

**RI
SE**

MÄTNING AV SJÄLVUPP- VÄRMNING

PELS – Pelletsutveckling för att möta kommande produkt-, säkerhets- och emissionskrav

Ida Larsson

19 september 2018

Research Institutes of Sweden

TRANSPORT AND SAFETY
Fire Research

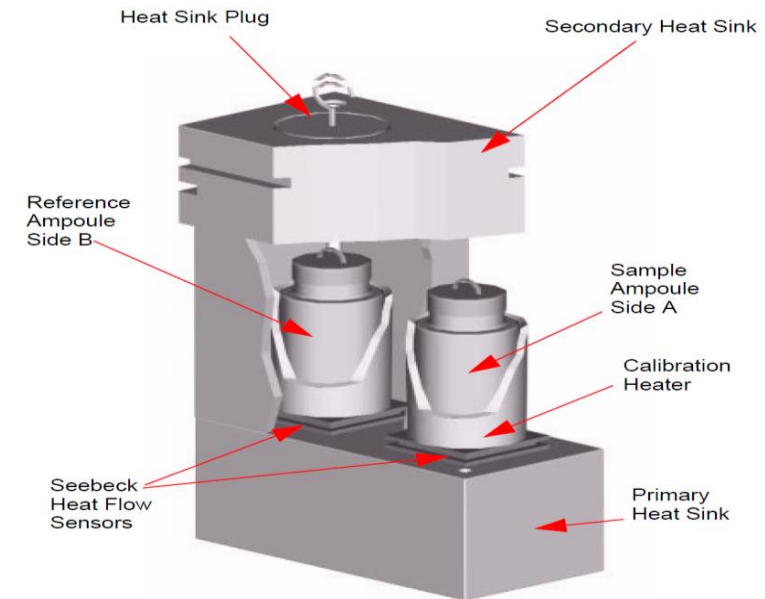
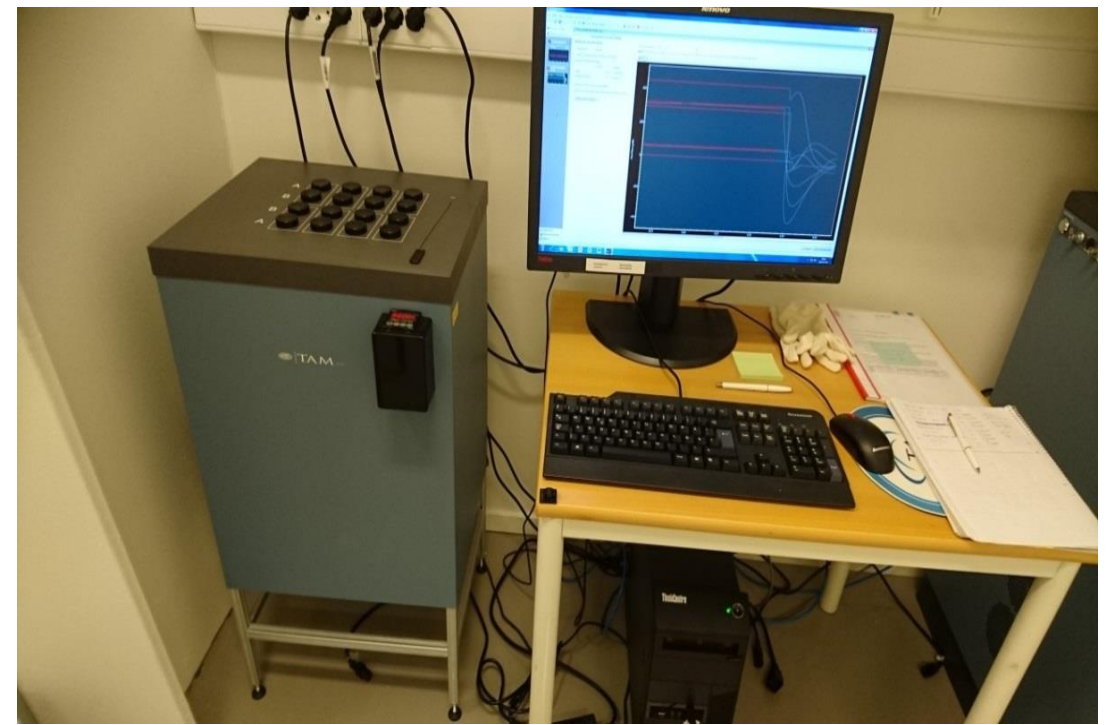


Innehåll:

- Kort beskrivning av de mätningar som gjorts under försöken
 - Isoterm kalorimetri (mikrokalorimetri)
 - Temperaturmätningar
- Självuppvärmningsförsök hos SCANDBIO AB i Malmbäck
- Självuppvärmningsförsök hos Stora Enso i Ljusne
- Självuppvärmningsförsök hos Rindi i Älvdalen

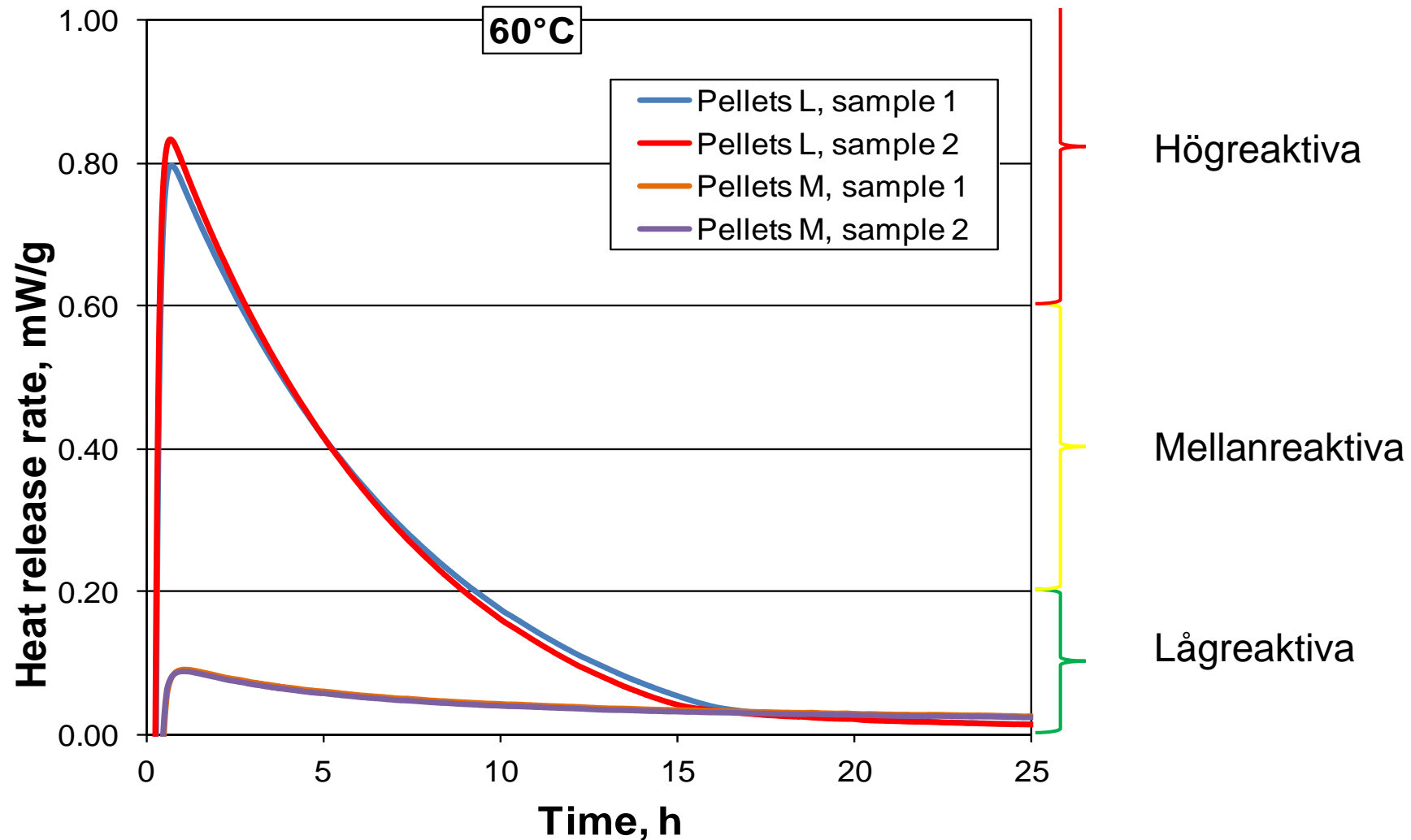
Isoterm kalorimetri

- Kan detektera/mäta värmeproduktion (eller konsumtion) med stor noggrannhet (μW - mW)
- Små volymer provas (4 g)
- Självpuppvärmning kan provas vid “normala” temperaturer ($60\text{ }^\circ\text{C}$)
- Metoden har utvecklats för forskning och kvalitetssäkring vid härdning av betong och cement, men används även inom biologi, medicin, explosiva ämnen och livsmedelsindustrin



Cutaway View

Isoterm kalorimetri – Typiska resultat



Isoterm kalorimetri – Exempel på rangordning

Batch no.	Composition	Comment	HRR _{max} (mW/g)
10.2	67 % spruce / 33 % fresh pine + some additional matured pine	Produced for 1 m ³ scale tests	1.37
9	40 % Pine / 60 % Spruce	-	0.91
6	80 % Spruce / 20 % Pine	-	0.77
12	50 % Pine / 50 % Spruce	-	0.69
5.2	100 % Pine	Produced for 1 m ³ scale tests	0.69
27	95 % Pine	5 % spruce bark as anti-ox.	0.38
25	100 % Pine	with anti-ox. PG	0.37
10	60 % Pine / 40 % Spruce	-	0.36
18	20 % Pine / 80 % Spruce	-	0.32
5	100 % Pine	-	0.29
14	100 % Pine	Lipid-free sawdust	0.26
23	100 % Pine	Ref. for anti-ox. pellets	0.23
20	100 % Pine	Torrefied	0.18
16	100 % Pine		0.16
29	Final flat storage trial in Denmark	Sampling right after production	0.16
28	Final flat storage trial in Denmark	1 week old at sampling	0.16
13	50 %Vine pruning / 50 % vine pomace		0.16
19	100 % Pine	Torrefied	0.15
15	100 % Pine		0.14
7	100 % Straw	Straight from the production	0.14
8	100 % Spruce		0.14
1	100 % Pine		0.11
26	75 % Spruce / 25 % fir + larch	From flat storage experiment	0.11
24	100 % Pine	With anti-ox. TBHQ	0.09
17	100 % Straw	From flat storage experiment	0.09
2	100 % Spruce	-	0.09
21	60 % Pine / 40 % Spruce	Sampled from fire	0.06
11	100 % Eucalyptus	Stored 1 year	0.05
22	100 % Eucalyptus	Fresh	0.05

Temperaturmätning inuti pelletshögar (10 ton)



