

Oppdragsrapport fra Skog og landskap 09/2009

---



skog+  
landskap

## ENERGIPOTENSIALET FRA SKOGEN I NORGE

---

Simen Gjølshjøl og Kåre Hobbestad



Oppdragsrapport fra Skog og landskap 09/2009

---

# ENERGIPOTENSIALET FRA SKOGEN I NORGE

---

Simen Gjølshjøl og Kåre Hobbelstad

ISBN 978-82-311-0085-0

Omslag: fotograf Anders Hole, Skog og landskap©

---

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

---



## FORORD

Denne oppdragsrapporten er utarbeidet for å få en oversikt over energipotensialet fra skogen i Norge. Grunnet for dataene er Landskogtakseringens materiale samt Marklunds funksjoner for beregning av greiner, topper og stubber. Oppdragsrapporten er finansiert av Landbruks- og matdepartementet.

Ås, april 2009

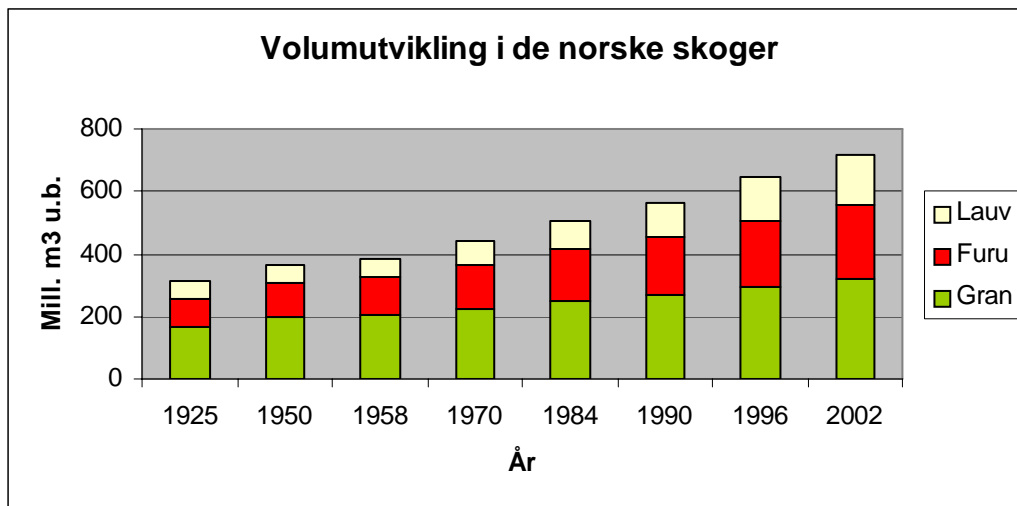
Kåre Hobbestad og Simen Gjølshj

## INNHold

1. Innledning.....	1
2. Dagens situasjon.....	3
3. Prognoser.....	3
4. Brutto balansekvantum – prognoseforutsetninger.....	4
5. Netto balansekvantum.....	5
6. Konklusjon.....	7

# 1. INNLEDNING

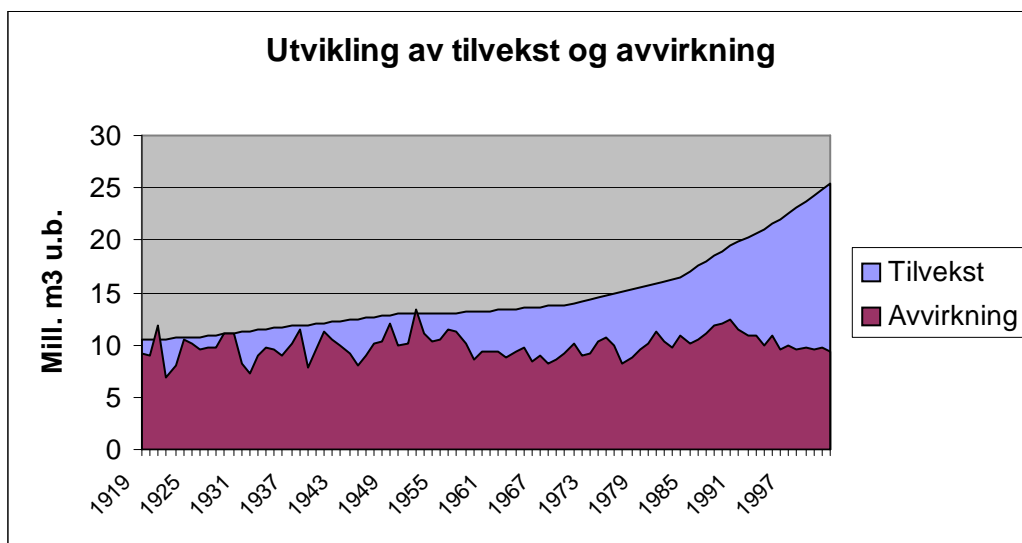
Resultatene viser at det har skjedd en svært positiv utvikling både med hensyn til utviklingen i stående volum og årlig tilvekst. Figur 1 viser utviklingen i stående volum.



