsdimension.

Studien visar att vedens kvalitet kan ha en relativt stor inverkan på vedförbrukningen. Vid 20 % fukthalt behövs t.ex. 1,8 m³s rötskadad almved för att ersätta 1 m³s frisk almved och av rötskadad ekved behövs 1,4 m³s för att ersätta 1 m³s frisk ekved.

För samma värmevärde som finns i 1 m³s frisk granved behövs ca 1,2-1,4 m³s granved med lösröta. Skillnaderna bör multipliceras med årsbehovet för att ge realism i jämförelsen. Vid ett antaget årsbehov på 20 000 kWh skulle det alltså behövas 25 m³s rötskadad ved, vilket kan jämföras med ca 17 m³s frisk ved med den högre densiteten. I jämförelsen har ingen hänsyn tagits till pannverkningsgrader etc., vilket i praktiken innebär att skillnaden blir ännu större.

Trots att tallveden med lösröta kunde anses vara i ungefär samma skick som granveden med lösröta var värmevärdet (och densiteten) något högre för tallen. Tallens värmevärde vid 20 % fukthalt beräknades till 920 kWh/m³s, vilket kan jämföras med granens värmevärde på 798 kWh/m³s, d.v.s. en skillnad på 122 kWh/m³s. För att ersätta 1 m³s frisk tallved behövs ca 1,2-1,5 m³s tallved med lösröta.

4. Diskussion

De resultat som framkommit genom studien grundar sig på ett relativt litet material (ca 120 kg TS) och vissa antaganden avseende arbetstidsinsatser vid huggning av ved, pannverkningsgrader etc. Resultaten skall därför ses som ungefärliga riktvärden vid givna antaganden.

Den metod som användes i studien för att bestämma vedens densitet (vägning under vatten) har tidigare ifrågasatts. Med anledning av detta genomfördes en kontrollmätning på ca 5 % av den undersökta veden, vilken gick ut på att veden sänktes ner i ett graderat provrör. Resultatet från denna kontroll överensstämde väl med de resultat som framkom via metoden ”vägning under vatten”. Ett problem vid vägning under vatten är dock att veden (framför allt den röt-skadade veden) relativt omgående suger i sig vatten, varför metoden kräver ett visst arrangemang och en viss erfarenhet för att avläsningen av mätvärdet skall kunna ske så snabbt som möjligt efter det att veden sänkts ned i vattnet.

När det gäller vedens krympning vid torkning har tabellvärden från tidigare studier använts på delar av materialet och dels har egna totalkrympnings- och delkrympningstal räknats fram på träslag där tabellvärden inte stått att finna. En viss osäkerhet finns beträffande dessa framräknade värden beroende undersökningsmaterialets begränsade omfattning.

Vedens värmevärde kan anges antingen som *kalorimetriskt värmevärde* (W_k), *effektivt värmevärde för torr ved* (W_a), eller *effektivt värmevärde för fuktig ved* (W_{eff}). I praktiskt bruk är det mest lämpligt att uttrycka vedens bränslevärde genom det effektiva värmevärdet – som är den värmemängd man får ut av bränslet sedan vattnet avgått i form av ånga. I föreliggande undersökning har det effektiva värmevärdet beräknats. Detta kan beräknas enligt två formler (tidigare redovisade) varvid den ena inte tar hänsyn till vedens askhalt. Vid de jämförelser som gjorts av värmevärdet mellan de olika träslagerna och vedkvaliteterna har värmevärdet beräknats utan hänsynstagande till askhalten (grundämnen som inte är brännbara). Anledningen till detta är att askhalten inte har kunnat mätas i föreliggande undersökning. Den naturliga askhalten i ved är dock ganska låg (ca 1-2 % av TS), varför askhaltens inverkan på värmevärdet är marginellt. Vid vissa beräkningar, t.ex. beräkning av den vedvolym som ger samma värmemängd som 1 m³ olja, har antagits att askhalten i veden är 1 %. Detta är egentligen ganska ointressant eftersom askhaltens inverkan på resultatet är marginell i jämförelse med t.ex. pannverkningsgradens inverkan.

Hur mycket ved som krävs för att ersätta 1 m³ eldningsolja beror alltså i huvudsak på pannverkningsgraden. En modern vedpanna kopplad till en ackumulatortank skulle teoretiskt sett kunna ha en pannverkningsgrad på 80 %, beroende på skötsel, eldningsteknik etc. Då skulle det vid en fukthalt i veden på 20 % behövas 4,3 m³f björkved av okluvet röjningsvirke för att ersätta 1 m³ eldningsolja. Om pannverkningsgraden däremot är 60 % behövs det 5,7 m³f björkved (tabell 12).

Tabell 12. Volym ved av okluvet röjningsvirke som behövs för att ersätta 1 m³ eldningsolja vid olika pannverkningsgrader. Pannverkningsgraden vid oljeeldning antas vara 95 %.