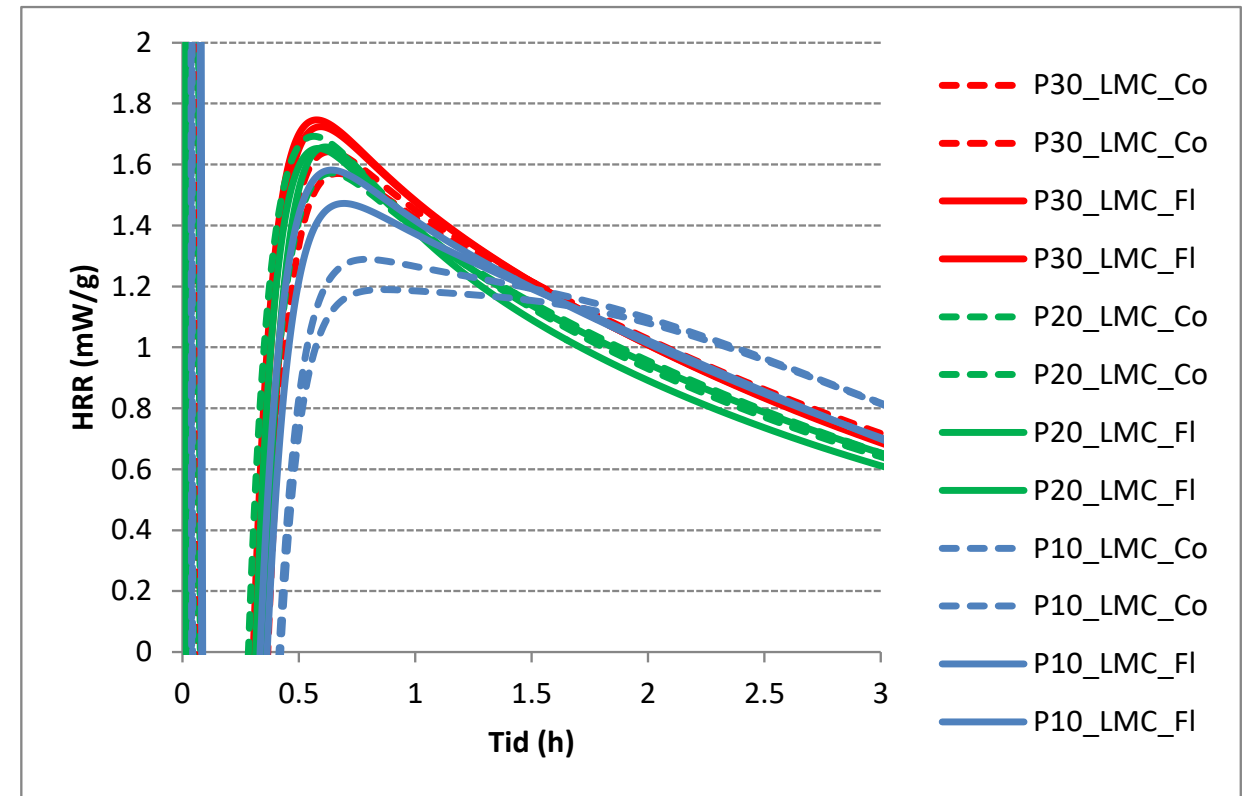
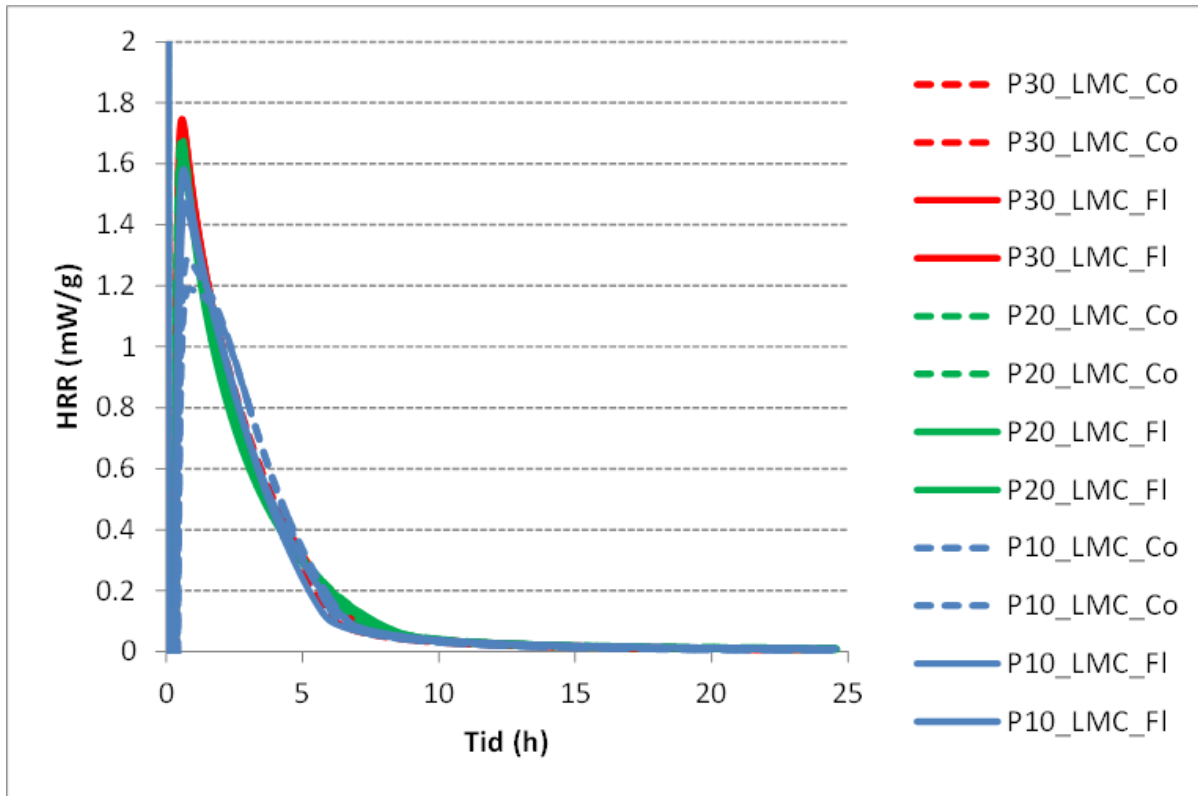
Självpuppvärmningsförsök hos SCANDBIO AB i Malmbäck

- Försöken pågick 8-23 maj 2017.
- 18 högar om cirka 10 ton pellets/hög bereddes.
- Parametrar som varierades var:
 - Konformad eller platt hög
 - Andelen tallinblandning, 10-30 %
 - Fukthalten mellan 4 % och 8 %.



Resultat - Jämförelse med avseende på olika råmaterial (andel tall) för pellets med låg fukthalt (LMC)

