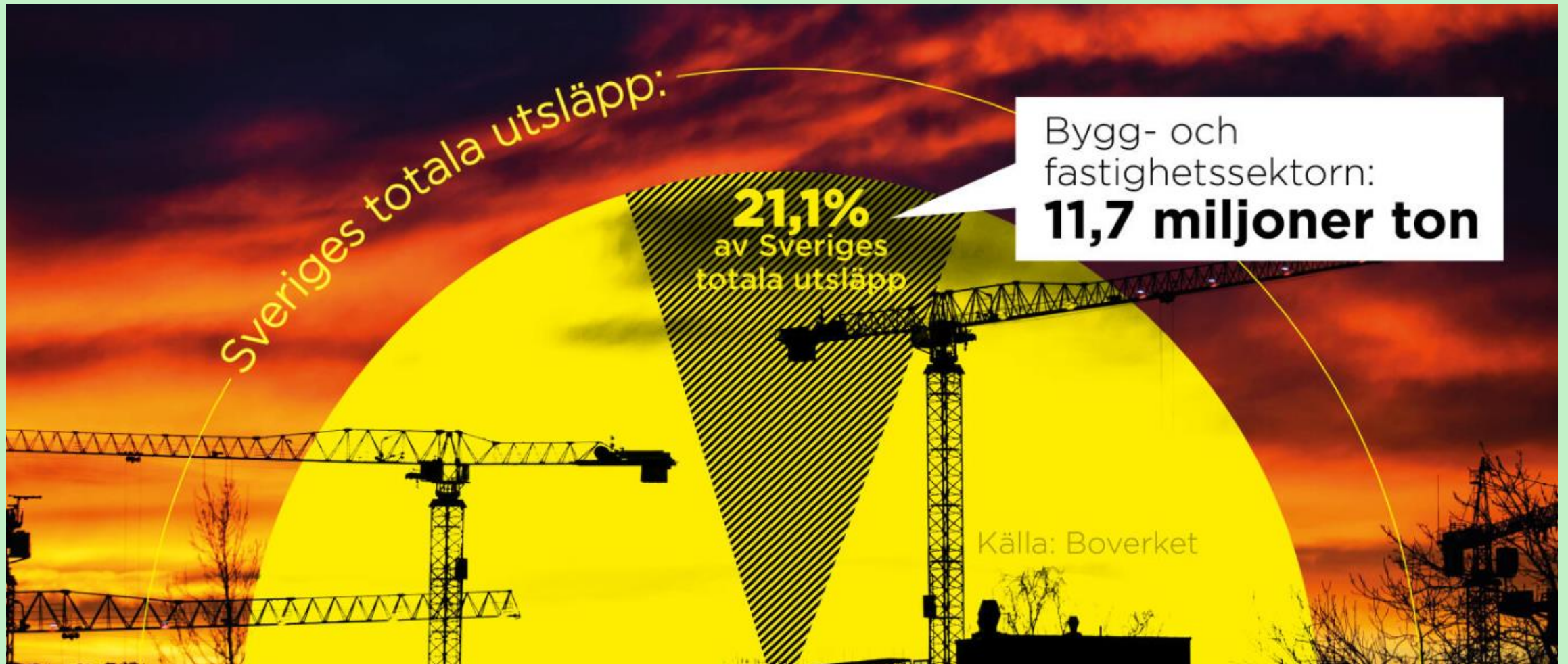


Uttorkning i springor mellan KL-träelement

Examensarbete av Emilia Jakobsson

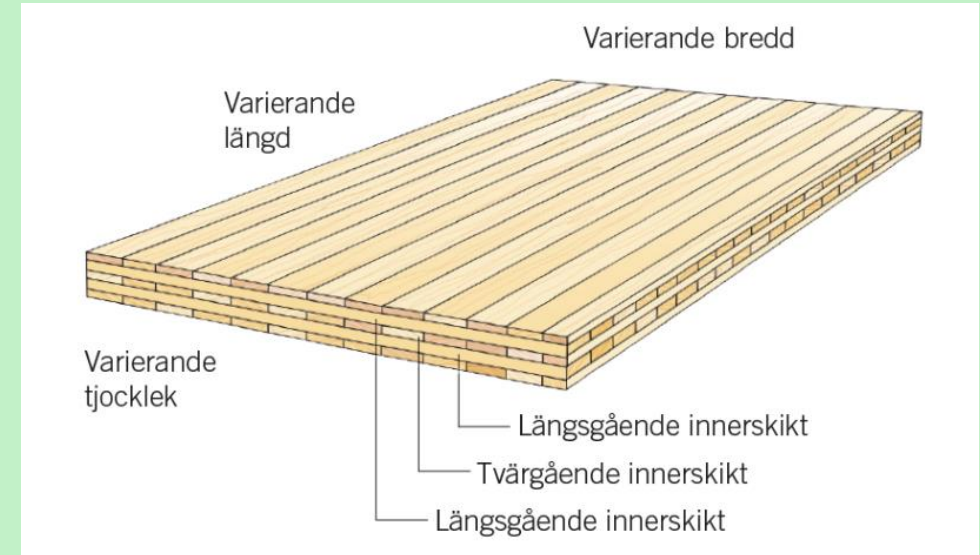
