

Tørking av flis med varme fra vannkraftverk

Eirik Nordhagen
Norsk institutt for skog og landskap
Pb 115, NO-1431 Ås
T (+47) 64 94 89 07
(+47) 482 83 839

- **Svelgfoss** i Telemark malt av eventyrtegner Th. Kittelsen (1908)

- En gang verdens nest største kraftverk. Skulle gi 30.000 hestekrefter \approx 22 MW.

- Installert effekt i dag: 92 MW.

- Hvor mange vannkraftverk er det i Norge?

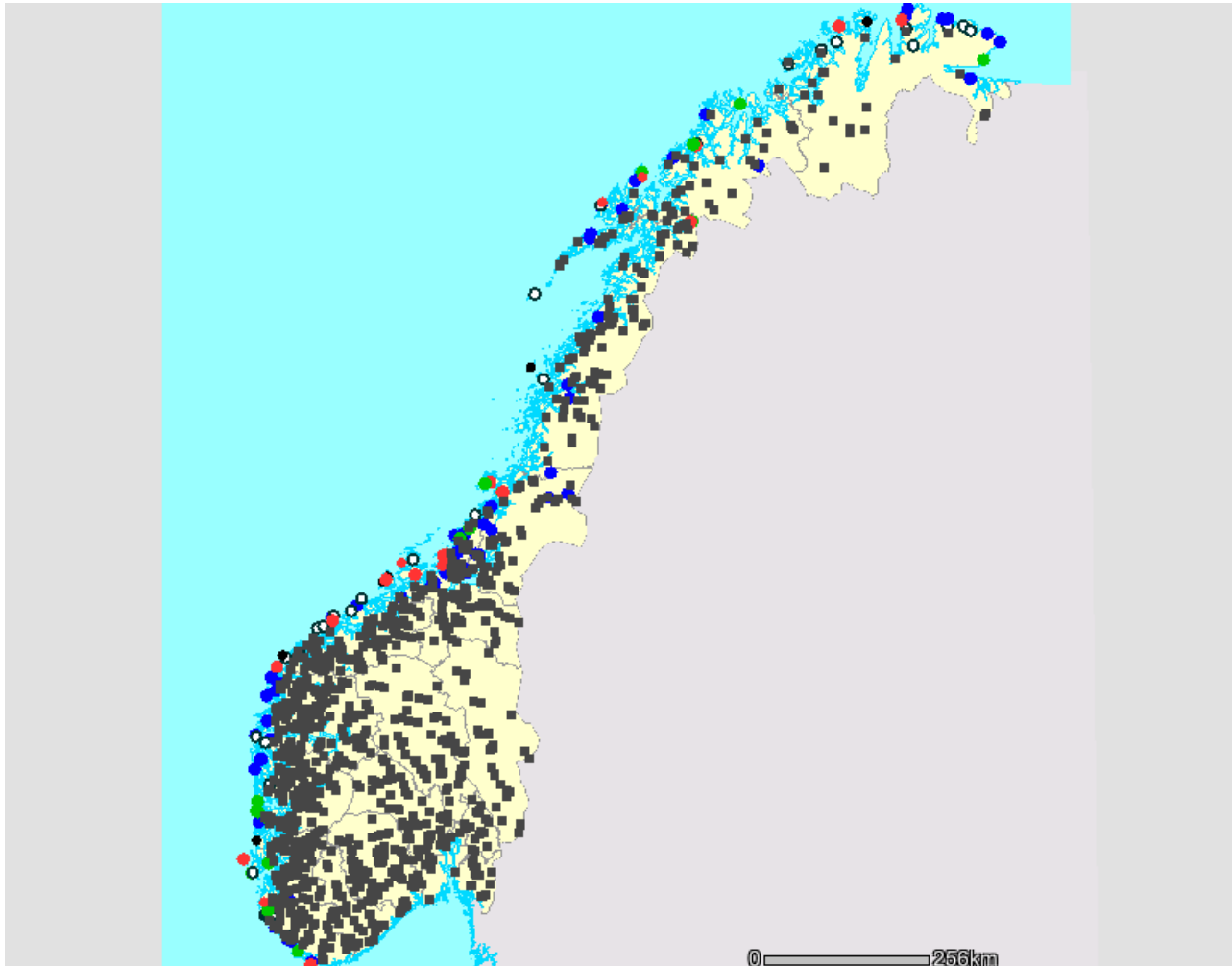
- **1100 kraftverk.**

- 375 småkraftverk (1 MW -10 MW)

- Hvor finner vi vannkraftverkene i Norge?