Blå = 10 % tall
Grön = 20 % tall
Röd = 30 % tall

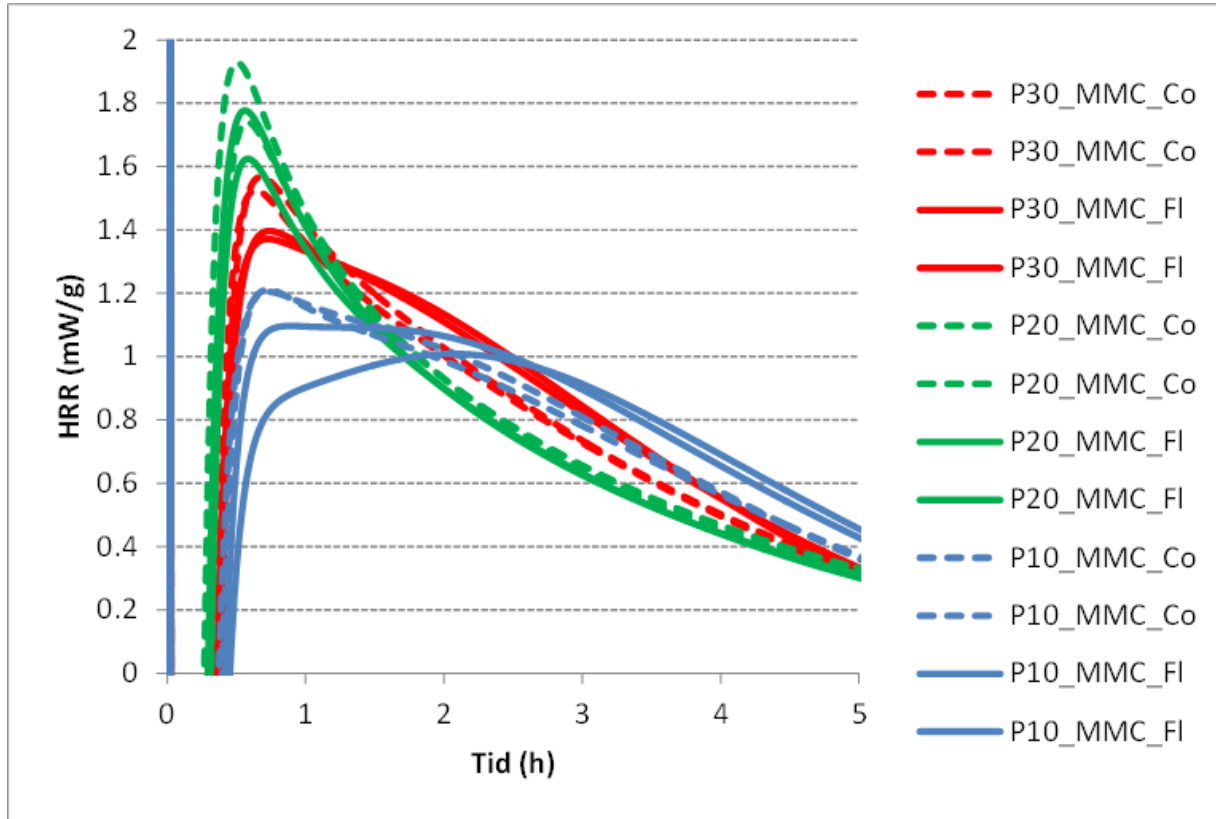


Förstoring av provets 3 första timmar

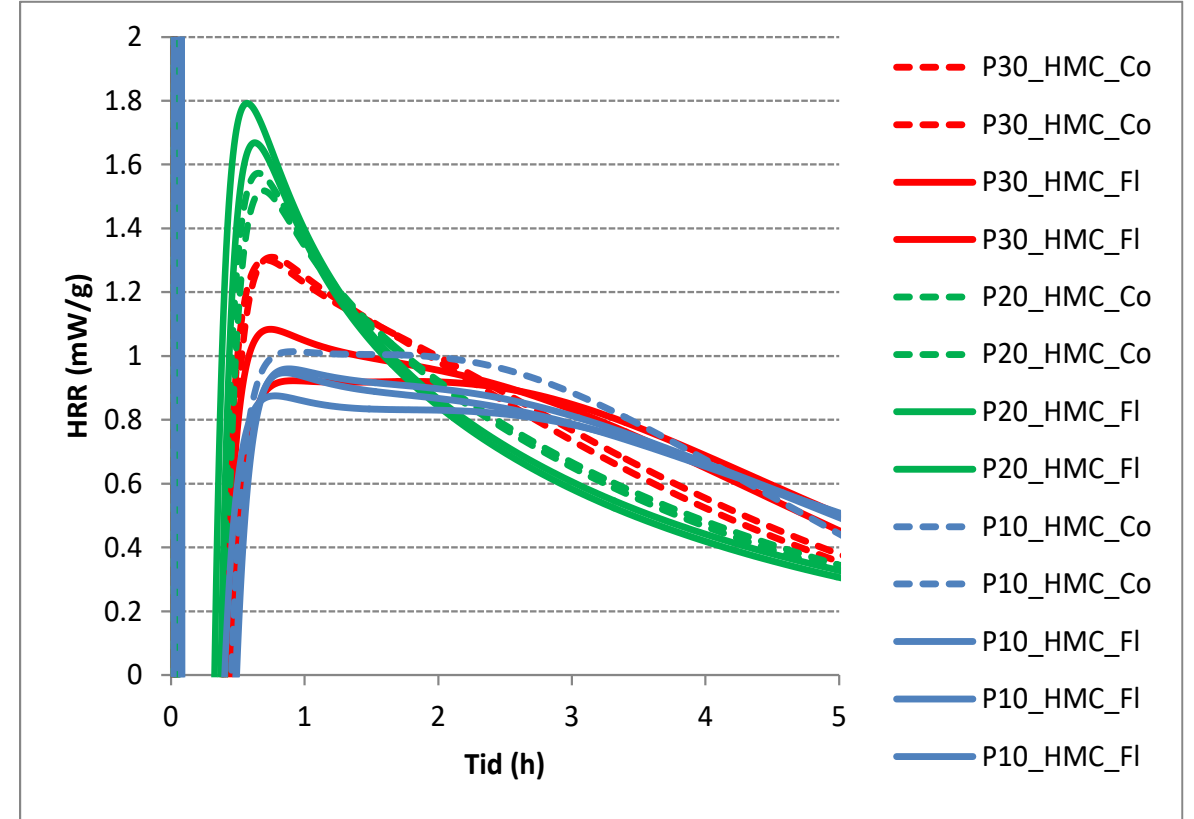
Reaktiviteten tycks öka med ökad tallinblandning. Men... →

Resultat - Jämförelse med avseende på olika råmaterial (andel tall) för pellets med medan och hög fukthalt

Blå = 10 % tall
Grön = 20 % tall
Röd = 30 % tall



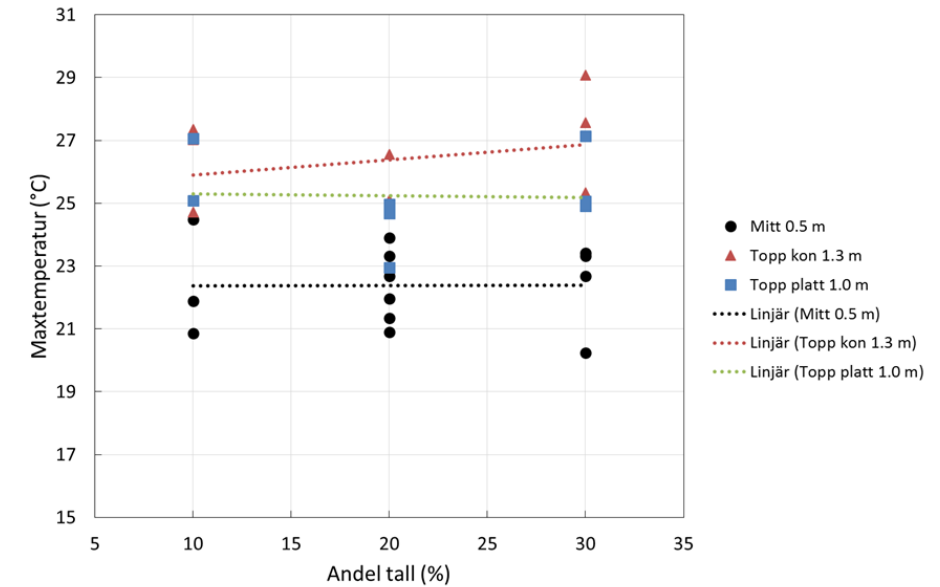
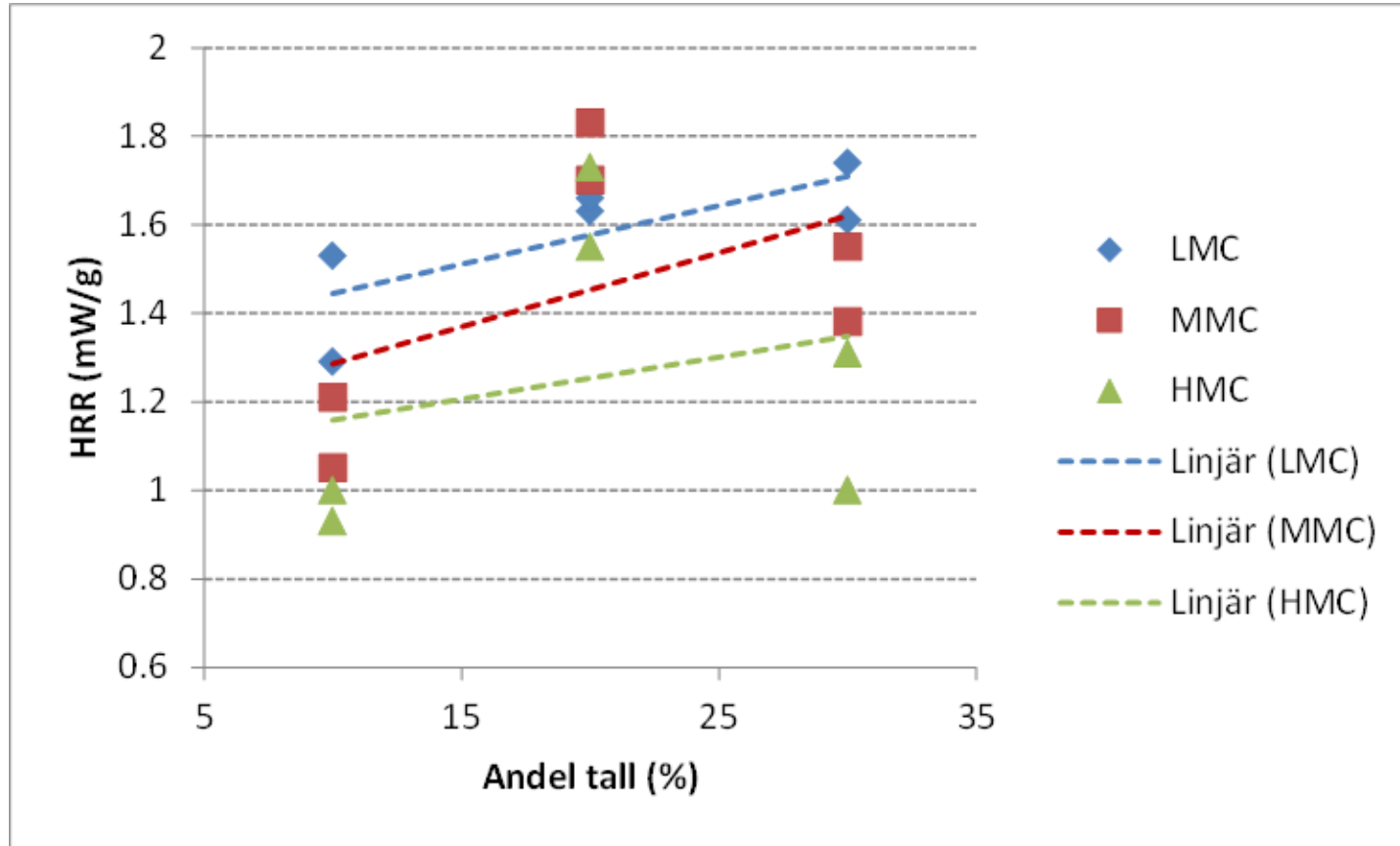
Medium fukthalt



Hög fukthalt

Pellets med 20 % tall är mer reaktiva än pellets med 10 % eller 30 % tall...

Värmeeffekt plottat mot högarnas tallandel, 10 %, 20 % och 30 %.



Inte några tydliga samband mellan olika andel tall i högarna och temperaturhöjning.

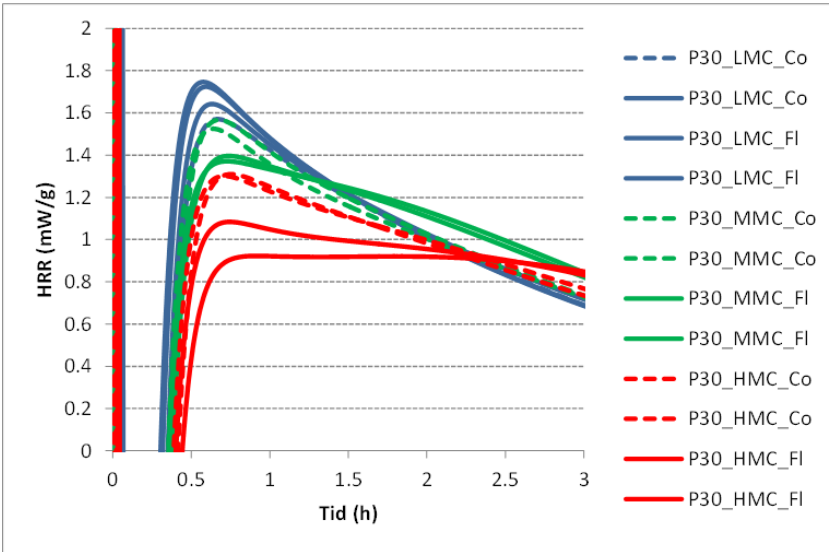
Svagt linjärt samband mellan 10 % respektive 30 % tallinblandning, d.v.s. reaktiviteten ökar med ökad tallinblandning. Det är dock tydligt att pellets med 20 % tallinblandning sticker ut och inte följer detta samband.