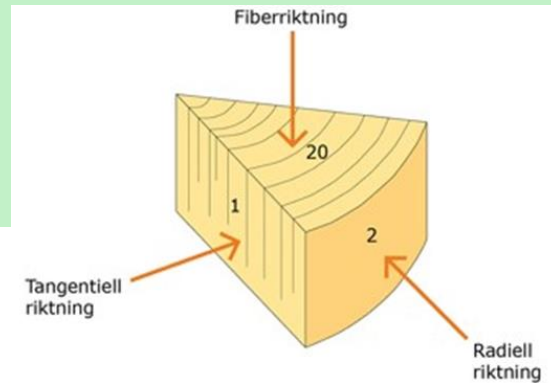
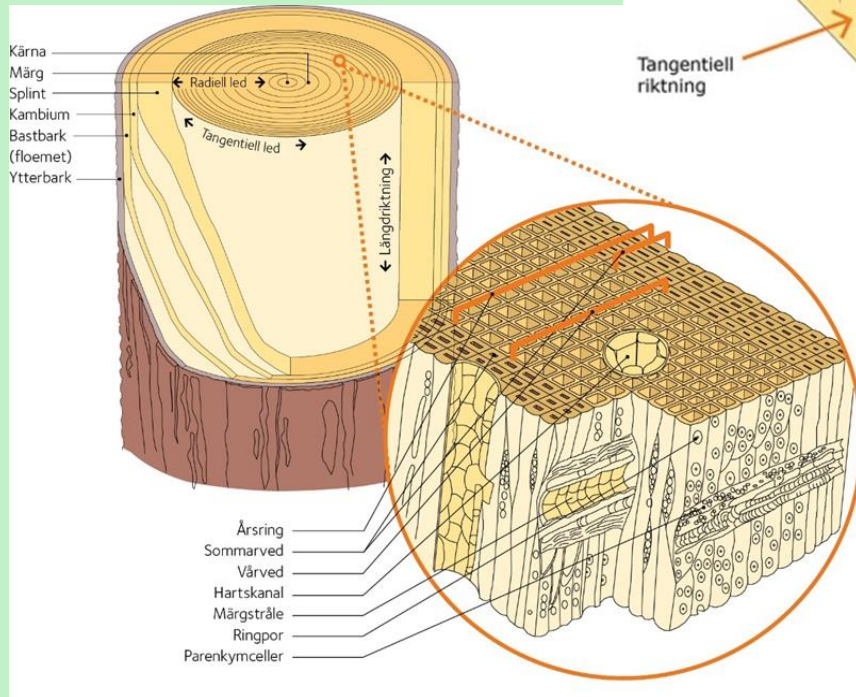
Handledare Petter Wallentén
Examinator Akram Abdul Hamid