Okluvet röjningsvirke	Pannverkningsgrad		
	60 %	70 %	80 %
Björk	5,7 m ³ f	4,9 m ³ f	4,3 m ³ f
Gran	7,2 m ³ f	6,2 m ³ f	5,4 m ³ f
Tall	6,5 m ³ f	5,6 m ³ f	4,9 m ³ f

Att en så pass hög pannverkningsgrad som 80 % valts i kalkylexemplen kan säkert ifrågasättas. De senare årens utveckling av vedpannor (i kombination med att dessa ansluts till en ackumulatortank) har dock inneburit avsevärda förbättringar avseende verkningsgraden – och förhoppningsvis fortsätter utvecklingen i samma riktning. En äldre, omodern panna som inte är ansluten till en ackumulatortank har dock betydligt lägre verkningsgrad än 80 % (det är mer realistiskt att räkna med verkningsgrader ner mot 60 %). För att ange några exempel på skillnader i vedbehov mellan en verkningsgrad på 60 respektive 80 %, kan nämnas att det behövs 3,9 m³f almved av bra kvalitet för att ersätta 1 m³ olja vid pannverkningsgraden 80 %, vilket kan jämföras med 5,2 m³f ved vid pannverkningsgraden 60 %. Motsvarande volymer för ekved av bra kvalitet är 3,3 m³f (80 %) respektive 4,4 m³f (60 %).

Om veden är rötskadad kan man räkna med betydligt större åtgångstal än om veden är frisk och av bra kvalitet. Som exempel på detta kan nämnas att behövs ca 1,8 gånger större volym av den rötskadade almveden, jämfört med frisk ved och 1,4 gånger större volym av den rötskadade ekveden, jämfört med frisk ved.

En viss osäkerhet råder beträffande det beräknade värmevärdet på björkved från okluset röjningsvirke. Anledningen till detta är att björkens ytterbark (näver) har ett relativt högt värmevärde (ca 30-35 MJ/kg TS) i förhållande till värmevärdet i stamveden, samt att andelen bark ökar med minskande tr addediameter.

Skillnaden i densitet mellan olika vedträn från samma trädslag kunde i vissa fall vara relativt stor beroende på trädens tätvuxenhet och vedens kvalitet. Föreliggande studie är dock för liten för att man mer generellt skall kunna uttala sig om t.ex. vilka skillnader man kan förvänta sig i densitet (och värmevärde) hos ved med olika grader av rötskada.

Att syrén är ett senvuxet trädslag är i och för sig känt sedan tidigare, men att densiteten och därmed värmevärdet i den undersökta veden från syrén var så pass hög i förhållande till ved från ek var en överraskning. Nu är väl detta ganska ointressant i sammanhanget, eftersom syrénen utgör ett udda och inte speciellt vanligt trädslag för beredning av ved. Däremot kan det ha ett visst värde att känna till att lönn, alm och rönn har ett högre värmevärde än björken (skillnaden var så pass stor att man sannolikt kan påstå att det generellt sett är så).

De värmevärden som står att finna i litteraturen förefaller vara grovt angivna medelvärden för de vanligast förekommande trädslagen. Bl.a. står att läsa i Praktisk Skogshandbok 1994 att det behövs 5,8-6,5 m³f stamved av tall för att ge lika mycket värme som 1 m³ olja. När det gäller stamved från gran anges att det behövs 6,0-6,5 m³f och för stamved av björk behövs 4,8-5,2 m³f för att ge lika mycket värme som 1 m³ olja. Beträffande trädslagen asp, bok och ek anges genomsnittsvärden för hela träden (stam- och grenved). Därvid framgår att 5,6 m³f trädbränsle av asp och 3,8 m³f trädbränsle av ek/bok motsvarar 1 m³ eldningsolja.

De värden som anges i PS -94 för tall, gran och björk återfinns i en tidigare upplaga, PS -82, men där framgår att värdena gäller för en fukthalt i veden på 40-50 % (halvrå till rå ved), samt att man vid beräkningen av värdena tagit hänsyn till normala verkningsgrader vid förbränningen. De angivna värdena avser m.a.o. ved med en fukthalt långt över vad som är vanligt vid eldning. I Praktisk Skogshandbok (1982) anges att 3,8 m³f ved av ek/bok med en fukthalt på 20 % motsvarar 1 m³ eldningsolja (samma som i PS -94). Motsvarande volym för björk anges vara 4,4 m³f och för tall 5,0 m³f. Gran och asp har enligt PS samma värmevärde och kräver 5,6 m³f för att motsvara 1 m³ eldningsolja.