Jämförelse med avseende på fukthalt

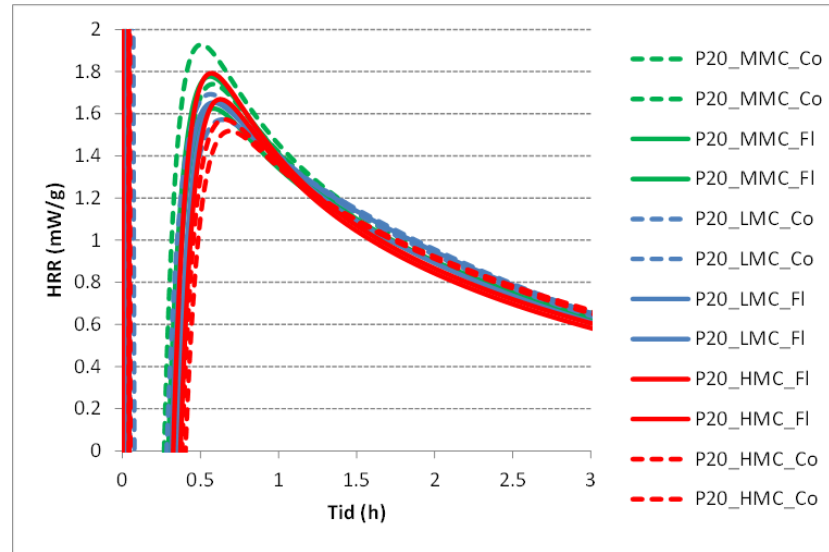
Blå = låg fukthalt

Grön = medium fukthalt

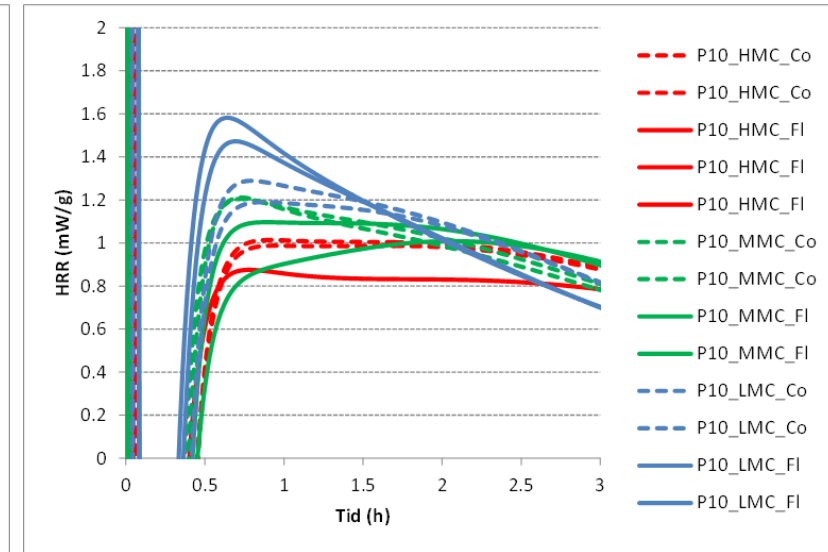
Röd = hög fukthalt



30 % tall



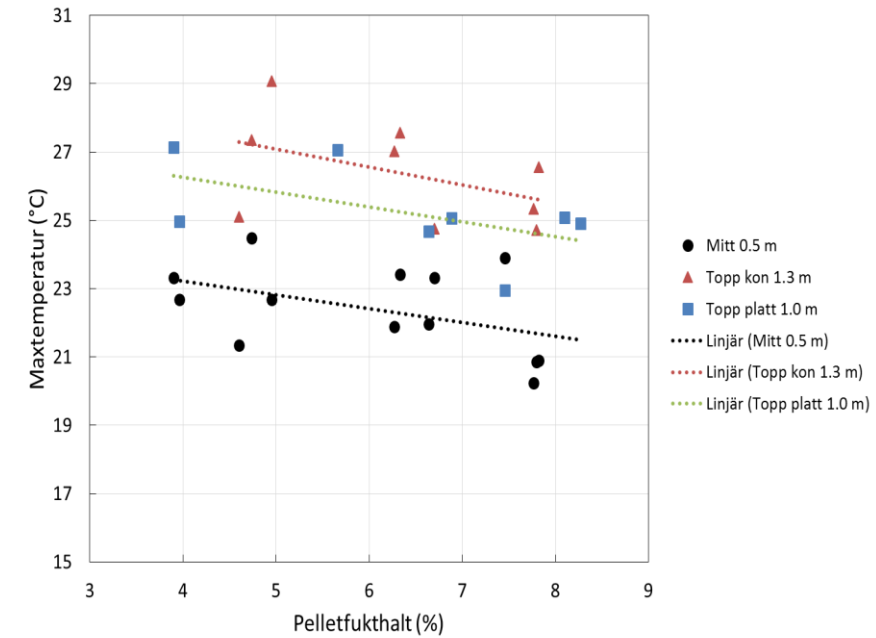
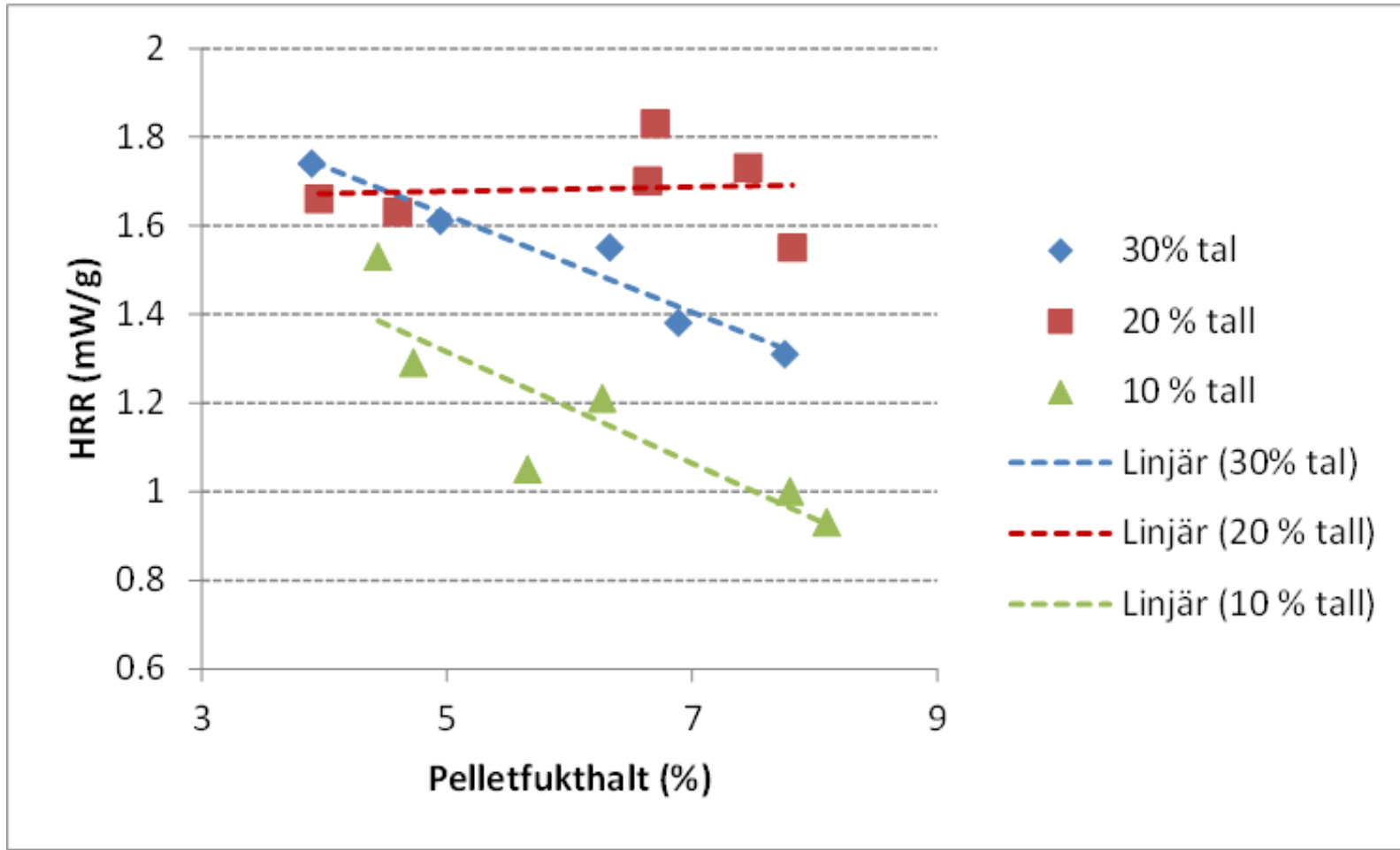
20 % tall



10 % tall

Reaktiviteten tycks öka med minskad fukthalt, utom för pellets med 20 % tallinblandning. Ses ännu tydligare här på nästa sida... →

Uppmätt fukthalt vs. uppmätt värmeeffekt



Temperaturen i högarna ökar med minskad fukthalt.

Resultat - SCANDBIO AB i Malmbäck - Sammanfattning

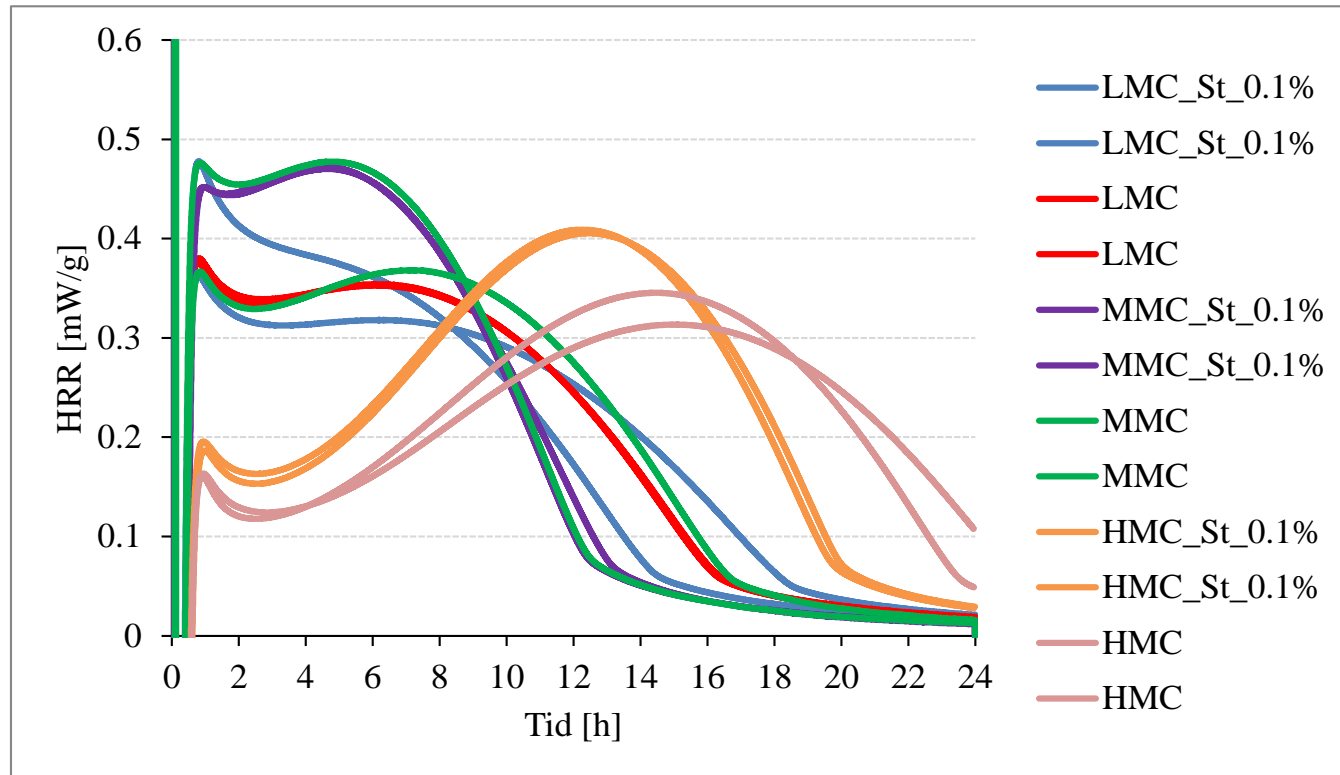
- Hög reaktivitet/värmeutveckling på samtliga pellets.
- Reaktiviteten tycks öka med ökad tallinblandning, stämmer i alla fall om man jämför 10 % med 30 % tallinblandning . Det är dock tydligt att pellets med 20 % tallinblandning sticker ut och inte följer detta samband. Pellets med 20 % tall är mer reaktiva än pellets med 10 % eller 30 % tall...
- Reaktiviteten tycks öka med minskad fukthalt, utom för pellets med 20 % tallinblandning.
- Temperaturen i högarna ökar med minskad fukthalt.