Bakgrund



Trä

- Träets uppbyggnad
- Fukttransport

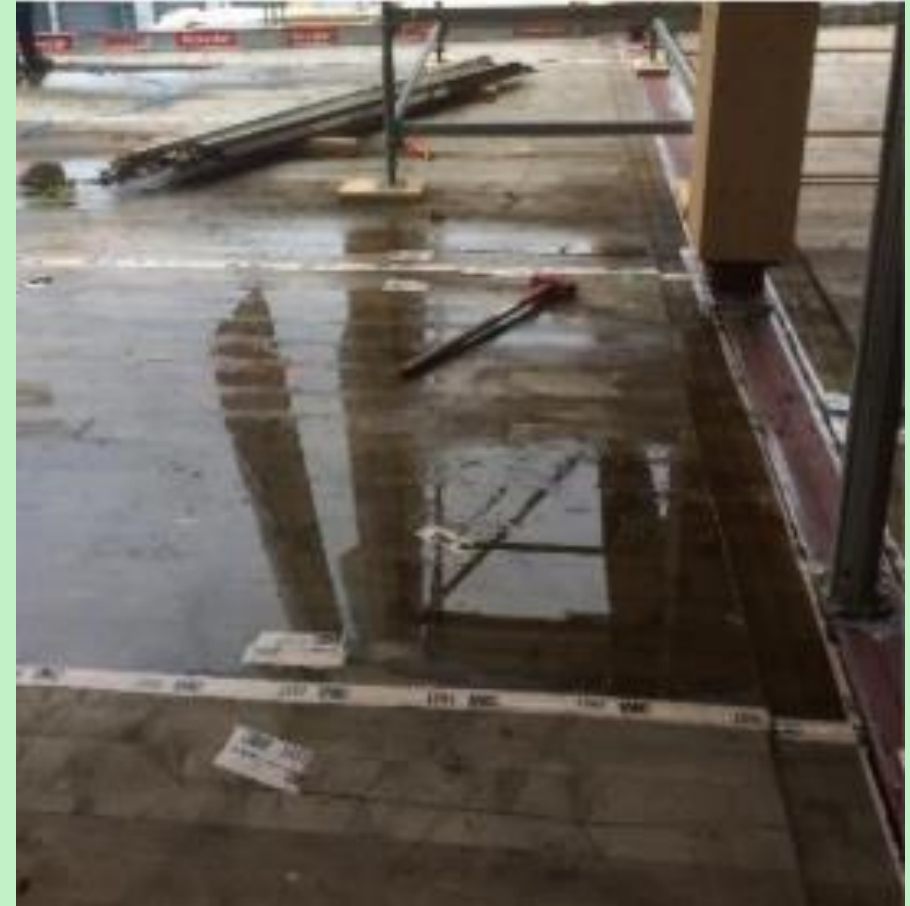


KL-trä

- Stommateriäl
- Ändträ i fyra riktningar

Montering

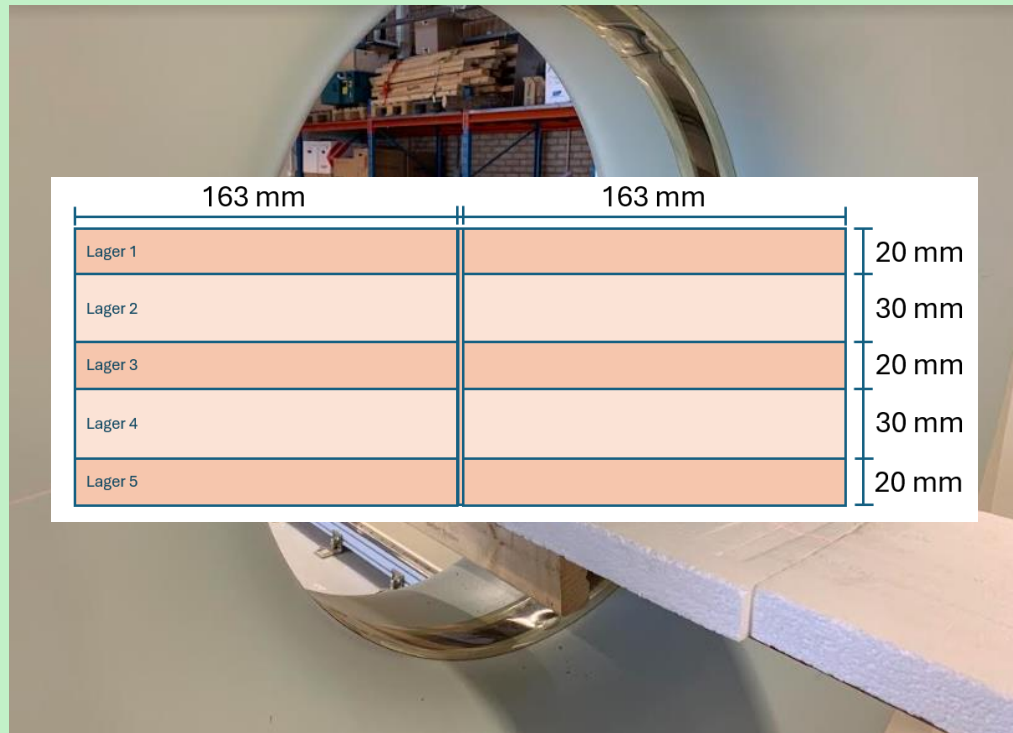
- Ytfuktkvot 18 %
- Nederbörd
- Väderskydd
- Handböcker
- Studier