I föreliggande undersökning har beräknats att det behövs mellan 4,6 och 6,4 m³f tallved (beroende på kvalitet) med en fukthalt på 20 % för att ersätta 1 m³ olja, eller mellan 5,1 och 7,4 m³f granved. De högre värdena för tall- och granved avser ved med lösröta, vilket sannolikt inte ingår i de värden som PS anger. När det gäller björkved skulle det enligt föreliggande undersökning krävas 4,2 m³f för att ersätta 1 m³ olja och beträffande asp och ek skulle det krävas 5,4 resp. 3,3 m³f. Beräknade volymer för att ersätta 1 m³ eldningsolja i föreliggande undersökning är alltså något lägre än de volymer som anges i PS, vilket är en effekt av den lägre vedfukthalten.

Annan litteratur, t.ex. Forslund (1980) anger att 1 m³ olja motsvarar 5 m³f (ospecificerad) ved och Anon. (1980) anger att det krävs 16 m³t (ospecificerad) ved för att ersätta en oljeförbrukning på 2 m³. Båda uppgifterna stämmer relativt väl överens med de beräknade värdena i föreliggande undersökning, men måste betraktas som grova medelvärden. Resultatet från föreliggande undersökning pekar t.ex. på att det behövs mellan 10 och 18 m³t lövved (beroende på trädslag) och mellan 15 och 18 m³t frisk barrved för att ersätta 2 m³ olja. För den röt-skadade veden som ingick i studien skulle behövas minst 20 m³t ved för att ersätta 2 m³ olja.

Krögerström (1993) anger att 1 m³f ved från ek innehåller ungefär 2 700 kWh energi och 1 m³f björkved innehåller knappt 2 600 kWh. Tall, al, gran och asp innehåller enligt Krögerström ca 2 150 (tall), 2 100 (al), 2 050 (gran) och 2 000 (asp) kWh. De angivna värdena avviker i vissa fall ganska mycket från de värden som beräknats i föreliggande undersökning. Beträffande ved från ek (frisk ved med en fukthalt på 20 %) beräknades energiinnehållet till 3 600 kWh/m³f (dvs. 900 kWh högre energiinnehåll än det värde som Krögerström anger). Energivärdet i björkved (ca 2 800 kWh/m³f) ligger i närheten av Krögerströms värde och samma sak gäller al (ca 2 060 kWh/m³f) och asp (2 190 kWh/m³f). När det gäller granved varierade energivärdet mellan ca 1 600 och 2 320 kWh/m³f, beroende på kvalitetsskillnader. Samma sak gäller veden av tall där energivärdet varierade mellan 1 840 och 2 580 kWh/m³f.

Undersökningen visar alltså att det kan vara relativt stora skillnader i energivärde hos veden även om den kommer från samma trädslag. Att småhusägare med många års erfarenhet av vedeldning anser att den köpta veden inte räckte så lång tid som den borde ha gjort, kan bero på en sämre vedkvalitet jämfört med tidigare eldningssäsonger (t.ex. att den köpta veden till stor andel var rötskadad). Undersökningen pekar också på att man kan tjäna relativt mycket pengar om man är noggrann med kvaliteten på den köpta veden. Vid en årsförbrukning på 20 000 kWh och ett vedpris på 250 kr/m³s kan t.ex. kostnaden per år bli upp till 2 500 kr högre om veden är av sämre kvalitet, jämfört med frisk ved med hög densitet. Om det årliga värmebehovet är större än 20 000 kWh blir också kostnadsskillnaden större.

Enligt uppgift från Preem (2004-12-21) är kostnaden för 1 m³ eldningsolja av utomhuskvalitet 8 420 kr/m³, inkl. moms (priset varierar något beroende på vilken ort man bor i). Om man utgår från ett årligt värmebehov på 20 000 kWh och en pannverkningsgrad på 95 %, innebär det en årskostnad på ca 17 925 kr. Skulle man i stället värma huset med köpt björkved och utgår från det värmevärde som den undersökta björkveden hade, samt räknar med en pannverkningsgrad på 60 %, skulle det behövas ca 24 m³ björkved. Vid ett vedpris på 300 kr/m³s blir kostnaden ca 7 100 kr per år, d.v.s. en besparing på drygt 10 000 kr jämfört med oljealternativet.

Vid samma värmebehov, pannverkningsgrad etc. och en sämre vedkvalitet kan veden fortfarande vara ett bra alternativ till oljan, men besparingen blir betydligt mindre. Om man antar att huset värms med den undersökta granveden med lösröta, skulle det behövas 42 m³ ved för ett

årligt värmebehov på 20 000 kWh. Vid vedpriset 300 kr/m³s blir årskostnaden 12 530 kr, d.v.s. ca 5 400 kr lägre jämfört med olja. I båda fallen blir det alltså billigare med ved än med olja, men ”vinsten”, såväl den ekonomiska som besparingen i lagerutrymme, blir betydligt större om björkved köps, jämfört med den kvalitativt sämre veden från gran.