Självuppvärmningsförsök hos Stora Enso i Ljusne

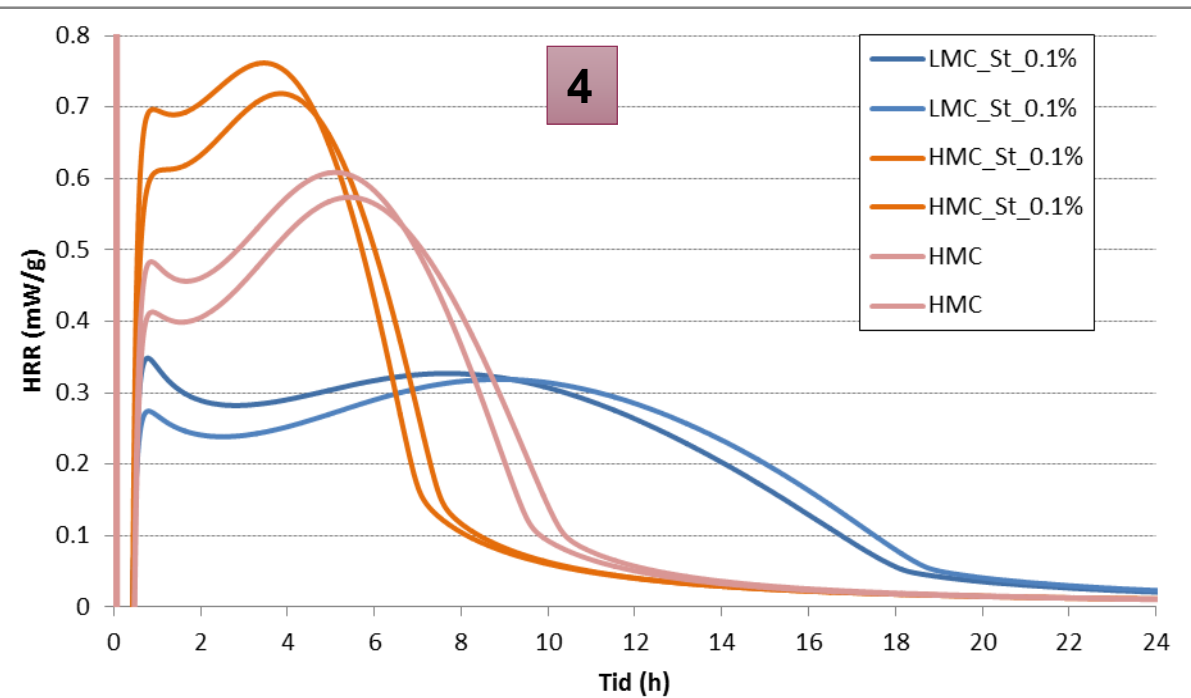
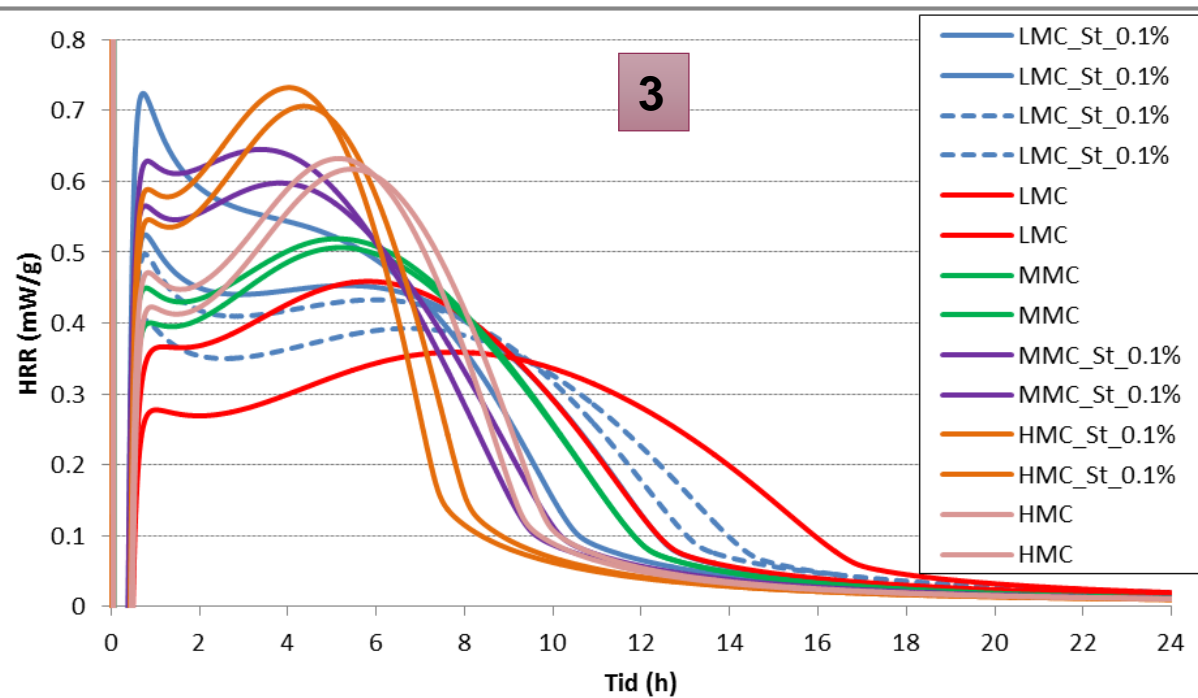
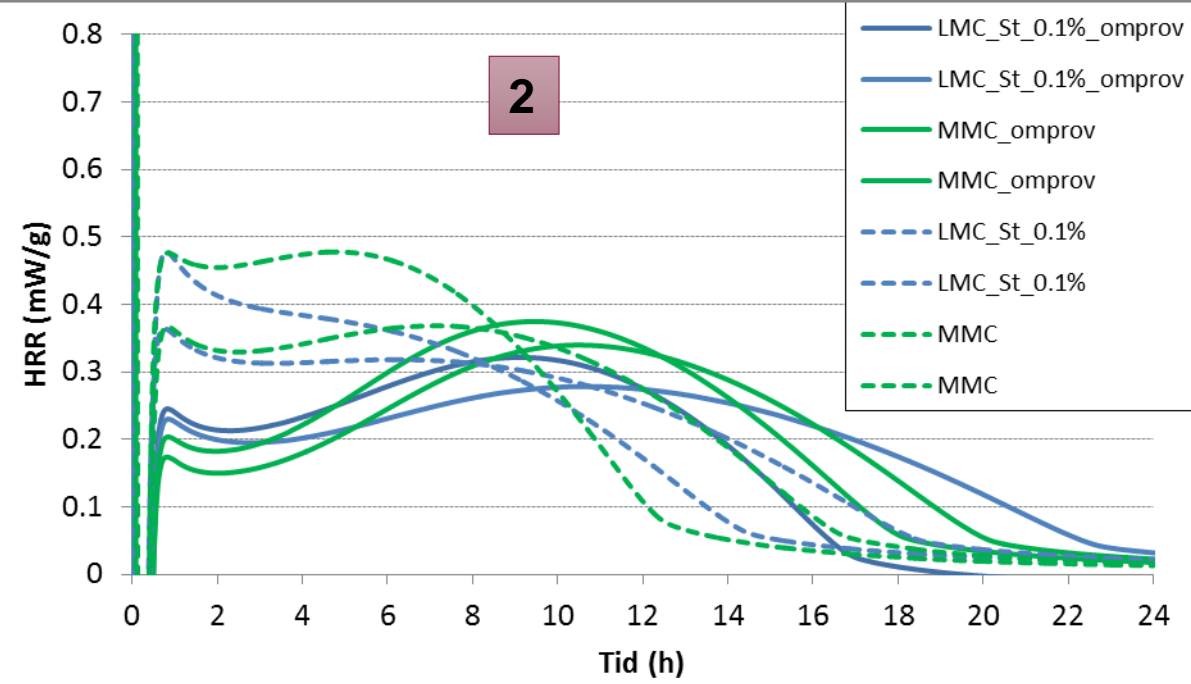
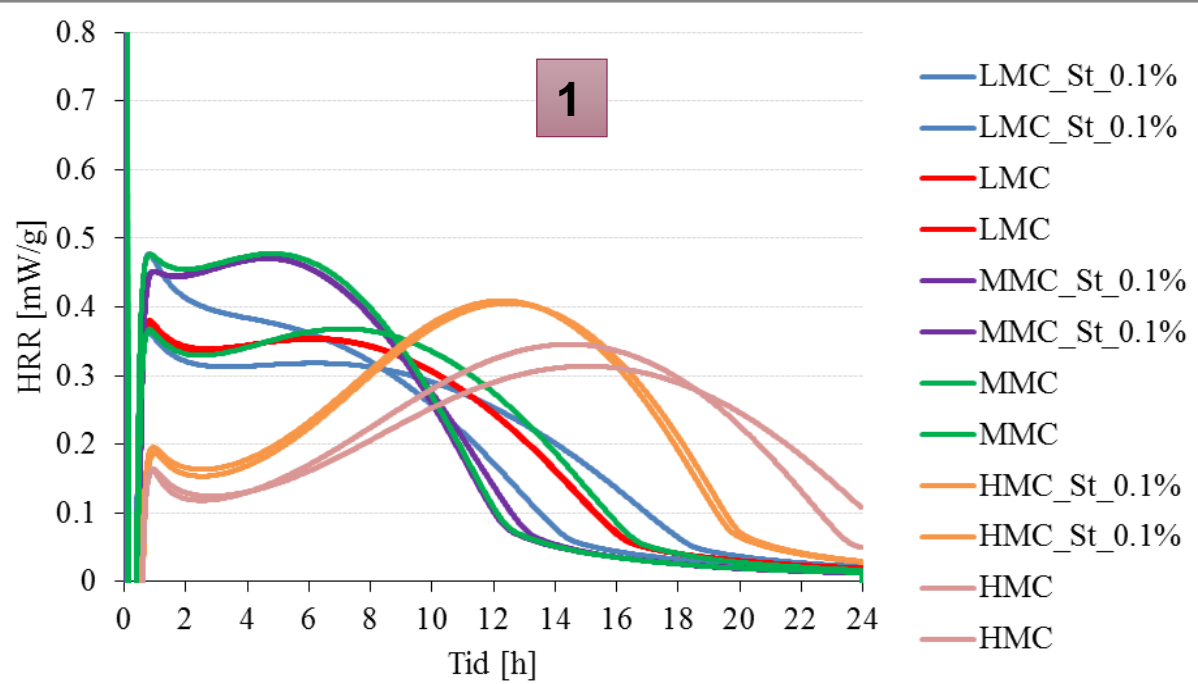
- Försöken pågick 14 september till 12 oktober 2017.
- 6 högar om cirka 10 ton pellets/hög bereddes.
- Parametrar som varierades var:
 - Med eller utan stärkelse tillsats
 - Fukthalten mellan 4 % och 8 %.