Forskningsprojekt

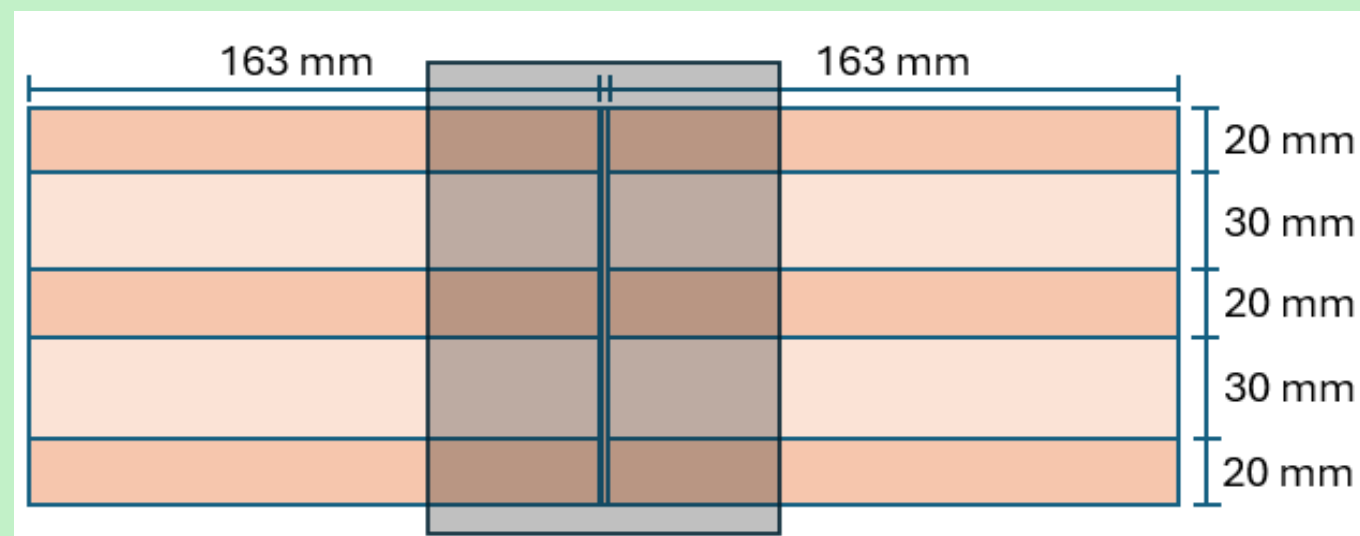
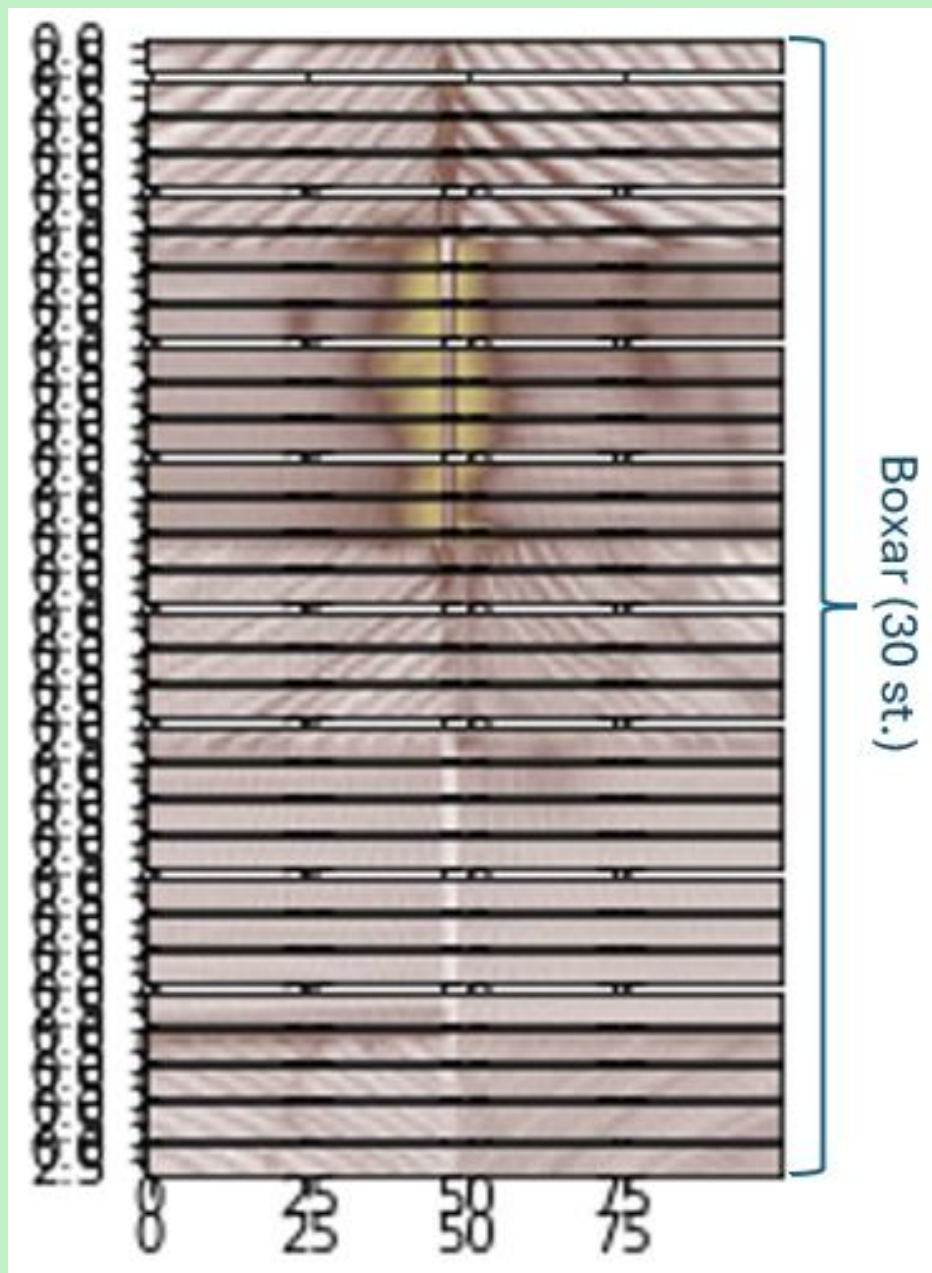
Uttorkning tvärs fibrerna i KL-trä och limträ –
Studier i CT