Figur 1. Utvikling i stående volum.

Figuren viser at det stående volumet har økt fra 312 millioner kubikkmeter under bark i 1925 til 715 millioner kubikkmeter i 2002. En kan også merke seg at relativt sett har det stående volumet av furu og lauv økt mest. Utviklingen i det stående volumet er bestemt ut fra utviklingen i tilvekst og avgang (avvirkning og naturlig avgang). Figur 2 viser hvordan årlig tilvekst og avvirkning har utviklet seg.

715 millioner kubikkmeter tilsvarer ca 1430 TWh. I tillegg kommer bark, stubber og røtter og greiner.



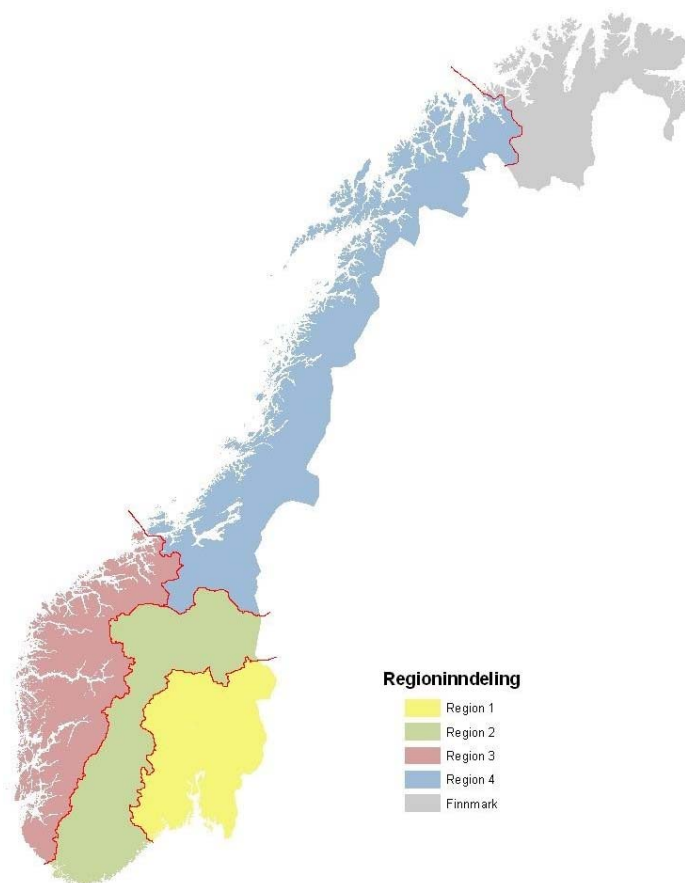
Figur 2. Utvikling i årlig tilvekst og avvirkning.

Figuren viser at tilveksten av stamme under bark har økt fra 10,5 millioner kubikkmeter til 25,4 millioner kubikkmeter i 2002. Utviklingen i tilvekst viser også en kraftig økning de siste 15 år. Dette henger sammen med den kraftige satsingen på skogkultur på slutten av 50-tallet og framover, og viser noe av langsiktigheten i skogbruket. Når det gjelder avvirkningen har den ikke forandret seg særlig mye siden 1919 selv om både tilvekst og stående volum har mer enn fordoblet seg.

*Total tilvekst i norske skoger, unntatt Finnmark, med bark, stubber og røtter, nåler/lauv og greiner er 117 TWh (1 fm<sup>3</sup> trevirke gir ca 2000 kWh). I tillegg til dette kommer gjengroingsarealer, Finnmark fylke, "hageskog" og uproduktiv mark.*

For å belyse de geografiske variasjoner har en delt landet i 4 regioner der en har delt inn etter skogtilstand og etter avvirkning. Inndelingen bærer også preg av at regionene må ha en viss størrelse for at antall permanente flater kan gi tilstrekkelig nøyaktighet. Regioninndelingen framgår av figur 3.