Vid handel med ved tillämpas en prissättning som endast till viss grad tar hänsyn till vedens värmevärde. Det normala är tre prisnivåer; ett högre pris för björkved (eller lövved), ett lägre pris för blandved (löv och barr) och lägst pris för granved (eller barrved). För en rättvisare prissättning bör man ta hänsyn till vedens densitet och fukthalt, eftersom dessa faktorer direkt inverkar på vedens värmevärde. Dessutom bör man även ta hänsyn till andra faktorer som inverkar på fastvolymprocenten, t.ex. förhållandet mellan vedens diameter och längd.

Om man prissätter veden utifrån dess värmevärde och utgår från ett vedpris på 300 kr/m³s för björken, skulle t.ex. priset på övriga träslag och kvaliteter bli enligt följande:

Al	219 kr/m ³ s	Gran:	- ved med lösröta	170 kr/m ³ s
Asp	233 ”-”		- torrgran	237 ”-”
Sälg	266 ”-”		- ved med fast brunröta	242 ”-”
Björk	300 ”-”		- frisk ved - lägre densitet	222 ”-”
Lönn	321 ”-”		- frisk ved - högre densitet	247 ”-”
Alm: - frisk ved	325 ”-”	Tall:	- ved med lösröta	196 ”-”
- något rötskadad ved	253 ”-”		- frisk ved - lägre densitet	213 ”-”
- rötskadad ved	184 ”-”		- frisk ved - högre densitet	251 ”-”
Rönn	330 ”-”		- ved från 150 år gammalt hustimmer	245 ”-”
Äpple	338 ”-”		- kådrik ved	275 ”-”
Ek: - frisk ved	384 ”-”	Röjningsvirke: - björk		295 ”-”
- något rötskadad ved	318 ”-”		- tall	260 ”-”
- rötskadad ved	266 ”-”		- gran	234 ”-”
Syrén	482 ”-”			

Ved från al och asp, som har en lägre densitet än björkved, borde ha ett pris som ligger ca 25 % under priset på björkved och ved från ek borde vara ca 25 % dyrare än björkved. Priset på frisk barrved bör ligga på ca 80 % av priset på prima björkved. Om veden är rötskadad bör priset justeras nedåt i förhållande till skadans storlek.

Förutom de ekonomiska vinster man kan göra genom att köpa ved med god kvalitet, tillkommer samhällsekonomiska vinster i form av minskade utsläpp av miljö- och hälsofarliga ämnen. Eldning med undermålig ved, t.ex. ved med för hög fukthalt eller med olika stadier av röta, medför såväl en högre vedförbrukning, lägre effektuttag och ökade utsläpp av miljö- och hälsofarliga ämnen. Därför är valet av ved särskilt viktigt i de fall där pannans effekt är snålt tilltagen.

De typer av föreningar som emitteras via rökgaserna kan grovt indelas i följande tre klasser (enl. Rudling m.fl. 1980):

- * Oorganiska föreningar (t.ex. tungmetaller och svaveldioxid). Emissionen är i huvudsak beroende av bränslesammansättningen.
- * Organiska föreningar (t.ex. aldehyder och polyaromater). Emissionen är i huvudsak beroende av förbränningsförhållandena – framförallt temperatur, syretillförsel och uppehållstid.
- * Kväveoxider och stoft. Emissionen är beroende av såväl bränslets sammansättning som förbränningsförhållandena.

Som exempel på hälso- och miljöeffekter till följd av dessa emissioner kan bl.a. nämnas luktproblem, irritation i luftvägar (hos känsliga personer) och cancerogena egenskaper hos vissa av de emitterade ämnena. Dessa negativa effekter kan i första hand hänföras till emissioner av tjära, vilket används som begrepp för tyngre, högkokande aromatiska kolväten med karaktäristisk lukt. Vissa komponenter i tjära, i första hand bens(a)pyren kan vara cancerframkallande och bl.a. sotet är bärare av välkända cancerframkallande ämnen, s.k. polyaromatiska kolväten (PAH).

VOC är ett samlingsnamn för en mängd flyktiga organiska föreningar som kan ha negativa miljö- och hälsoeffekter. Utsläppen av VOC är betydande från den svenska energiproduktionen och den helt dominerande källan är småskalig vedeldning (Anon.1996). VOC frigörs vid alla typer av ofullständig förbränning. De som är av störst betydelse ur hälsosynpunkt är eten, propen, butaiden och bensen.

En modern vedpanna med ackumulatortank har betydligt lägre utsläppsnivåer än en äldre vedpanna utan ackumulatortank. I princip kan man räkna med att utsläppen av tjära, stoft och VOC är ca 90 % lägre i en modern panna än i en äldre panna (Anon.1998). Däremot ökar i de flesta fall utsläppen av kväveoxider som en följd av högre förbränningstemperatur.

Ny teknik är alltså avsevärt bättre ur miljösynpunkt än äldre teknik, men utbyteshastigheten av det äldre pannbeståndet är tyvärr mycket långsam, vilket bl.a. beror på att det är förenat med relativt höga kostnader samtidigt som de äldre pannorna har en lång teknisk livslängd. Dessutom är ved ett billigt bränsle i förhållande till andra alternativ, t.ex. olja. Det ekonomiska motivet för byte av panna är därför i de flesta fall inte speciellt starkt.