- Laura Ashley Mogensen
- Boris Poupet
- Luleå tekniska universitet



Experiment

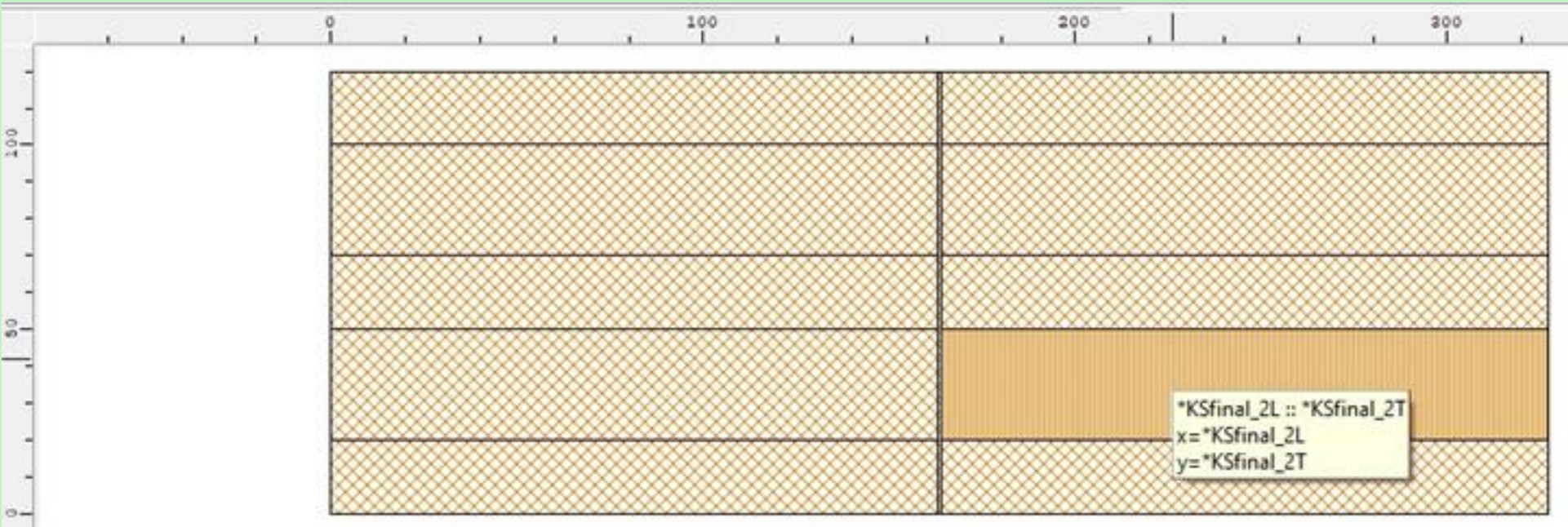






- Teoretiska beräkningar fukt- och värmetransport
- Syfte att kalibrera modell motsvarande experiment
- Tid för KL-trä att torka till rätt fuktnivåer

Geometri och material



- 2T – Vinkelrätt fibrerna
- 2L – I fiberriktningen

163 mm	1 mm	163 mm	
2T ↗			20 mm
2T ↑ 2L →			30 mm
2T ↗			20 mm
2T ↑ 2L →			30 mm
2T ↗			20 mm

Begynnelsevillkor

WUFI2D 4.5 NonCommercial

Fil Inmatning Utdata Databas Inställningar Hjälp

Projekt:

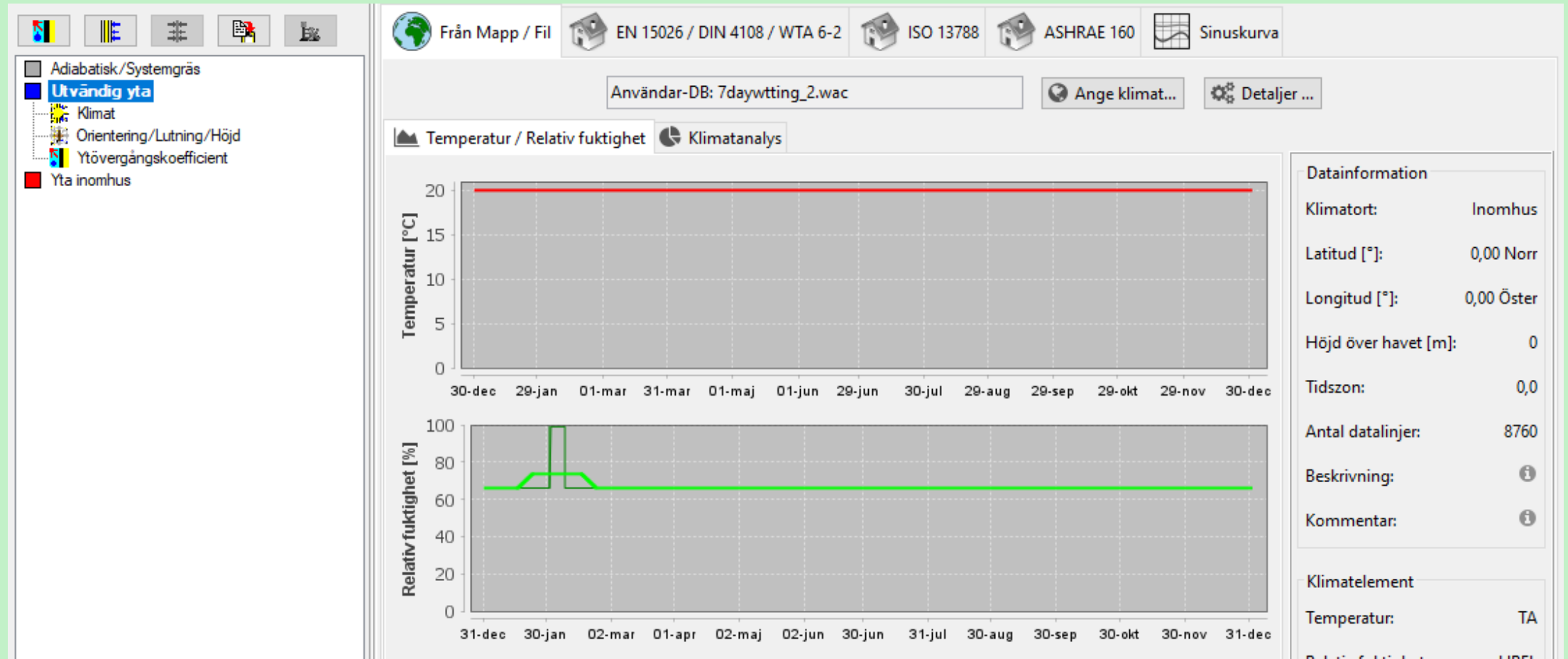
- Geometri
- Gitteruppbyggnad
- Material
- Begynnelsevillkor**
- Yta/Väder
- Källor, Brunnar
- Beräkningsparametrar
- Bearbetar