I grove trekk er region 1 lavlandet på Østlandet, og region 2 er dal- og fjellområdene på Østlandet samt Sørlandet. Region 3 er Vestlandet og region 4 er Trøndelagsfylkene, Nordland og Troms.



Figur 3. Regioninndeling.

## 2. DAGENS SITUASJON

Utviklingen i stående volum og tilvekst i forhold til avvirkningen skulle tilsi at det kan være muligheter for en kraftig økning i avvirkningen i de norske skoger. Det er imidlertid viktig å være klar over at avvirkningen i forhold til ressursene varierer sterkt mellom:

- Geografiske regioner
- Treslag
- Boniteter
- Eiendoms kategorier

## 3. PROGNOSE

Skogproduksjon har et svært langsiktig perspektiv da det tar fra 60-120 år fra planter er etablert til trærne sluttavvirknes. Når en skal se på bærekraftig avvirkning, er det derfor nødvendig å analysere langt inn i framtiden. På grunnlag av data fra den 8. landstakst (2000-2004) er det utført langsiktige avvirkningsanalyser over potensiell avvirkning over en 100-årsperiode. Som mål på et langsiktig avvirkningskvantum er brukt balansekvantumet. *Balansekvantumet* er det høyeste kvantum en kan hogge i dag uten at en behøver å senke det i framtiden for et gitt skogbehandlingsprogram. Beregningene er gjort 100 år fram, og en har forutsatt et relativt høyt aktivitetsnivå i skogkultur. Tidligere beregninger viser imidlertid at et lavere skogkulturnivå hovedsakelig får effekt mer enn 100 år frem i tid.

I dagens skogbruk er det stort sett stammen på treet som blir benyttet. Krav til minste toppmål og krav til kvalitet har også ført til at en del av stammen blir kappet bort og blir liggende igjen i skogen. Når det gjelder bioenergi, kan hele treet stort sett benyttes, dvs. både topp, avfall, greiner, stubber og grove røtter. Både i Sverige og Finland drives det utstrakt forskning med å finne metoder for å utnytte så mye som mulig av treet til bioenergi.

Greiner, stubber og røtter er ikke enkle å måle på en økonomisk forsvarlig måte. Det er derfor utviklet funksjoner for sammenhengen mellom stammens form og mengde greiner og røtter. Her er brukt funksjoner av Marklund (1988) som har utviklet slike funksjoner i Sverige i forbindelse med den økende interesse for hele treets biomasse i forbindelse med bruk av skogen til bioenergi. Fordelingen av biomassen mellom de ulike tredeler vil avhenge av treets størrelse. Ved prognoser for en større region er det estimert gjennomsnittstall som gir et inntrykk av hvordan biomassen for et gjennomsnittlig avvirkningskvantum er fordelt på ulike tredeler for ulike treslag.

Nå omsettes ikke hele stammen til tømmer eller ved. Topp og avfall (ikke høy nok kvalitet) blir liggende igjen i skogen. Dette utgjør omtrent 10% av stammen i gjennomsnitt. Denne biomassen kan imidlertid godt brukes til bioenergi sammen med greiner (GROT). Et grovt estimat av biomassens fordeling på dagens utnytting (tømmer) og et øket potensial ved bruk av GROT og stubber og grove røtter vil da bli i størrelsesorden 55% og 45%. Dette gir en betydelig øket utnyttelse av treet til bioenergi enn ved vanlig utnyttelse. Økonomiske forhold vil imidlertid redusere utnyttelsen av GROT og stubber/røtter betydelig i forhold til stammemasse.



## 4. BRUTTO BALANSEKVANTUM – PROGNOSE-FORUTSETNINGER

Ved prognoseberegningene har en forutsatt at en bærekraftig utnyttelse av skogen svarer til et balansekvantum som er det høyeste kvantum en kan avvirke i dag uten at kvantumet må reduseres i framtiden (100 år), gitt et bestemt skogbehandlingsprogram.

Skogbehandlingen defineres spesielt gjennom tynningsprogram og innsats i skogkultur. Tidligste hogstmodenhetsalder er satt lik alderen ved inngang til hogstklasse V.