Även om en modern, miljögodkänd panna har betydligt lägre utsläpp av miljö- och hälsofarliga ämnen än en äldre omodern panna, är det viktigt att veden är av bra kvalitet. Vid undersökningar på småskalig vedeldning (Åkesson 1988) har man bl.a. funnit att utsläppen av tjära blir betydligt högre vid eldning med fuktig ved (35-40 %) än vid eldning med torr ved (25 %). På en av de undersökta pannorna har mer än tio gånger högre tjärhalt uppmätts med fuktig ved, jämfört med torr ved. Andra undersökningar visar samma sak, bl. a. en undersökning av Karlsson (1992) där även miljögodkända pannor ingick. I en av de miljögodkända pannorna översteg tjärhalten gällande gränsvärde när fuktig ved eldades. Tidigare studier (Anon.1996) visar också att fuktig ved ger generellt sett högre emissioner av oförbränt, än torr ved. Prov gjordes även med gammal och murken ved i dessa pannor, vilket gav upphov till mångdubbelt högre utsläpp än eldning med kvalitativt bra och torr ved.

Användningen av undermålig ved medför alltså klara försämringar beträffande utsläppen av miljö- och hälsofarliga ämnen men bidrar också till ett lägre effektuttag, vilket i sin tur inne-

bär en högre vedförbrukning och därmed högre årskostnader jämfört med om torr ved med bra kvalitet eldas.

Kostnaden för köpt ved ligger, mellan tummen och pekfingret på ca 20 öre/kWh +/- 10 öre. Enligt beräkningar skulle ett vedpris på 250 kr/m³t innebära en kostnad på 14 öre per kWh för ved av björk, medan ett vedpris på 250 kr/m³s ger en kostnad på 18 öre per kWh. Kostnaden för den nyttiggjorda energin (om man tar hänsyn till pannverkningsgrad och andra överföringsförluster) blir något högre. Vid en pannverkningsgrad på 80 % (och inga andra förluster) samt ett vedpris på 250 kr/m³t blir kostnaden 17 öre per kWh för björkveden och vid en pannverkningsgrad på 60 % blir kostnaden 23 öre per kWh. Skillnaden förefaller inte speciellt stor, men räknar man med ett årligt värmebehov på 20 000 kWh blir t.ex. skillnaden mellan 80 % (3 450 kr/år) och 60 % verkningsgrad (4 600 kr/år) 1 150 kronor.

Om man hugger ved i egen regi blir arbetsinsatsen mindre ju högre värmevärdet är i veden. Undersökningen pekar t.ex. på att man vid en arbetsprestation motsvarande 4 tim/m³t (motsvarar 3,1 tim/m³s vid de fastvolymprocenter som använts vid beräkningen) kan tjäna upp till 30 tim/år vid ett årligt värmebehov på 20 000 kWh om man hugger ved med bra kvalitet, jämfört med om man hugger ved med en sämre kvalitet (t.ex. rötskadad ved). Arbetsinsatsen kan också variera relativt mycket mellan ved från olika träslag. Bl.a. visar undersökningen att man kan spara ca 20 timmars arbete per år genom att hugga björkved istället för alved.

De beräkningar som gjorts av arbetsinsatsen vid huggning av egen ved grundas på uppmätta prestationer i en tidigare studie (Liss 1996) och anger endast grova riktvärden. Vedråvarans diameter, den arbetande personens ålder, erfarenhet och arbetsteknik har visat sig ha stor inverkan på prestationen. I normalfallet sjunker arbetsförmågan med stigande ålder (man räknar med ca 30 % minskad arbetsförmåga från 25 till 65 års ålder), men å andra sidan brukar detta till viss del kompenseras av erfarenhet och en bättre arbetsteknik. I kalkylexemplet (bilaga 6) har arbetsinsatsen beräknats för tre prestationsnivåer. Eftersom det finns ett klart samband mellan prestationen och vedråvarans diameter (högre prestation vid grövre diameter) bör man ta hänsyn till detta när tabellen läses. Vedråvara av röjningsdimension tar i regel något längre tid att avverka än vedråvara av gallringsdimension, trots att färre bitar behöver klyvas. Vedråvara av hårdare träslag, t.ex. ek, kräver något längre tid än ”lösare” och lättare träslag.

Som nämnts tidigare är undersökningen av mycket begränsad omfattning och därför kan man inte dra några generella slutsatser av framkomna resultat. Behovet av kunskap inom området är dock stort och ökar i takt med att fler och fler vedhandlare och vedeldare etablerar sig på marknaden. Med anledning av detta bör fler, bredare och mer ingående studier göras inom området.