Projekt:: rätt dimension

Använd begynnelsevillkor från fabel | Använd begynnelsevillkor från fil

Identifierare	Temp. [°C]	w [Kg/m ³]	RF [-]
*KSfinal_2T :: *KSfinal_2T	20	45.3	0.66
*KSfinal_2L :: *KSfinal_2T	20	45.3	0.66
*KSfinal_2L :: *KSfinal_2L	20	45.3	0.66

Yta och klimat



WUFI-beräkningar

Värmetransporten beräknas enligt:

Projekt:

Geometri

Gitteruppbyggnad

Material

Begynnelsevillkor

Yta/Väder

Källor, Brunnar

Beräkningsparametrar

Bearbetar

Projekt:: rätt dimension

Enkel

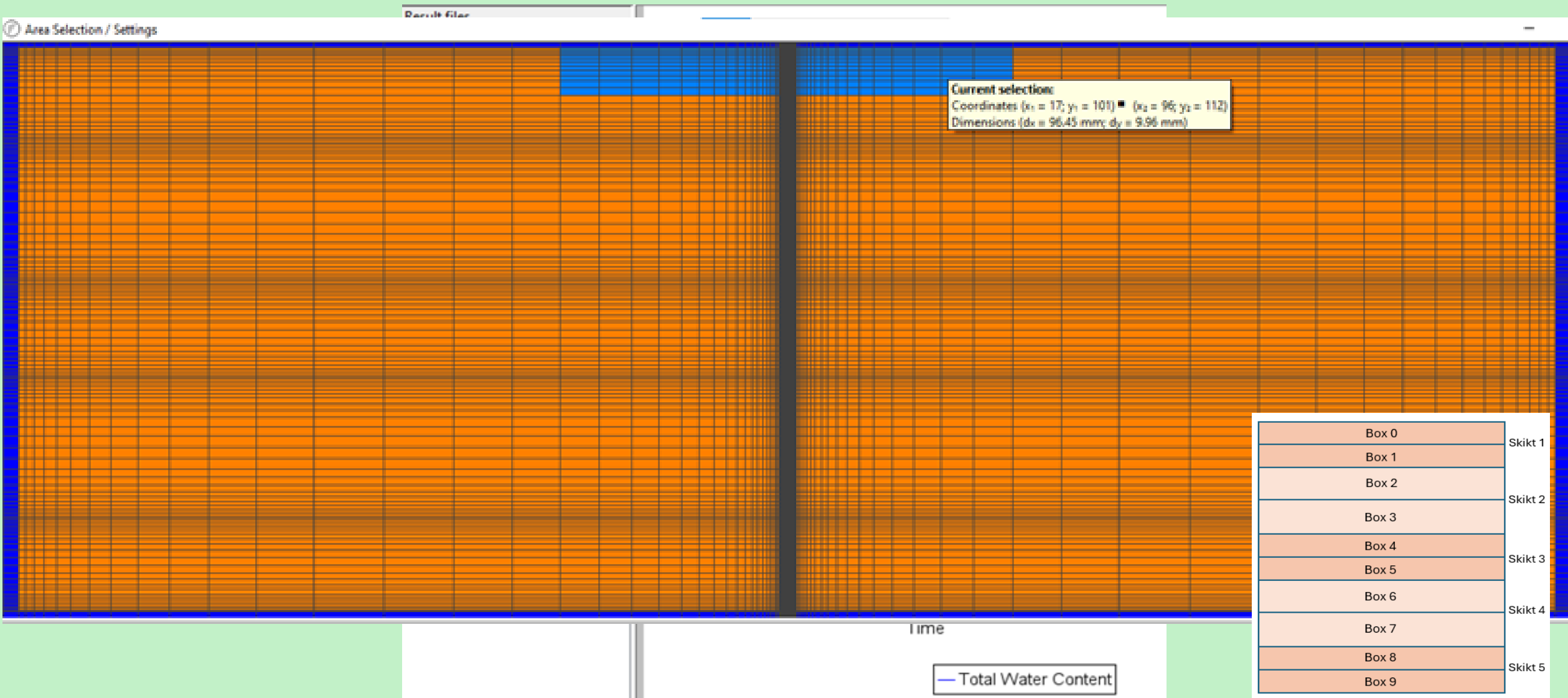
Förbättrad

Kontrollparameter

Namn	Värde	
Tidssteg [s]	600	☒
Antal tidssteg [-]	17000	
Maxit [-]	1.5e3	
Konvergenskriterium [-]	5e-5	