Tabell 1. Brutto balansekvantum tonn biomasse i Norge unntatt Finnmark. Ved beregning av brutto balansekvantum er det ikke gjort økonomiske eller biologiske reduksjoner.

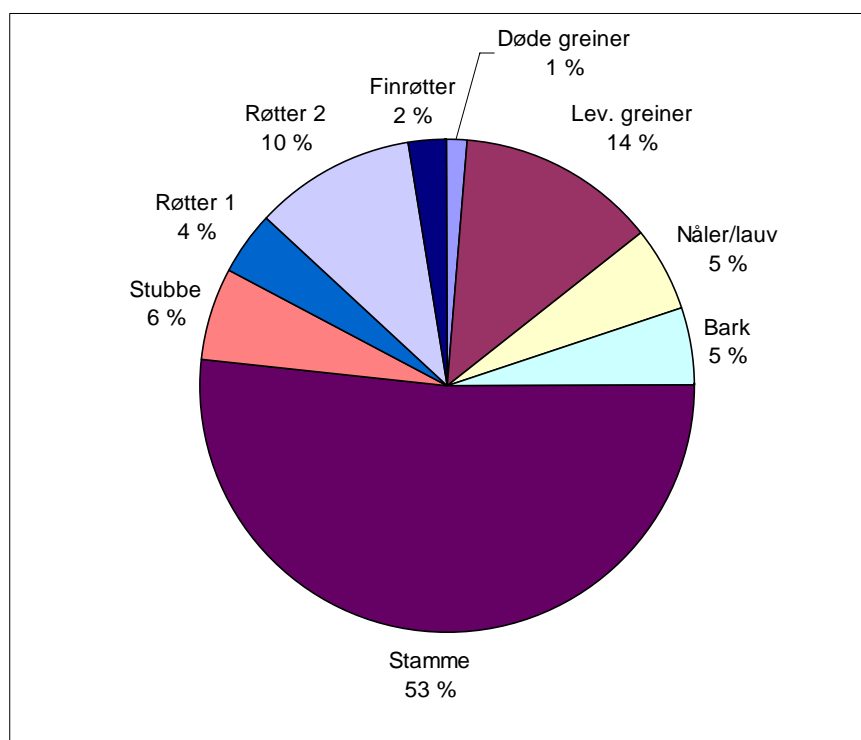
	Grein og nåler	Bark	Stamme	Stubbe	Røtter (inkl. finrøtter)	Sum
GRAN	1 945 671	394 558	4 206 207	479 391	1 675 445	8 701 272
FURU	952 409	235 860	3 110 673	413 039	980 225	5 692 206
LAUV	455 369	235 590	1 375 765	120 664	236 792	2 424 180
						<b>16 817 658</b>

I tabell 1 er det beregnet brutto balansekvantum for de ulike tredeler og for gran, furu og lauv. Sum brutto balansekvantum blir 16,8 mill tonn tørrstoff.

Tabell 2. Brutto balansekvantum uttrykt i Effektiv brennverdi MWh i Norge unntatt Finnmark. (Forutsatt at 1 kg tørrstoff har en nedre brennverdi på 5,32 kWh). Sum brutto balansekvantum er 89,4 TWh per år

	Grein og nåler	Bark	Stamme	Stubbe	Røtter (inkl. finrøtter)	Sum
GRAN	10 350 969	2 099 049	22 377 021	2 550 360	8 913 367	46 290 766
FURU	5 066 816	1 254 775	16 548 780	2 197 367	5 214 797	30 282 535
LAUV	2 422 564	1 253 339	7 319 070	641 932	1 259 733	12 896 638
						<b>89 469 939</b>

Figur 4 viser den prosentvise fordelingen av tredeler etter Marklunds funksjoner (gjennomsnitt av gran, furu og lauv).



Figur 4. Prosentvis fordeling av tredeler etter Marklunds funksjoner.

## 5. NETTO BALANSEKVANTUM

Ved reduksjon for driftsveivstander over 1,5 km, en bratthet på over 90 % samt 10 % reduksjon av miljøhensyn får man en reduksjon i forholdt til brutto balansekvantum på ca. 25 %, kalt netto balansekvantum. Det er forutsatt at rånettoen er større enn null. Dette gjelder for stammevirke. For GROT og stubber/røtter er betalingsevnen mindre.