Litteraturförteckning

- Anon., 1980. Handbok för hemgårdens värmeförsörjning. Arbetseffektivitetsföreningens publikationer 230. ISBN 951-788-056-1.
- Anon., 1996. Vedeldade villapannor. Naturvårdsverket. Rapport nr 4669.
- Anon., 1998. Miljöanpassad effektiv uppvärmning och elanvändning. Naturvårdsverket. Rapport nr 4526. Statens Energimyndighet EB 8.
- Anon., 2004. Energistatistik för småhus 2003. Statistiska centralbyrån, Meddelande EN 16 SM 0403.
- Brunberg B. & Hillring B., 1996. Skogsbränsleuttag idag och i morgon. Kungl Skogs- och Lantbruksakademien. Tidskrift 135:13.
- Ekman, W. m.fl., 1922. Handbok i skogsteknologi.
- Forslund, B., 1980. Elda med ved. Bokförlaget Robert Larsson AB. ISBN 91-514-0131-2.
- Karlsson, M-L., 1992. Karaktärisering av rökgaser från vedpannor. Närings- och teknikutvecklingsverket (NUTEK). Rapport nr 49.
- Krögerström, L., 1993. Vedboken – Modern vedeldning i villa. Media Nova. ISBN 91-7143-008-3.
- Liss, J-E., 1996. Tillredning av pannved med kapklinga och yxa – prestationsnivåer och arbetsbelastning. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för Skogsteknik. Uppsatser och Resultat nr 292.
- Liss, J-E., 2004. Pilotstudie avseende fastvolymprocenter i staplad och stjälp björkved. Högskolan Dalarna, Institutionen för Matematik, Naturvetenskap och Teknik. Arbetsdokument nr 7.
- Praktisk Skogshandbok, 1962. Norrlands Skogsvårdsförbunds Förlag. Stockholm.
- Praktisk Skogshandbok, 1982. Sveriges Skogsvårdsförbund. ISBN 91-7647-014-2.
- Praktisk Skogshandbok, 1994. Sveriges Skogsvårdsförbund. ISBN 91-7646-030-4.
- Rudling, L., Ahling, B. och Löfrot, G., 1980. Kemisk och biologisk karaktärisering av rökgaser från småskalig eldning med flis och ved. Naturvårdsverket. Rapport 1331.
- Statistiska Centralbyrån (SCB), 2004. Energistatistik för småhus 2003. Statistiska meddelanden EN 16 SM 0403.
- Åkesson, E., 1988. Dioxinmätningar vid småskalig vedeldning. Naturvårdsverket. Rapport nr 3438.

Terminologi

Askhalt	- kvot av askans massa och torrsubstansens massa före förbränning
Effektivt värmevärde	- värmevärde angivet under förutsättning att vatten i bränsle och förbränningsprodukter avgivits som ånga till omgivningen och antagit en given temperatur
Fastvolym	- volym av materialmängd, frånräknat mellanrum mellan materialets bitar; brukar anges i kubikmeter fast volym, m^3f
Fukthalt	- kvot av vattnets massa i ett material och materialets totala massa
Rådensitet	- kvot av rå massa och rå volym, kg/m^3f
Skrymvolym	- (om bulkmaterial) volym av materialmängd, inberäknat mellanrum mellan materialets bitar; brukar anges i kubikmeter travad volym, m^3s
Torr-rådensitet	- kvot av torr massa och rå volym; brukar anges i kilogram torrsubstans per kubikmeter fast volym, $kg\ TS/m^3f$
Torrsubstans	- material exklusive vatten (betecknas TS)
Travvolym	- skrymvolym mätt i trave; brukar anges i kubikmeter travad volym, m^3t
Värmevärde	- energimängd per massa eller volym som frigörs vid fullständig förbränning; uttrycks vanligen i MJ/kg TS

Använda förkortningar

m^3f	<i>kubikmeter fast volym; materialets verkliga volym utan luft</i>
m^3f_{pb}	<i>kubikmeter fast volym på bark</i>
m^3s	<i>kubikmeter stjälp mått; totalvolym (ved och mellanrum) för en vedkast</i>
m^3s_{ob}	<i>kubikmeter stjälp mått, obarkad ved</i>
m^3t	<i>kubikmeter travat mått; totalvolym (ved och mellanrum) för vedtrave</i>
m^3t_{ob}	<i>kubikmeter travat mått, obarkad ved</i>
ton TS	<i>ton torrsubstans; materialets innehåll av torrsubstans, d v s vatten räknas ej in</i>