Materialets fukthalt (kg/m³)
Fuktdiffusivitet för vätskefas (m²/s), beroende på fukthalten
Ånggenomsläpplighet (m²/s), varierar med relativ fuktighet
Fuktkapaciteten (kg/m³)

WUFIGraph



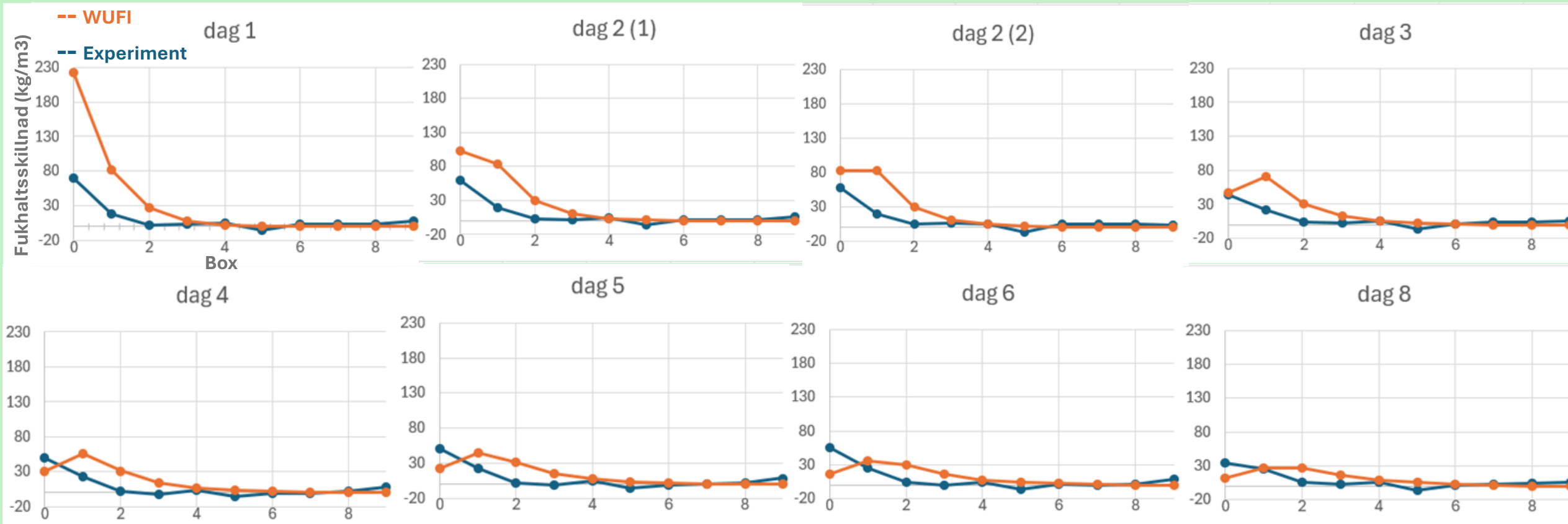
Utplockad Exceldata

Basmodell		Fukthalt (kg/m3)									
WUFI	tidssteg	box 0	box 1	box 2	box 3	box 4	box 5	box 6	box 7	box 8	box 9
initial	4464	45,30	45,30	45,30	45,30	45,30	45,30	45,30	45,30	45,30	45,30
dag 1	5478	268,22	127,28	72,61	53,14	47,86	46,29	45,58	45,34	45,30	45,29
dag 2 (1)	5601	148,93	128,90	74,81	55,23	48,83	46,80	45,87	45,41	45,39	45,71
dag 2 (2)	5646	128,25	127,27	75,08	55,90	49,21	47,01	45,98	45,45	45,43	45,67
dag 3	5787	92,17	115,46	76,08	57,71	50,36	47,70	46,30	45,58	45,50	45,57
dag 4	5937	75,49	100,50	76,54	59,32	51,48	48,43	46,68	45,74	45,55	45,52
dag 5	6063	68,15	90,37	76,15	60,41	52,34	49,02	47,00	45,88	45,59	45,51
dag 6	6231	62,33	81,81	74,88	61,45	53,35	49,76	47,44	46,07	45,66	45,51
dag 8	6513	57,06	71,85	71,93	62,27	54,68	50,83	48,13	46,42	45,80	45,54

Skarv 1

- En första jämförelse mellan WUFI och Skarv 1 i experimentet
- 10 boxar
- WUFI ger för hög fukthalt i översta skiktet under de första dagarna

Box 0	Skikt 1
Box 1	
Box 2	Skikt 2
Box 3	
Box 4	Skikt 3
Box 5	
Box 6	Skikt 4
Box 7	
Box 8	Skikt 5
Box 9	