Tabell 3. Prognoseforutsetninger for kvantumsprognoser for beregning av netto balansekvantum.

Kategori	Forutsetninger
Tilvekstkorreksjon	10% reduksjon i forhold til tilvekstfunksjoner
Skogkultur	Høy innsats i skogkultur
Driftsveivstand	< 1,5 km
Taubanehelling	< 90%
Rånetto	> 0 (gjelder stammevirke)
Miljøhensyn	10 % reduksjon

Tabell 4. Netto balansekvantum. Netto balansekvantum innebærer 25 % reduksjon i forhold til brutto balansekvantum.

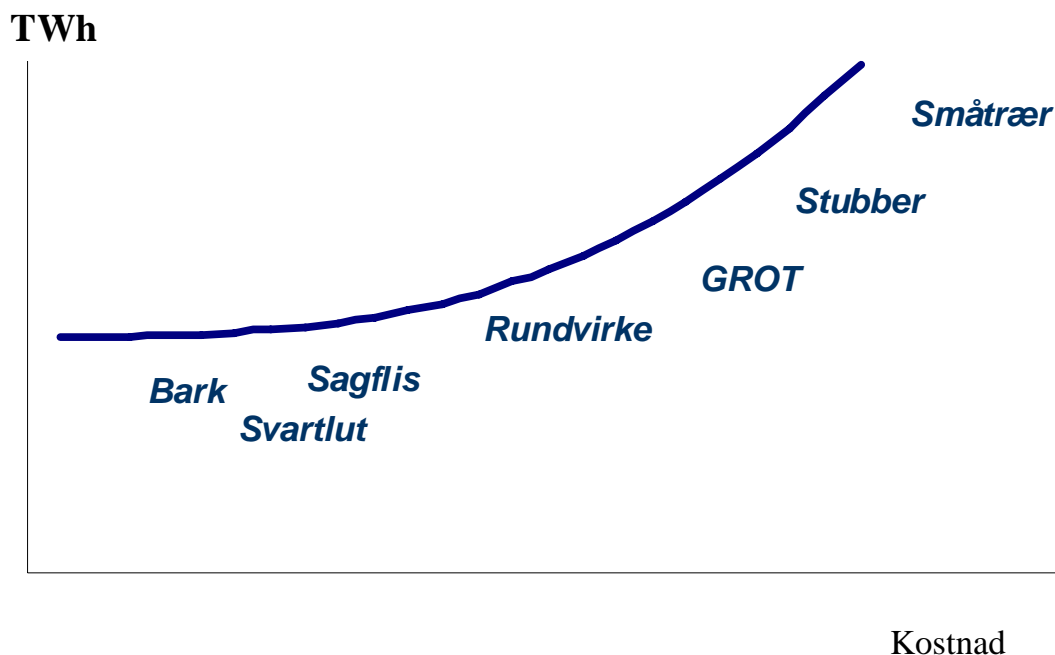
	Brutto Balansekv. Hele landet Tonn	Brutto Balansekv. Hele landet MWh	Netto Balansekv. Hele landet Tonn	Netto Balansekv. Hele landet MWh
Gran	8 701 272	46 290 767	6 525 954	34 718 075
Furu	5 692 206	30 282 536	4 269 155	22 711 902
Lauv	2 424 180	12 896 638	1 818 135	9 672 478
Sum	16 817 658	89 469 941	12 613 244	67 102 455

Tabell 5. Netto balansekvantum uten røtter under 5 cm i dam samt at lauv og nåler er utelatt. Reduksjonen er til sammen på 17 % av brutto balansekvantum.

	Netto Balansekvantum uten lauv/nåler og røtter < 5 cm Hele landet Tonn	Netto Balansekvantum uten lauv/nåler og røtter < 5 cm Hele landet MWh
Gran	5 416 542	28 816 002
Furu	3 543 398	18 850 879
Lauv	1 509 052	8 028 157
Sum	10 468 992	55 695 038

Det ble i Norge i 2007 avvirket 8,2 mill m<sup>3</sup> u.b. til industriformål. I tillegg kommer et vedforbruk på ca. 3 mill m<sup>3</sup>. Vi forutsetter at 2 mill av vedforbruket kommer i fra skogen i Norge mens 1 mill m<sup>3</sup> er import samt virke fra ikke skog. Totalavvirkning er da ca 5,0 mill tonn tørrstoff. Avvirket energi fra skogen blir 23,3 TWh (0 % fuktighet)

Figuren under viser at man har i dag tatt i bruk de rimeligste energibærerene fra skogen som bark, svartlut, sagflis, samt rundvirke til pellets og ved. Det er pilotprosjekter for å ta ut GROT. Stubber og småtrær ligger lenger frem i tid.