Vannkraftverk i Norge (NVE Atlas)



Innledning

- > Er det mulig å tørke **flis** med varme fra elektriske vannkraftverk?
- > Varme?
- > Metode?
- > Temperatur?
- > Tørrhet?
- > Energimengde?
- > Kostnader?

Overskuddsvarme i kraftverk

- 1–2 % av energien fra generator i et vannkraftverk er varme (SINTEF 2000).
- I et kraftverk med en installert effekt på 2000 kW, vil varme kunne utgjøre 20–40 kW. **Denne varmen må luftes ut!**
- Ved en temperatur på 25 °C trenger du 0.679 kWh energi for å fordampe 1 kg vann (CEN / TS 15234).
- Det betyr at varmen fra et kraftverk på 2000 kW kan fordampe 30–60 kg vann.





Kleive



Viksdalen

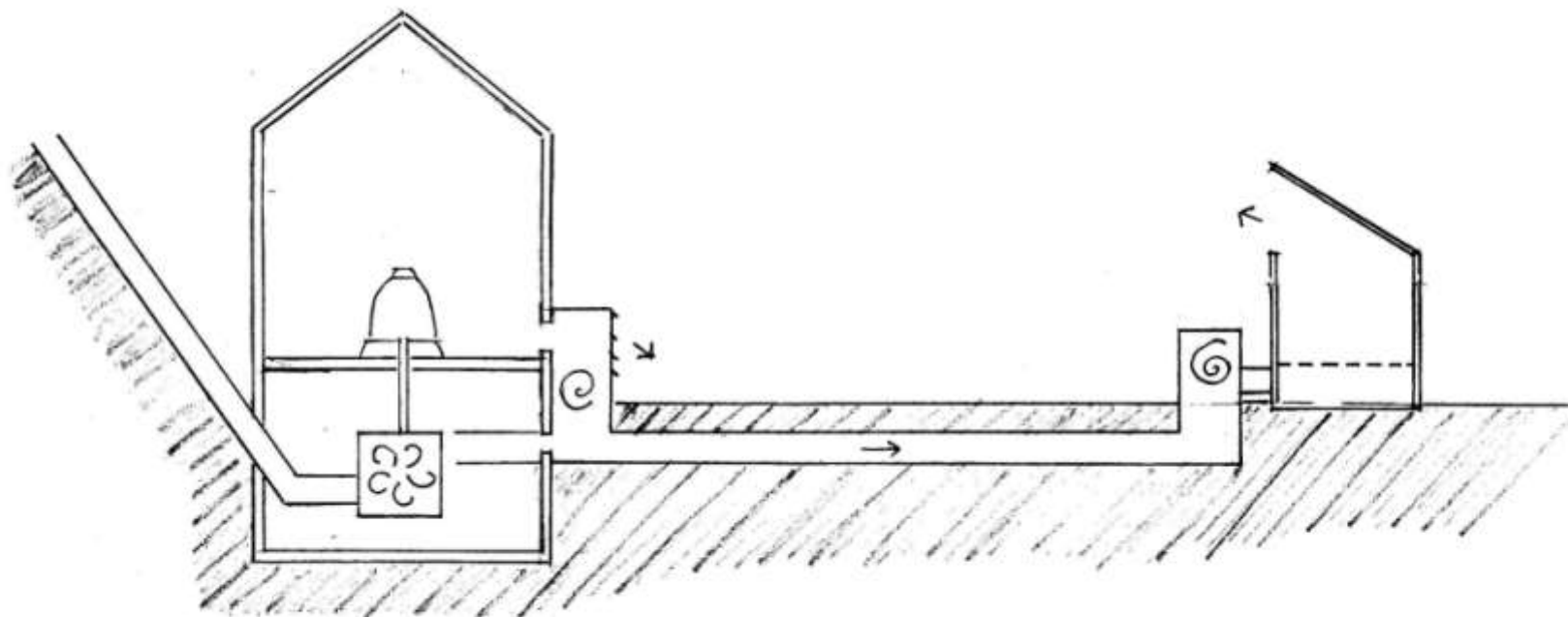


Metode

- Container tok om lag 28 m³ og traktorhengeren 11,5 m³.
- Bunnen i tørka hadde en perforert stålplate i med 3 mm hull.
- Effektiv tørkehøyde var henholdsvis 1,9 og 1,2 meter.
- Varm luft ble blåst inn i tørken med en elektrisk vifte på 4 kW.
- Flisa ble veid og fuktighet i flisa ble målt.