Vedvolym som motsvarar ett värmebehov på 20 000 kWh

Trädslag	m ³ f	m ³ t	m ³ s
<i>Kluven lövved av gallringsdimension:</i>			
• Al	12,3	18,9	24,6
• Alm:			
- frisk ved	8,3	12,7	16,6
- något rötskadad ved	10,6	16,3	21,2
- rötskadad ved	14,7	22,5	29,3
• Asp	11,5	17,7	23,1
• Björk	9,0	13,8	17,9
• Ek:			
- frisk ved	7,0	10,8	14,0
- något rötskadad ved	8,5	13,0	16,9
- rötskadad ved	10,1	15,6	20,2
• Lönn	8,4	12,9	16,8
• Rön	8,2	12,5	16,3
• Syrén	5,6	8,6	11,1
• Säl	10,1	15,6	20,2
• Äpple	7,9	12,2	15,9
<i>Kluven barrved av gallringsdimension:</i>			
• Gran:			
- ved med lösröta	15,8	24,3	31,6
- ved med fast brunröta	11,1	17,1	22,2
- torrgran	11,3	17,5	22,7
- frisk ved – lägre densitet	12,1	18,7	24,3
- frisk ved – högre densitet	10,9	16,8	21,8
• Tall			
- ved med lösröta	13,7	21,1	27,4
- frisk ved – lägre densitet	12,7	19,5	25,3
- frisk ved – högre densitet	10,7	16,5	21,4
- ved från 150 år gammalt hustimmer	11,0	16,9	21,9
- kådrik ved	9,8	15,0	19,5
<i>Okluven ved av röjningsdimension:</i>			
• Björk	9,1	14,0	18,3
• Gran	11,5	17,7	23,0
• Tall	10,3	15,9	20,7

Förutsättningar:

- vedens fukthalt är 20 % och askhalten 1 %,
- pannverkningsgraden vid vedeldning är 80 %,

Vedvolym som krävs för att ersätta 1 m³ olja (9 890 kWh)

Trädslag	m ³ f	m ³ t	m ³ s
<i>Kluven lövvved av gallringsdimension:</i>			
• Al	5,8	8,9	11,5
• Alm:			
- frisk ved	3,9	6,0	7,8
- något rötskadad ved	5,0	7,7	10,0
- rötskadad ved	6,9	10,6	13,8
• Asp	5,4	8,3	10,8
• Björk	4,2	6,5	8,4
• Ek:			
- frisk ved	3,3	5,1	6,6
- något rötskadad ved	4,0	6,1	7,9
- rötskadad ved	4,7	7,3	9,5
• Lönn	3,9	6,1	7,9
• Rön	3,8	5,9	7,7
• Syrén	2,6	4,0	5,2
• Säl	4,8	7,3	9,5
• Äpple	3,7	5,7	7,5
<i>Kluven barrved av gallringsdimension:</i>			
• Gran:			
- ved med lösröta	7,4	11,4	14,9
- ved med fast brunröta	5,2	8,0	10,4
- torrgran	5,3	8,2	10,7
- frisk ved – lägre densitet	5,7	8,8	11,4
- frisk ved – högre densitet	5,1	7,9	10,2
• Tall			
- ved med lösröta	6,4	9,9	12,9
- frisk ved – lägre densitet	5,9	9,1	11,9
- frisk ved – högre densitet	5,0	7,7	10,1
- ved från 150 år gammalt hustimmer	5,1	7,9	10,3
- kådrik ved	4,6	7,1	9,2
<i>Okluven ved av röjningsdimension:</i>			
• Björk	4,3	6,6	8,6
• Gran	5,4	8,3	10,8
• Tall	4,9	7,5	9,7

Förutsättningar:

- vedens fukthalt är 20 % och askhalten 1 %,
- pannverkningsgraden vid vedeldning är 80 % och vid oljeeldning 95 %,
- systemverkningsgraden är densamma vid ved- och oljeeldning.

Kostnad för köpt ved, kr/kWh

Trädslag	Vedpris					
	200 kr/m ³ t	200 kr/m ³ s	250 kr/m ³ t	250 kr/m ³ s	300 kr/m ³ t	300 kr/m ³ s
<i>Kluven lövved av gallringsdimension:</i>						
• Al	0,15	0,19	0,19	0,24	0,22	0,29
• Alm:						
- frisk ved	0,10	0,13	0,13	0,16	0,15	0,20
- något rötskadad ved	0,13	0,17	0,16	0,21	0,19	0,25
- rötskadad ved	0,18	0,23	0,22	0,29	0,27	0,35
• Asp	0,14	0,18	0,18	0,23	0,21	0,27
• Björk	0,11	0,14	0,14	0,18	0,16	0,21
• Ek:						
- frisk ved	0,09	0,11	0,11	0,14	0,13	0,17
- något rötskadad ved	0,10	0,13	0,13	0,17	0,15	0,20
- rötskadad ved	0,12	0,16	0,15	0,20	0,18	0,24
• Lönn	0,10	0,13	0,13	0,17	0,15	0,20
• Rön	0,10	0,13	0,12	0,16	0,15	0,19
• Syrén	0,07	0,09	0,08	0,11	0,10	0,13
• Säl	0,12	0,16	0,15	0,20	0,18	0,24
• Äpple	0,10	0,13	0,12	0,16	0,15	0,19
<i>Kluven barrved av gallringsdimension:</i>						
• Gran:						
- ved med lösröta	0,19	0,25	0,24	0,31	0,29	0,38
- ved med fast brunröta	0,14	0,18	0,17	0,22	0,20	0,26
- torrgran	0,14	0,18	0,17	0,22	0,21	0,27
- frisk ved – lägre densitet	0,15	0,19	0,18	0,24	0,22	0,29
- frisk ved – högre densitet	0,13	0,17	0,17	0,22	0,20	0,26
• Tall						
- ved med lösröta	0,17	0,22	0,21	0,27	0,25	0,33
- frisk ved – lägre densitet	0,15	0,20	0,19	0,25	0,23	0,30
- frisk ved – högre densitet	0,13	0,17	0,16	0,21	0,20	0,25
- ved från 150 år gammalt hustimmer	0,13	0,17	0,17	0,22	0,20	0,26
- kådrik ved	0,12	0,15	0,15	0,19	0,18	0,23
<i>Okluven ved av röjningsdimension:</i>						
• Björk	0,11	0,14	0,14	0,18	0,17	0,22
• Gran	0,14	0,18	0,18	0,23	0,21	0,27
• Tall	0,13	0,16	0,16	0,20	0,19	0,25