Figur 5. Figuren viser at bark, svartlut og sagflis har de laveste kostnadene. De avvirkes allerede. Småtrær er noe av det dyreste å avvirke. Småtrær betyr her virke fra avstandsregulering og tidlig 1. gangstynning.

## 6. KONKLUSJON

Tabell 6. Det er antatt at gjennomsnittlig fuktighet for trevirke levert fra skogen har en fuktighet på 40 % av total vekt.

	TWh	TWh (40 % fuktighet)
Netto balansekvantum u. nåler/lauv og røtter < 5 cm.	55,7	50,7
Minus dagens avvirkning	26,3	23,9
Netto	29,4	26,8
Tillegg 15 % for økt veibygging	11,1	10,1
<b>Sum</b>	<b>40,5</b>	<b>36,9</b>

- Ved økt veibygging er det et potensiale på 36,9 TWh i norske skoger pluss dagens avvirkning 23,9 TWh. Av dette utgjør GROTen 14,7 TWh og stubber/røtter 8,3 TWh.
- Det er store muligheter i å hente ut mer energi fra skogene i Norge. Tallene ovenfor er ikke statiske. De kan økes med mer intensiv skogskjøtsel, planteforedling, optimal treslags, økt veibygging.
- Økonomien i dag er slik at det nesten ikke er lønnsomt å ta ut GROT osv. Energiprisen dekker knapt driftskostnadene og det blir nesten ingen ting igjen til skogeier. For å øke uttaket til f. eks. 10 TWh må prisene på biobrensel opp til ca. 20 -24 øre per kWh (effektiv brennverdi levert energisentral). GROT betales i dag med ca 14 øre/ kWh levert energisentral.

- Ved uttak av greiner og topper er det i dag vanlig og ikke ta dette ut på de svakeste bonitetene (Sverige), men dette er ikke statisk og varierer med etterspørselen. Uttak av næringsstoffer kan kompenseres med gjødsling og tilbakeføring av aske.
- Det blir stadig mer vanlig å ta ut stubber og røtter i Finland. I Sverige er man på forsøksstadiet.
- Det er behov for å få bedre tall på mengde skogsenergi mht økonomiske og biologiske konsekvenser.
- Kvantum stubber/røtter hentet fra tynninger og fra frøtrehogst gir så lite at det ikke kan regnes å ta det ut.
- Andre økonomiske beskrankninger som avgrenser arealene, er knyttet til driftsveiavstand og minste stående volum pr dekar når det gjelder GROT, mens driftsveiavstand har større betydning når det gjelder stubber.
- Det er behov for økt forskning for å redusere avvirkningskostnadene, øke kvaliteten, bedre tall på energimengdene.

### **Forutsetninger**

Det er ovenfor brukt effektiv brennverdi ved 0 % fuktighet. Effektiv brennverdi ved 0 % fuktighet er 5,32 kWh/kg. Ved 40 % fuktighet av totalvekt er effektiv brennverdi 4,86 kWh/kg tørrstoff. Det er i dette notatet brukt tilført energi, dvs. det er ikke trukket i fra tap av energi f. eks. i røkgassen, stråling, etc..

Tabell 7. Brutto balansekvantum tonn biomasse (0 % fuktighet) fordelt på ulike regioner, treslag og tredeler.