Prinsippskisse på utføring av varme fra **Istad kraftstasjon**



Varmen fra generatoren luftes normalt ut med en vifte så lenge kraftverket produserer strøm.



Istad kraftstasjon på Kleive, installert effekt 2200 kW.



Tørke container, Kleive

Vallestadfossen kraftstasjon i Viksdalen med installert effekt 1000 kW.



Tørke henger, Viksdalen



Foto: Anders M.E. Hohle, Skog og landskap.





Start tørking i traktorhenger **Vallestadfossen kraftstasjon** i Viksdalen





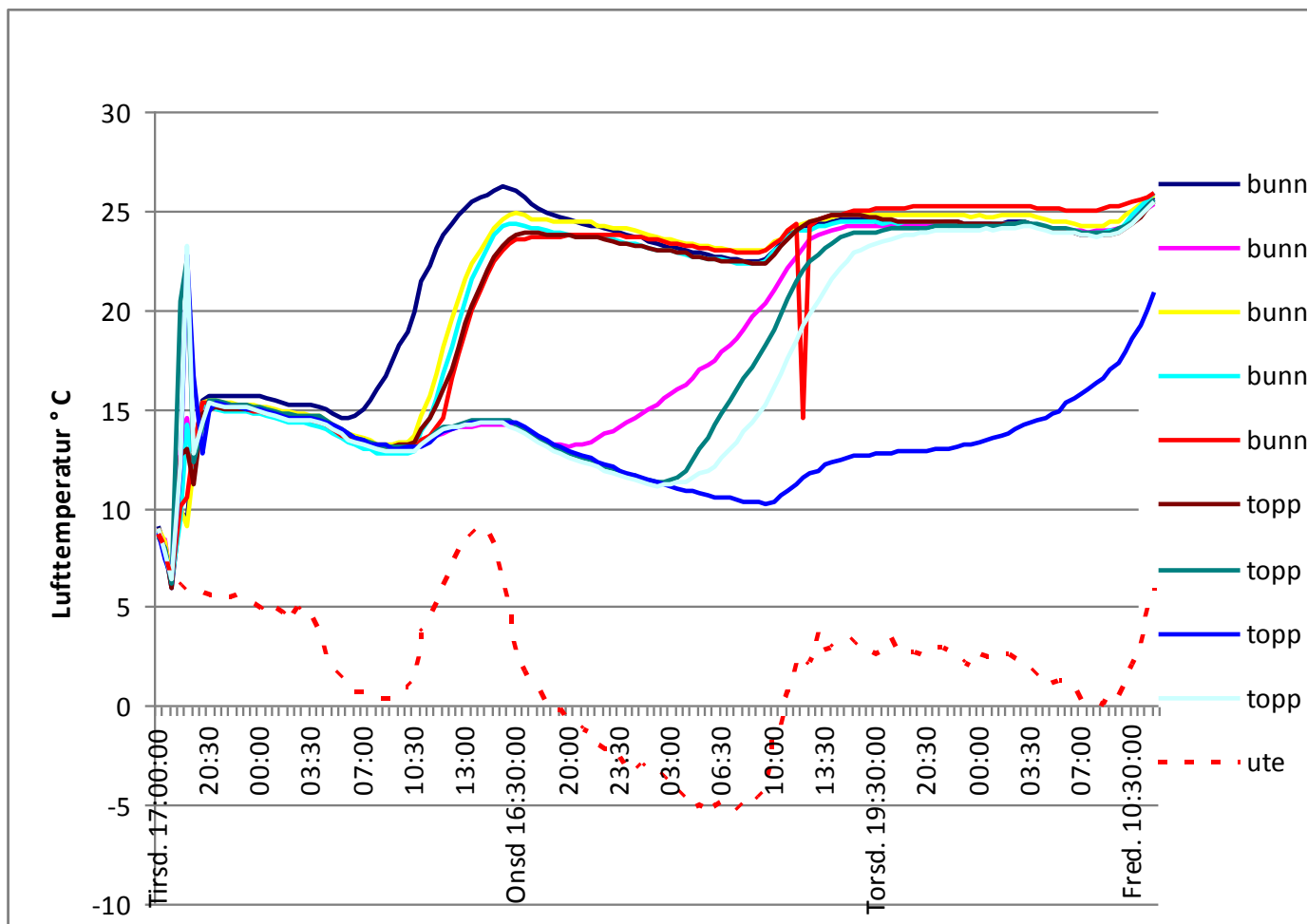
Avslutning tørking i traktorhenger **Vallestadfossen kraftstasjon** i Viksdalen