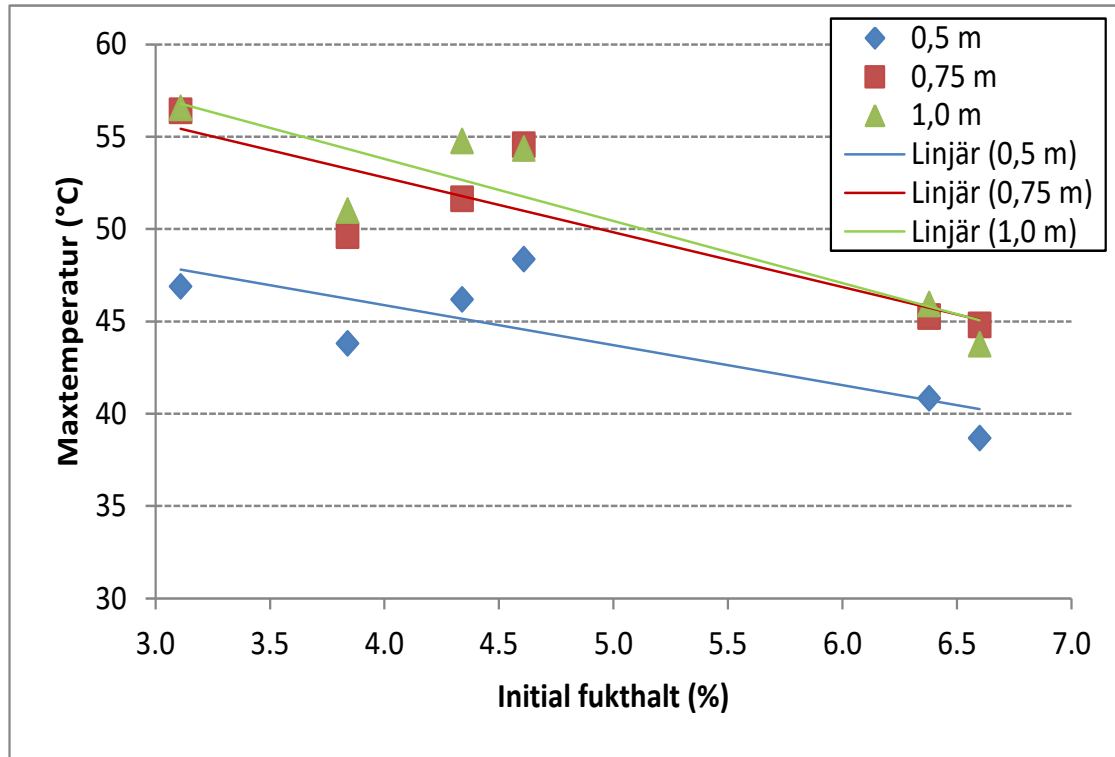
Resultat - Stora Enso i Ljusne



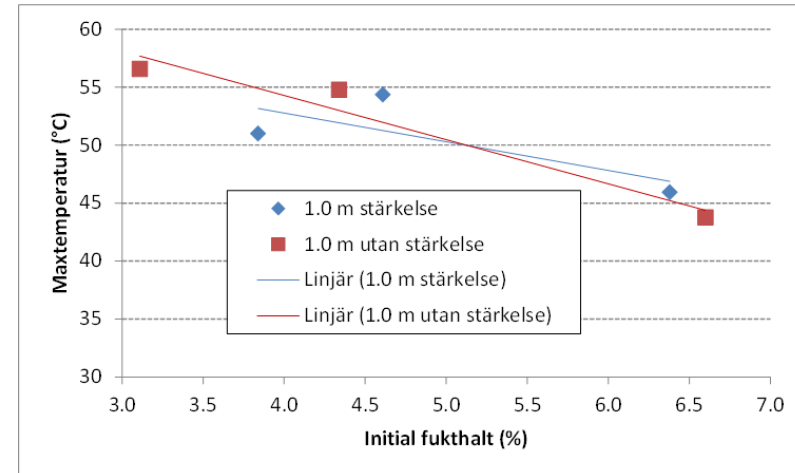
Hög nr	Beteckning	Färg på graf	Fukthalt	Innehåller stärkelse
1	LMC_St_0.1%	Blå	Låg	Ja
2	LMC	Röd	Låg	Nej
3	MMC	Grön	Medium	Nej
4	MMC_St_0.1%	Lila	Medium	Ja
5	HMC_St_0.1%	Orange	Hög	Ja
6	HMC	Ljusrosa	Hög	Nej



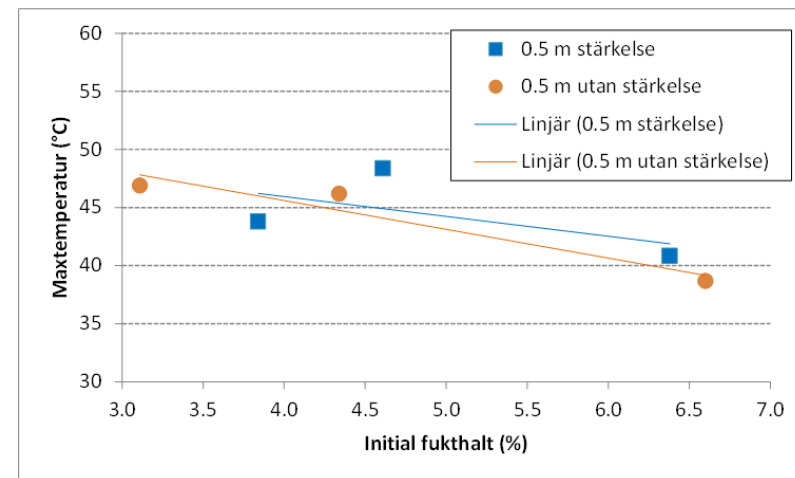
Resultat - Stora Enso i Ljusne - Temperaturmätningar



Temperaturen i högarna sjunker med ökad fukthalt



1,0 m



0,5 m

Inblandning av stärkelse ger ingen påverkan på självuppvärmningen

Resultat - Stora Enso i Ljusne - Sammanfattning

- Kurvorna för den uppmätta värmeeffekten ($HRR = \text{Heat Release Rate}$) ser inte ut som ”vanligt”; det har två ”pucklar/toppar”.
- Stor spridning på resultatet.
- HRR_{\max} varierar stort. Varierar om HRR_{\max} inträffar i den första eller andra ”puckeln”.
- HRR_{\max} är som mest uppåt 0.75 mW/g, men de flesta högarna har betydligt lägre värden. HRR avtar dock inte snabbt utan ligger kvar på en relativt hög nivå under längre tid än normalt. Den totala energiproduktionen ($THR = \text{Total Heat Release}$) blir därför hög. Syret tar slut i ampullerna från 8 h och framåt.
- Temperaturen i högarna sjunker med ökad fukthalt

Självuppvärmningsförsök hos Rindi i Älvdalen

- Försöken pågick 2 maj till 4 juni 2018.
- 12 högar om cirka 10 ton pellets/hög bereddes.
- Parametrar som varierades var:
 - Fukthalten
 - Torkningsprocessen för spånen till pelletsen

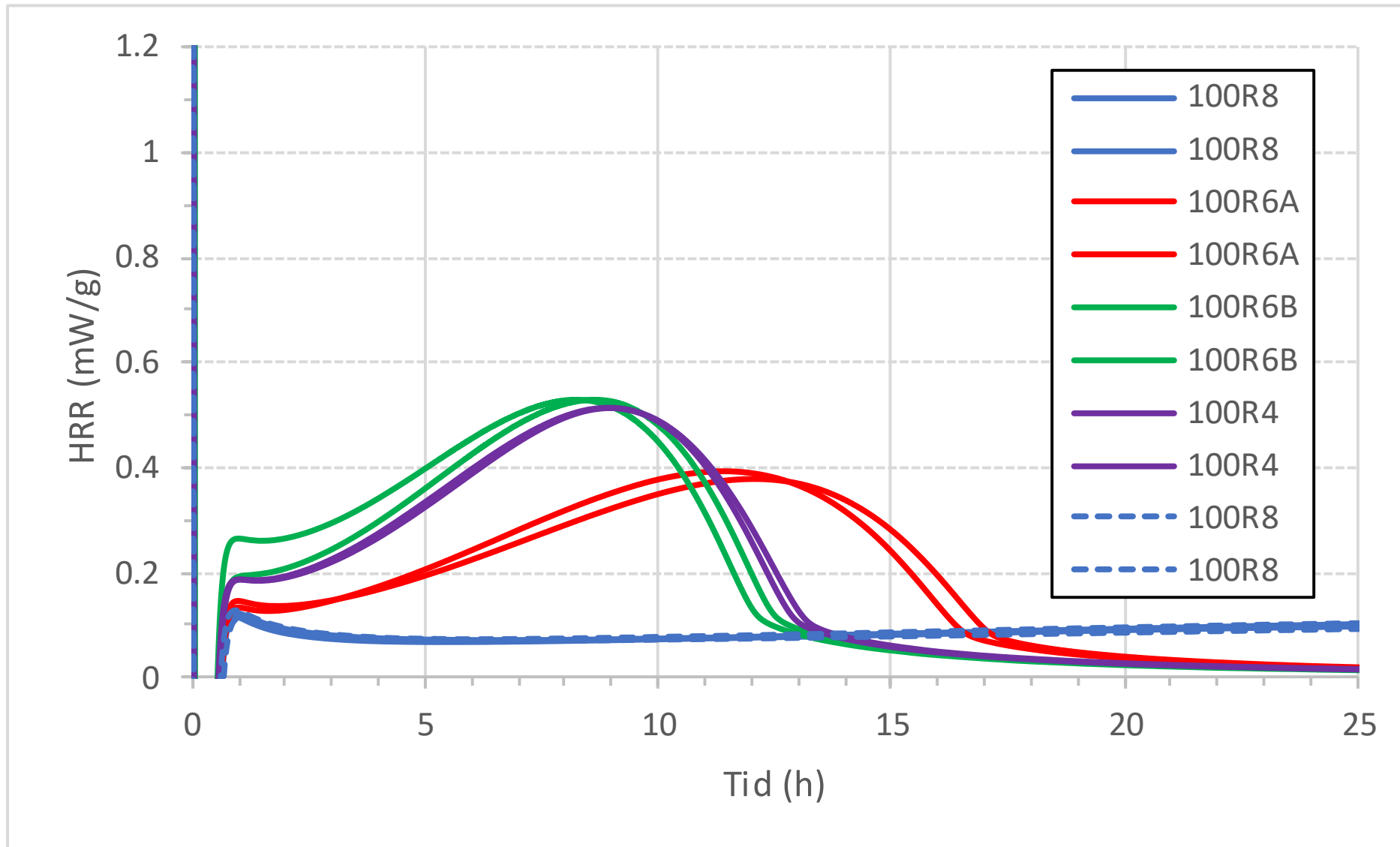


Totalt 12 högar producerade med olika fukthalt och olika torkningsteknik



Hög Nr	Namn	Material, färskt tallspån	Fukthalt pellets	Uppmätt fukthalt (%)
1	100R8	100 % obehandlat	Hög (8 %)	8.8
2	100R6A	100 % obehandlat	Mellan (6 %)	5.6
3	100R6B	100 % obehandlat	Mellan (6 %)	5
4	100R4	100 % obehandlat	Låg (4 %)	4.4
5	50R50D4	50 % Drinorbehandlat/ 50 % obehandlat	Låg (4 %)	4.9
6	50R50D6A	50 % Drinorbehandlat/ 50 % obehandlat	Mellan (6 %)	3.3
7	50R50D6B	50 % Drinorbehandlat/ 50 % obehandlat	Mellan (6 %)	6.9
8	50R50D8	50 % Drinorbehandlat/ 50 % obehandlat	Hög (8 %)	9.8
9	100D8	100 % Drinorbehandlat	Hög (8 %)	6.6
10	100D6A	100 % Drinorbehandlat	Mellan (6 %)	7.9
11	100D6B	100 % Drinorbehandlat	Mellan (6 %)	6.8
12	100D4	100 % Drinorbehandlat	Låg (4 %)	5.9