Region	Treslag	Døde	Lev.	Nåler/lauv	Bark	Stamme	Stubbe	Røtter 1	Røtter 2	Finrøtter	Sum	Sum
		greiner	Greiner									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	GRAN	68 683	576 065	354 143	212 374	2 343 789	251 986	182 837	515 185	177 072	4 682 134	
	FURU	44 873	261 392	88 158	110 224	1 499 042	181 125	116 035	289 131	26 447	2 616 427	
	LAUV	6 440	135 442	11 021	86 984	521 010	45 440	42 082	42 082	5 511	896 012	8 194 573
2	GRAN	13 309	138 253	82 104	45 862	476 605	56 643	40 634	116 808	41 052	1 011 270	
	FURU	26 089	181 996	56 537	64 675	854 941	115 951	70 381	186 713	16 961	1 574 244	
	LAUV	4 286	86 711	6 322	51 252	298 858	26 295	24 139	24 139	3 161	525 163	3 110 677
3	GRAN	11 900	86 465	56 389	34 027	379 168	37 808	30 547	77 767	28 194	742 265	
	FURU	16 511	143 073	41 327	41 129	513 718	79 750	46 743	128 262	12 398	1 022 911	
	LAUV	5 539	97 077	6 545	53 967	309 413	27 182	24 991	24 991	3 273	552 978	2 318 154
4	GRAN	25 775	339 381	193 204	102 295	1 006 645	132 954	90 955	277 792	96 602	2 265 603	
	FURU	8 176	64 435	19 842	19 832	242 972	36 213	22 637	58 564	5 953	478 624	
	LAUV	5 606	85 166	5 214	43 387	246 484	21 747	19 908	19 908	2 607	450 027	3 194 254
Sum	GRAN	119 667	1 140 164	685 840	394 558	4 206 207	479 391	344 973	987 552	342 920	8 701 272	
	FURU	95 649	650 896	205 864	235 860	3 110 673	413 039	255 796	662 670	61 759	5 692 206	
	LAUV	21 871	404 396	29 102	235 590	1 375 765	120 664	111 120	111 120	14 552	2 424 180	16 817 658
Sum		237 187	2 195 456	920 806	866 008	8 692 645	1 013 094	711 889	1 761 342	419 231	16 817 658	

Tabell 8. Brutto og netto balansekvantum for biomasse i tonn tørrstoff for hhv GROT og stubber/ røtter. Tallene i tonn tørrstoff.

	Brutto Balansekv.	Netto balansekv.	Netto balansekv. Pluss veier	Brutto Balansekv.	Netto balansekv.	Netto balansekv. Pluss veier
	GROT			Stubber og grove røtter		
GRAN	900 364	675 273	810 328	434 823	326 117	391 341
FURU	467 192	350 394	420 472	297 160	222 870	267 444
LAUV	202 681	152 011	182 413	87 522	65 642	78 770
	0	0	0	0	-	-
GRAN	203 809	152 857	183 428	97 277	72 958	87 549
FURU	300 047	225 035	270 042	186 332	139 749	167 699
LAUV	126 008	94 506	113 407	50 434	37 826	45 391
	0	0	0	0	-	-
GRAN	139 685	104 763	125 716	68 355	51 266	61 520
FURU	215 069	161 302	193 562	126 493	94 870	113 844
LAUV	138 954	104 216	125 059	52 173	39 130	46 956
	0	0	0	0	-	-
GRAN	476 050	357 038	428 445	223 909	167 932	201 518
FURU	98 891	74 169	89 002	58 850	44 138	52 965
LAUV	119 759	89 819	107 783	41 655	31 241	37 490
	0	0	0	0	-	-
GRAN	1 719 908	1 289 931	1 547 917	824 364	618 273	741 928
FURU	1 081 198	810 899	973 078	668 835	501 626	601 952
LAUV	587 403	440 552	528 662	231 784	173 838	208 606
	3 388 508	2 541 381	3 049 657	1 724 983	1 293 737	1 552 485

Tabell 9. Brutto og netto balansekvantum for biomasse i MWh for hhv GROT og stubber/røtter. 16, 2 TWh ved 0 % fuktighet blir 14,7 TWh ved 40 % fuktighet. 8,3 TWh ved 0 % fuktighet blir 7,6 TWh ved 40 % fuktighet.

	Brutto Balansekv.	Netto balansekv.	Netto balansekv. Pluss veier	Brutto Balansekv.	Netto balansekv.	Netto balansekv. Pluss veier
	GROT			Stubber og grove røtter		
GRAN	9 149 908	6 862 431	8 234 917	4 385 616	3 289 212	3 947 055
FURU	5 751 975	4 313 981	5 176 777	3 558 202	2 668 652	3 202 382
LAUV	3 124 981	2 343 736	2 812 483	1 233 091	924 818	1 109 782
	18 026 864	13 520 148	<b>16 224 178</b>	9 176 910	6 882 682	<b>8 259 219</b>