Temperatur og luftfuktighet

Forsøk	Temperatur		Relativ luftfuktighet	
	Innluft tørkekanal (°C)	Ute luft kraftstasjon (°C)	Innluft tørkekanal (%)	Ute luft kraftstasjon (%)
Container				
23.9–29.9.2009	26,0	11,0	26,3	87,6
27.10–30.10.2010	24,4	1,8	23,7	90,7
Traktor- henger				
13.10–19.10-2009	14,9	5,9	43,8	95,8
20.10–26.10.2009	18,5	8,4	29,9	64,3

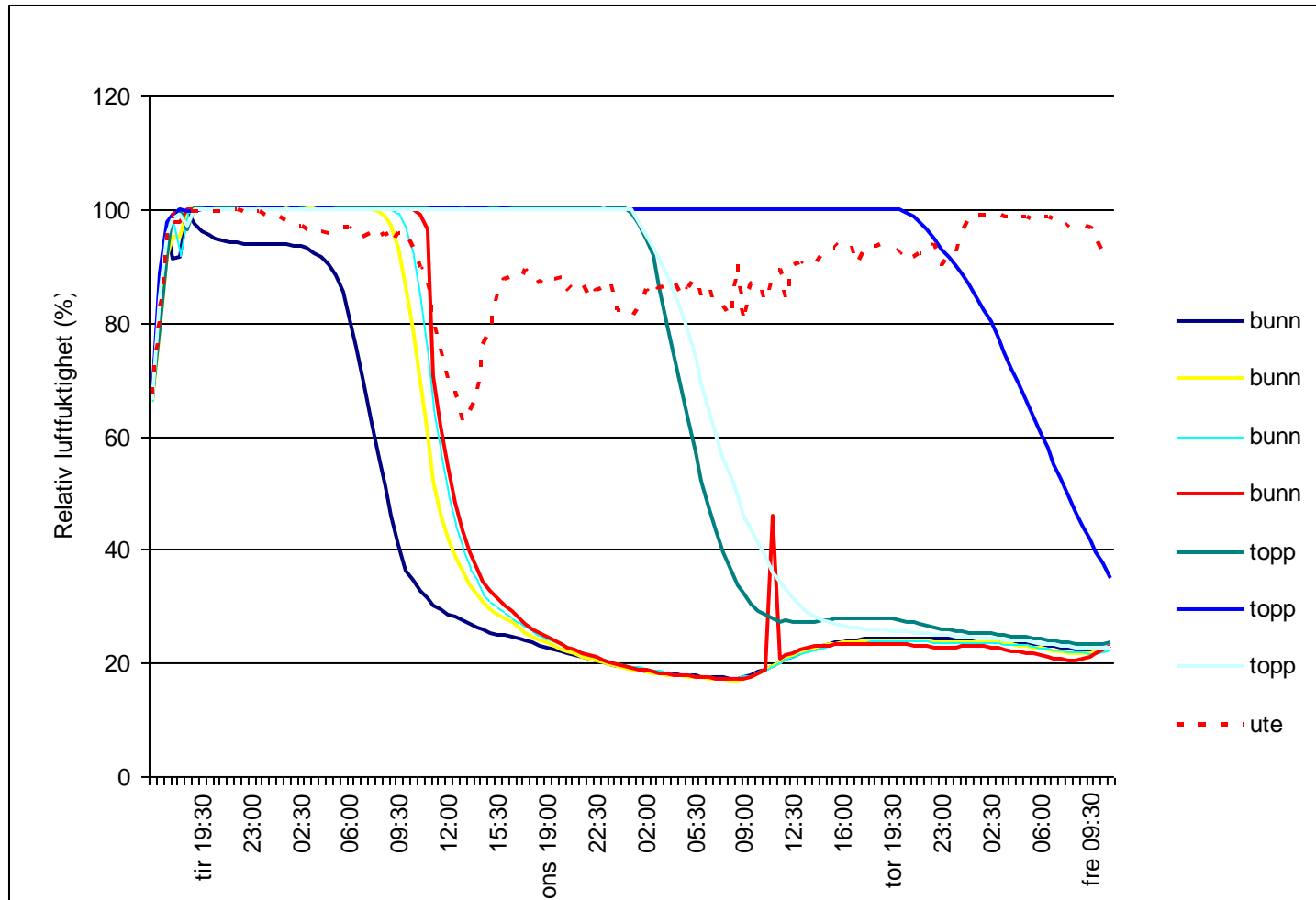
Middelverdier

Tørkeforløpet og temperatur i container



Mye energi går med til å fordampe vannet og temperaturen synker. Senere stiger temperaturen, først i bunnen av tørke. Ved avslutning er temperaturen på luften i tørka være lik temperaturen på lufta som blåses **inn** i tørken.