Förutsättningar:

- Kostnaden anges i kr/kWh (brutto), utan avdrag för askhalt och pannverkningsgrad etc.

Vedkostnad/år vid ett värmebehov motsvarande 20 000 kWh

Trädslag	Vedpris		
	200 kr/m ³ s	250 kr/m ³ s	300 kr/m ³ s
<i>Kluven lövvved av gallringsdimension:</i>			
• Al	4 910	6 140	7 370
• Alm:			
- frisk ved	3 320	4 140	4 970
- något rötskadad ved	4 250	5 310	6 370
- rötskadad ved	5 860	7 330	8 790
• Asp	4 610	5 770	6 920
• Björk	3 590	4 490	5 380
• Ek:			
- frisk ved	2 810	3 510	4 210
- något rötskadad ved	3 390	4 230	5 080
- rötskadad ved	4 040	5 050	6 070
• Lönn	3 350	4 190	5 030
• Rön	3 260	4 080	4 890
• Syrén	2 220	2 780	3 340
• Säl	4 050	5 060	6 070
• Äpple	3 180	3 980	4 770
<i>Kluven barrved av gallringsdimension:</i>			
• Gran:			
- ved med lösröta	6 330	7 910	9 490
- ved med fast brunröta	4 450	5 560	6 670
- torrgran	4 540	5 670	6 810
- frisk ved – lägre densitet	4 860	6 070	7 280
- frisk ved – högre densitet	4 360	5 450	6 540
• Tall			
- ved med lösröta	5 490	6 860	8 230
- frisk ved – lägre densitet	5 060	6 330	7 590
- frisk ved – högre densitet	4 280	5 350	6 420
- ved från 150 år gammalt hustimmer	4 390	5 480	6 580
- kådrik ved	3 910	4 880	5 860
<i>Okluven ved av röjningsdimension:</i>			
• Björk	3 650	4 560	5 480
• Gran	4 610	5 760	6 910
• Tall	4 140	5 170	6 210

Förutsättningar:

- vedens fukthalt är 20 % och askhalten är 1 %,
- pannverkningsgraden är 80 %.

Beräknad arbetsinsats för huggning, transport och eldning vid en årsförbrukning motsvarande 20 000 kWh

Trädslag	Arbetsinsats i timmar vid prestationen ...		
	3 tim/m ³ t	4 tim/m ³ t	5 tim/m ³ t
<i>Kluven lövved av gallringsdimension:</i>			
• Al	57	76	94
• Alm:			
- frisk ved	38	51	64
- något rötskadad ved	49	65	82
- rötskadad ved	68	90	113
• Asp	53	71	89
• Björk	41	55	69
• Ek:			
- frisk ved	32	43	54
- något rötskadad ved	39	52	65
- rötskadad ved	47	62	78
• Lönn	39	52	64
• Rönn	38	50	63
• Syrén	26	34	43
• Sälg	47	62	78
• Äpple	37	49	61
<i>Kluven barrved av gallringsdimension:</i>			
• Gran:			
- ved med lösröta	73	97	122
- ved med fast brunröta	51	69	86
- torrgran	52	70	87
- frisk ved – lägre densitet	56	75	93
- frisk ved – högre densitet	50	67	84
• Tall			
- ved med lösröta	63	84	106
- frisk ved – lägre densitet	58	78	97
- frisk ved – högre densitet	49	66	82
- ved från 150 år gammalt hustimmer	51	68	84
- kådrik ved	45	60	75
<i>Okluven ved av röjningsdimension:</i>			
• Björk	42	56	70
• Gran	53	71	89
• Tall	48	64	80

Förutsättningar:

- vedens fukthalt är 20 % och askhalten är 1 %,
- pannverkningsgraden är 80 %.