Pellets av 100 % Rindispån (torkat på "vanligt" sätt)



RH = 8,8 %

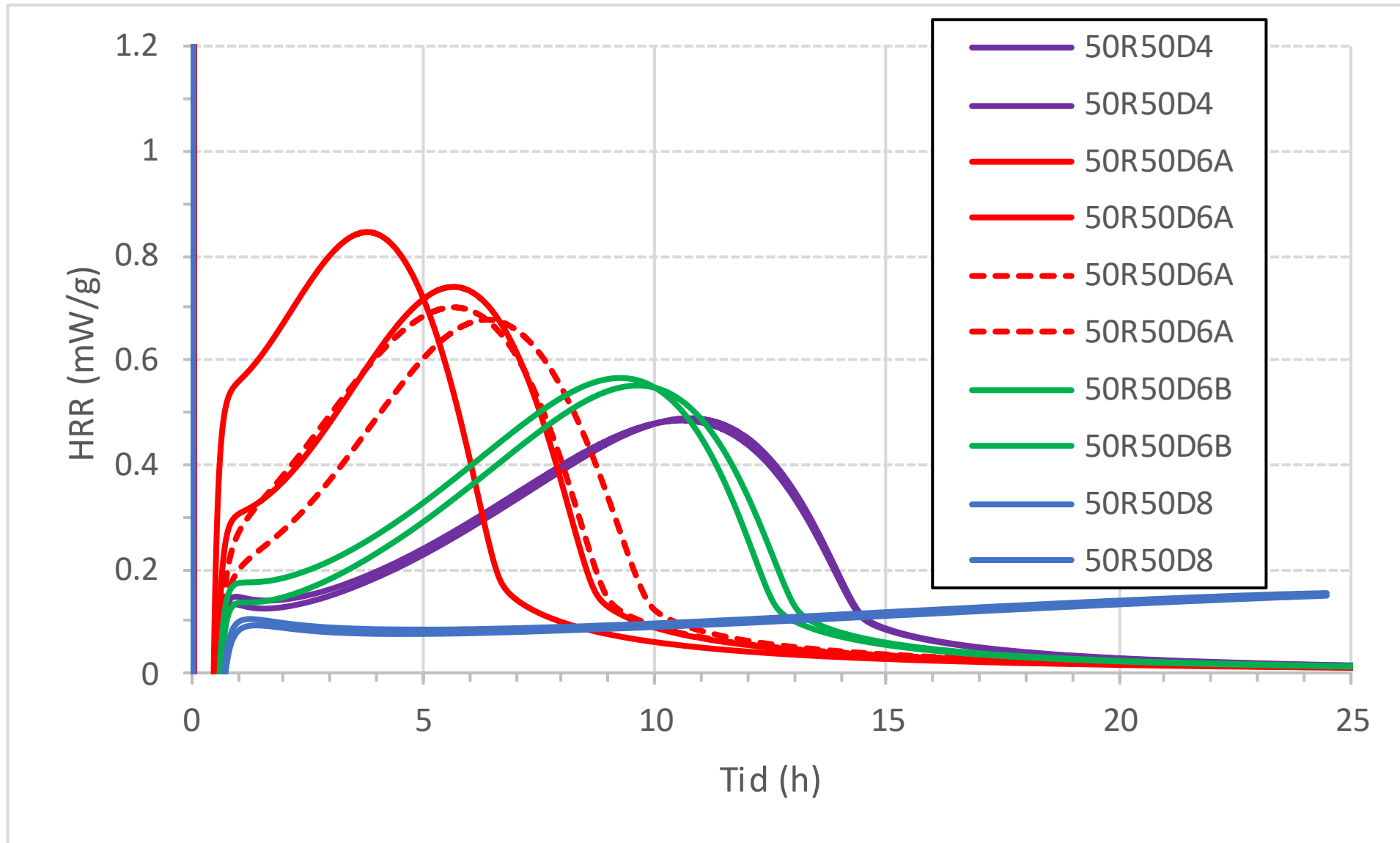
RH = 5,6 %

RH = 5,0 %

RH = 4,4 %

RH = 8,8 %

Pellets av 50 % Rindispån / 50 % Drinorspån



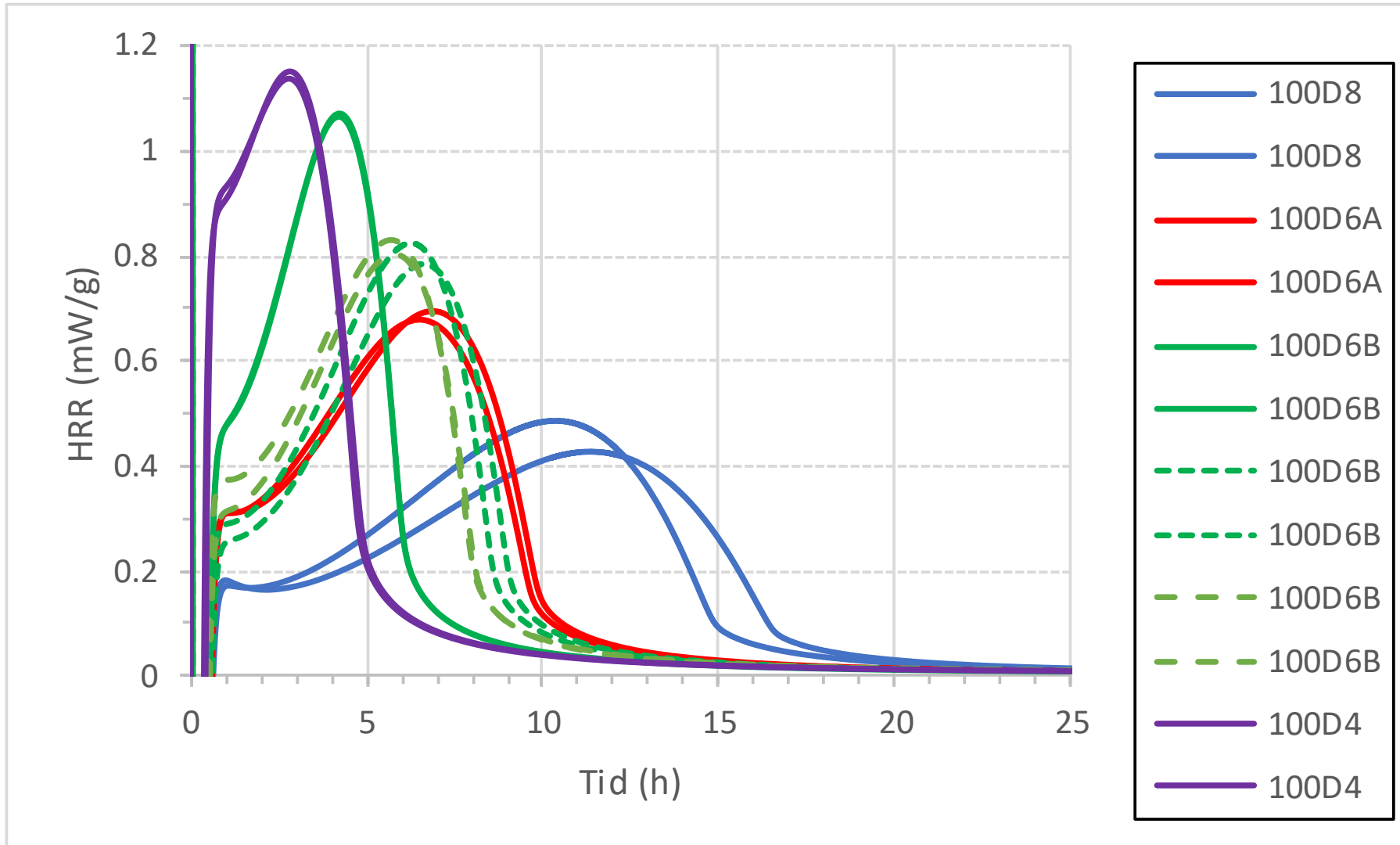
RH = 4,9 %

RH = 3,3 %

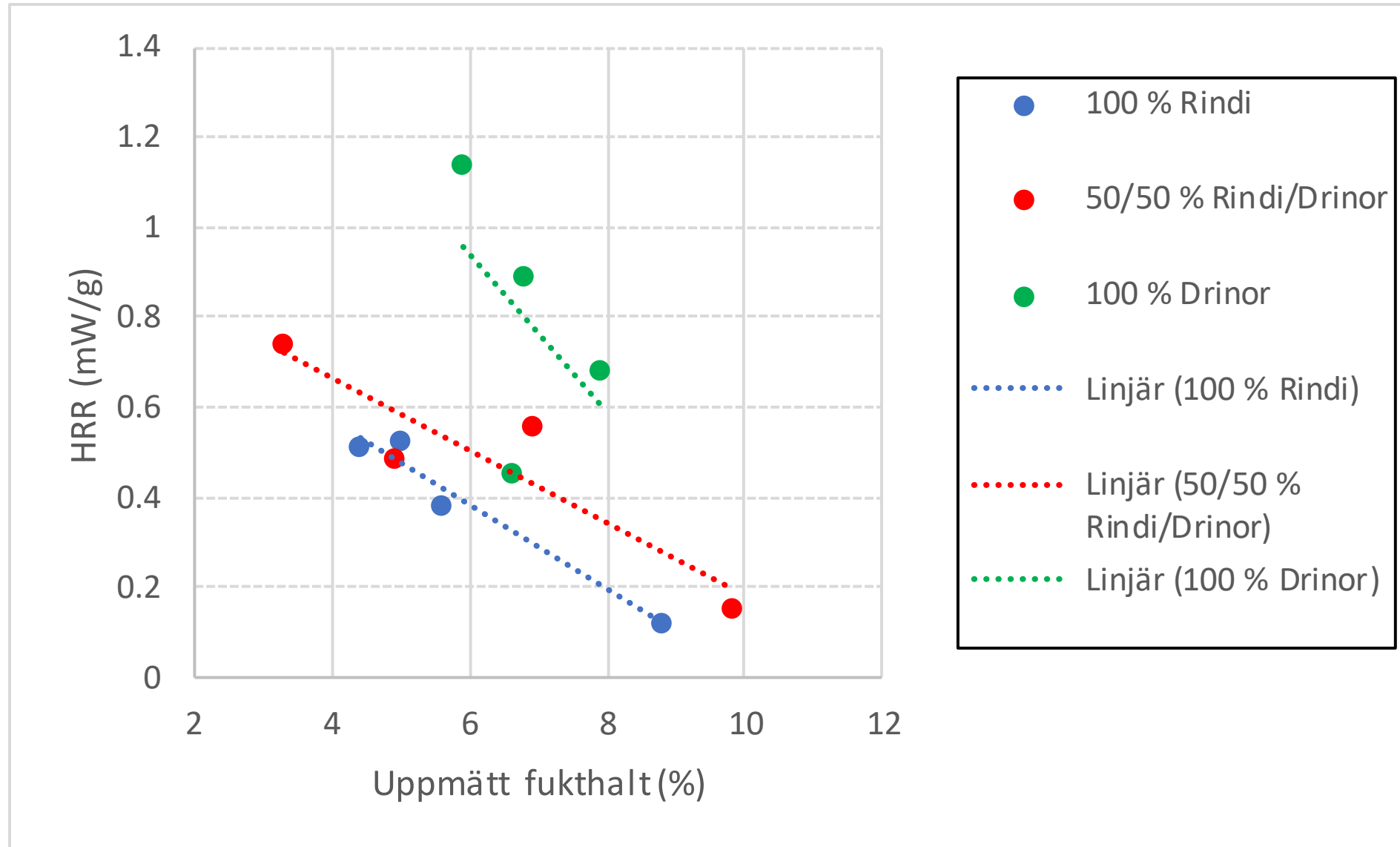
RH = 6,9%

RH = 9,8 %

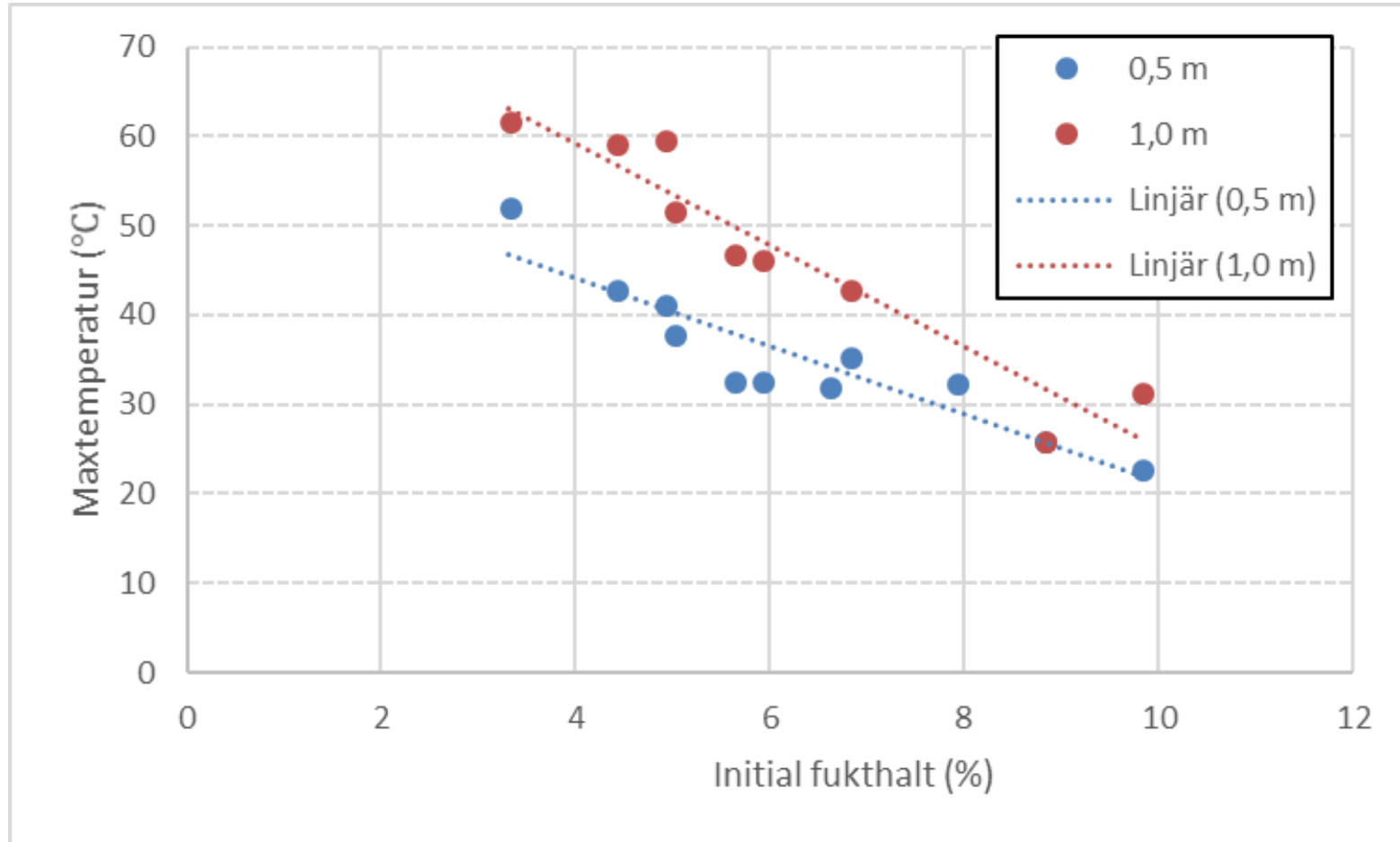
Pellets av 100 % Drinorspån (mekaniskt pressat)



Värmeeffekt vs. Uppmätt fukthalt

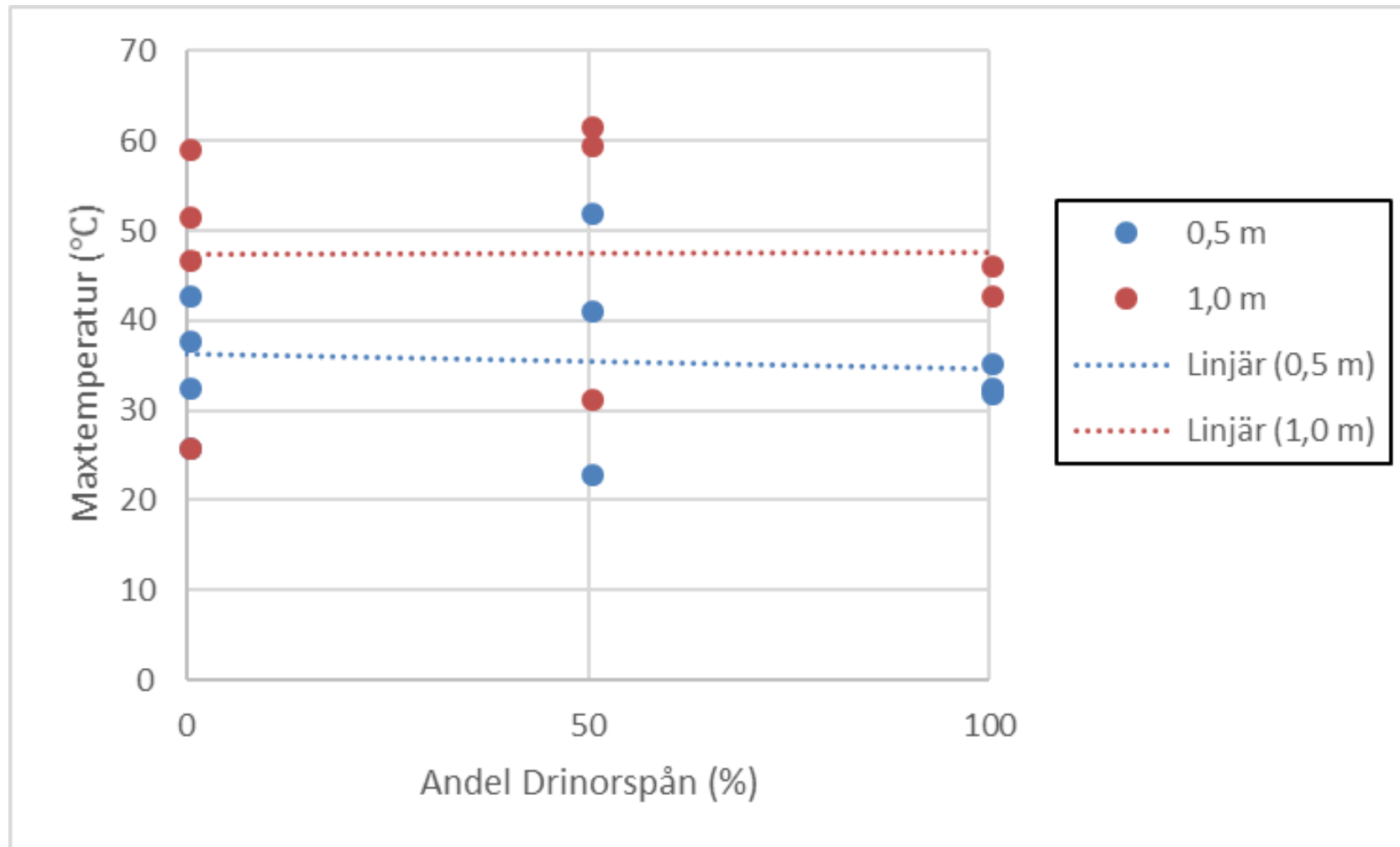


Fullskaliga försök – Maxtemperatur vs. fukthalt i högarna



Värden för hög 7 exkluderade. Pellets kylde inte och temperaturen nådde 83 °C redan efter 1,5 dygn att högen färdigställdes.

Fullskaliga försök – Maxtemperatur vs. andel Drinorspån



Självuppvärmningsförsök på Rindi i Älvdalen - Sammanfattning

- Värmeproduktionen ökar med minskad fukthalt, ses både i mikrokalorimetern och vid temperaturmätningar.
- Försök i mikrokalorimetern visar att inblandning av Drinorspån tycks öka reaktiviteten hos pelletsen. Dock visar inte temperaturmätningarna någon skillnad.
- Mycket svårt att kontrollera torkningen för 100 % Drinorspån. T.ex. för hög 10 visade provtagning av pellets under produktion att fukthalten varierade mellan 4 % och 8 % på en halvtimme.



TACK!

Ida Larsson

E-mail: ida.larsson@ri.se

Telefon: 010-516 53 67

Research Institutes of Sweden

TRANSPORT AND SAFETY
Fire Research