Tørkeforløpet og luftfuktigheten i container



Vannet forsvinner først i bunnen av tørke. Ved avslutning vil fuktigheten i luften **ut** av tørka være lik fuktigheten på lufta som blåses **inn** i tørken.

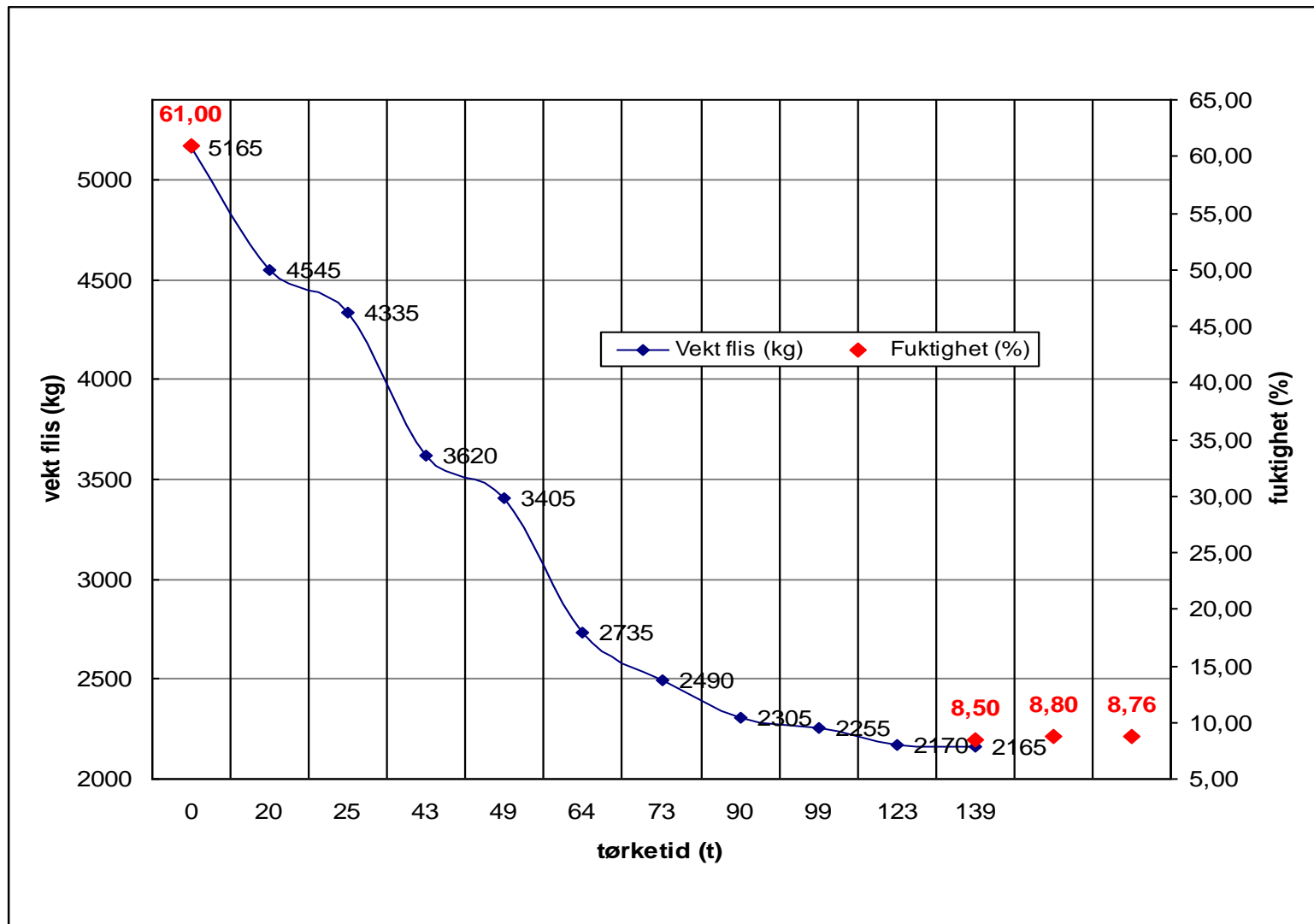


Vekt, fuktighet og energimengde

- Fuktinnholdet i flis er den viktigste kvalitets faktoren, siden det påvirker brennverdi, lagringsegenskaper og transportkostnader.
- Vekt og fuktighet bestemmer brennverdien eller energimengden i leveransen med flis.
- Flisa er tørr med en fuktighetsprosent på ≤ 20 og egner seg for lagring ved en fuktighetsprosent på ≤ 30 (CEN/TS 14961).



Trøkeforløpet i traktorhenger



Tap av vann er rask i starten. Når det frie vannet er fjernet bremses tørkingen. Det er bare bundet vann igjen i cellene i flisa.

Vekt, fuktighet og energimengde

	Vekt flis før og etter tørking (kg)	Fuktighet (%)	Energimengde (kWh)
Container	7485 → 4010	52,7 → -	15899 → -
	7045 → 4935	52,1 → 6,9	15214 → 24013
Traktorhenger	5300 → 2185	66,1 → 9,6	7102 → 10291
	5165 → 2165	61,0 → 8,7	8470 → 10305

Energimengden øker ved tørking.

Tørketid, energiforbruk, kostnader vifte.

Forsøk	Effekt vifte (kW)	Viftetimer ¹ (t)	Energiforbruk (kWh)	Strømpris ² (øre/kWh)	Kostnader (kr)
Container	4	121,5	486	40	194
	4	67,5	270	40	108
Traktor-henger	4	139	556	40	222
	4	139	556	40	222

¹Viftetimer er tørketid for flisa i container og traktorhenger.

² Nettleie og forbruksavgift er ikke medregnet i strømpris.

Produksjonskostnader* ved tørking av flis

	Keive (container)	Viksdalen (henger)	
Viftetid	67,5	139	timer
Strømforbruk	270	556	kWh
Strømpris	40	40	øre/kWh
Strømkostnader	108	222	kr
Tidsforbruk per henger	2	2	timer
Timepris traktor med fører	600	600	kr/t
Maskinkostnader	1200	1200	kr/t
Sum kostnader	1308	1422	kr
Fuktighet	6,9	9,6	%
Energimengde	24013	10291	kWh
Sum kostnader	5,45	13,81	øre/kWh
Volum	27,65	11,52	lm ³

* Investeringer i tørkeanleggene er ikke inkludert.

Produksjonskostnader ved ulike forsyningskjeder, container

Tørkemetode	Kraftstasjon	Terminal	Terminal	Velteplass
Fuktighet (%)	6,9	51,2	30	30
Brennverdi (kWh)	24013	15287	19775	19775
	(øre/kWh)	(øre/kWh)	(øre/kWh)	(øre/kWh)
Transport av virke fra velteplass til terminal	4,61	7,23	5,59	0,00
Flishogging av hele trær på velteplass	0,00	0,00	0,00	6,29
Flishogging av hele trær på terminal	3,45	5,43	4,19	0,00
Tørking inkl. transport t/r terminal	5,45	0,00	0,00	0,00
Flistransport til brenselanlegg	3,45	5,43	4,19	4,19
Dekking med papp	0,00	0,00	0,70	0,70
Opprydding av velteplass	1,15	1,81	1,40	1,40
Adm. Kostnader	1,15	1,81	1,40	1,40
Rentekostnader 5 %	0,00	0,00	0,00	0,00
Sum kostnader	19,27	21,70	17,48	13,98

Kostnadskalkyle for ulike forsyningskjeder til et biobrenselanlegg. Fuktighetsinnholdet er en av de viktigste faktorene i produksjon av flis. MC påvirker produksjonskostnader og brennverdi.

Konklusjoner

- Varmen i kraftverket er kostnads fri.
- Det var nok varme i kraftverkene for tørking av flis.
- Tørking øker brennverdien og reduserer dermed alle kostnadene.
- Men all ekstra transport og handteringskostnader fordyrer tørkingen.
- Derfor må volumet med flis til tørking bør være så stort som mulig.
- Tørking med varme ga en fuktighet på under 10 % på begge forsøkssteder.
- En kan garantere lagringstørr flis.
- Tørr flis kan eventuelt blandes med våtere flis for å utligne fuktigheten.





Tørket flis fra kraftverket til terminal på Kleive