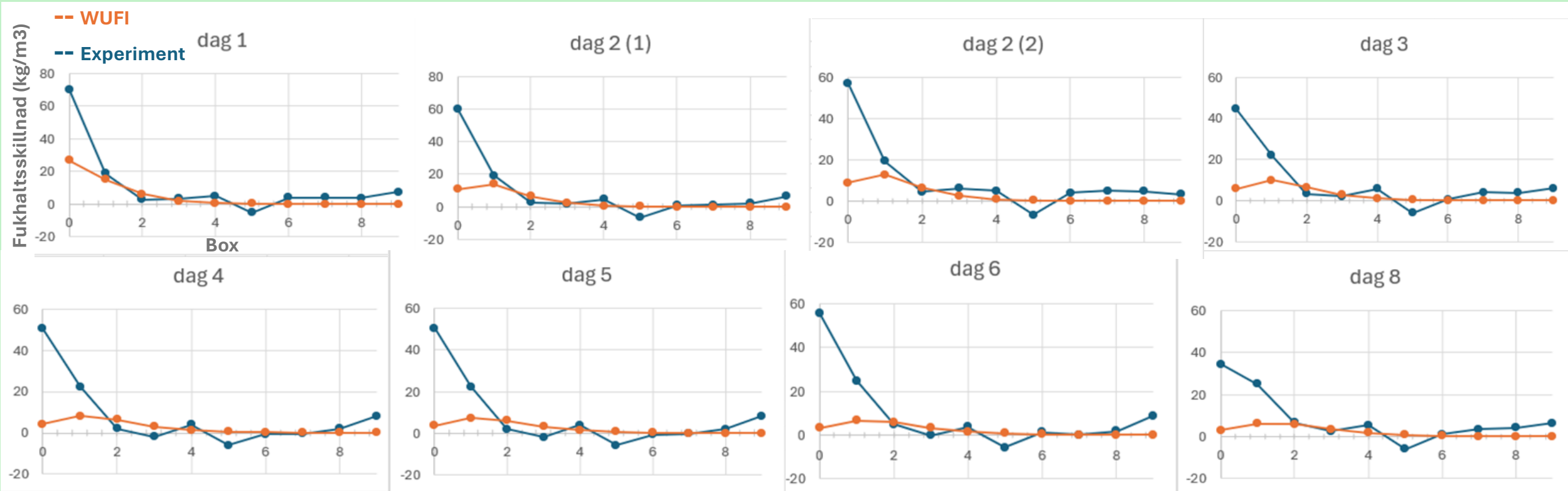


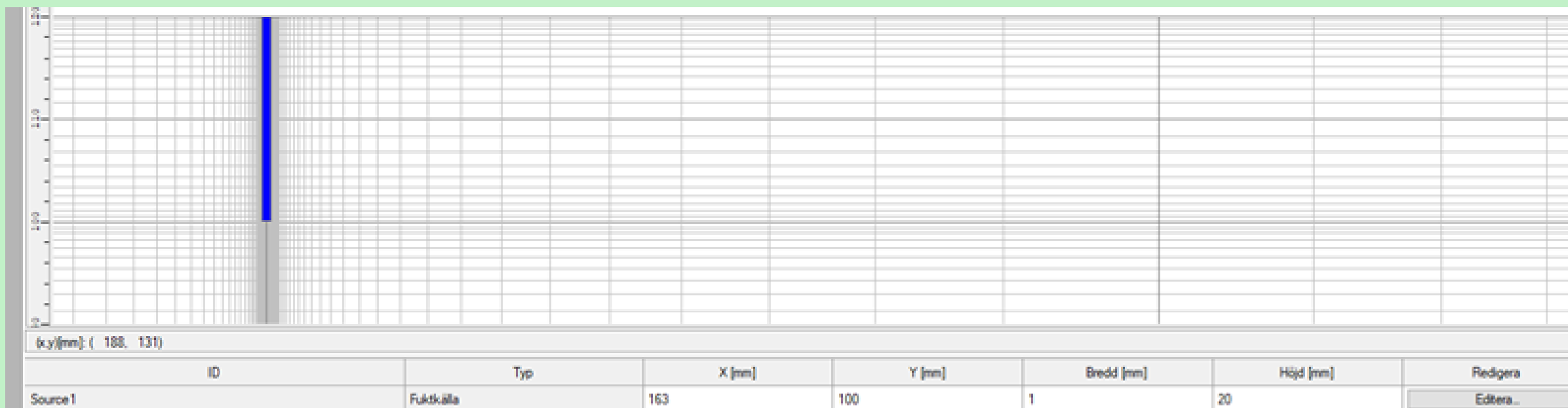
Yta/Väder

Skarv 1

- Faktor 0,3 vidhäftning av regn
- 10 boxar
- WUFI ger för låg fukthalt jämfört med experimentet

Box 0	Skikt 1
Box 1	
Box 2	Skikt 2
Box 3	
Box 4	Skikt 3
Box 5	
Box 6	Skikt 4
Box 7	
Box 8	Skikt 5
Box 9	





Fuktkälla

Namn Source1

Färg 

Typ av källa

☒ Andel av regnlast

☐ Transient fuktkälla från fil

Associerad rand

Utvändig yta

▼

Andel [%].....

100

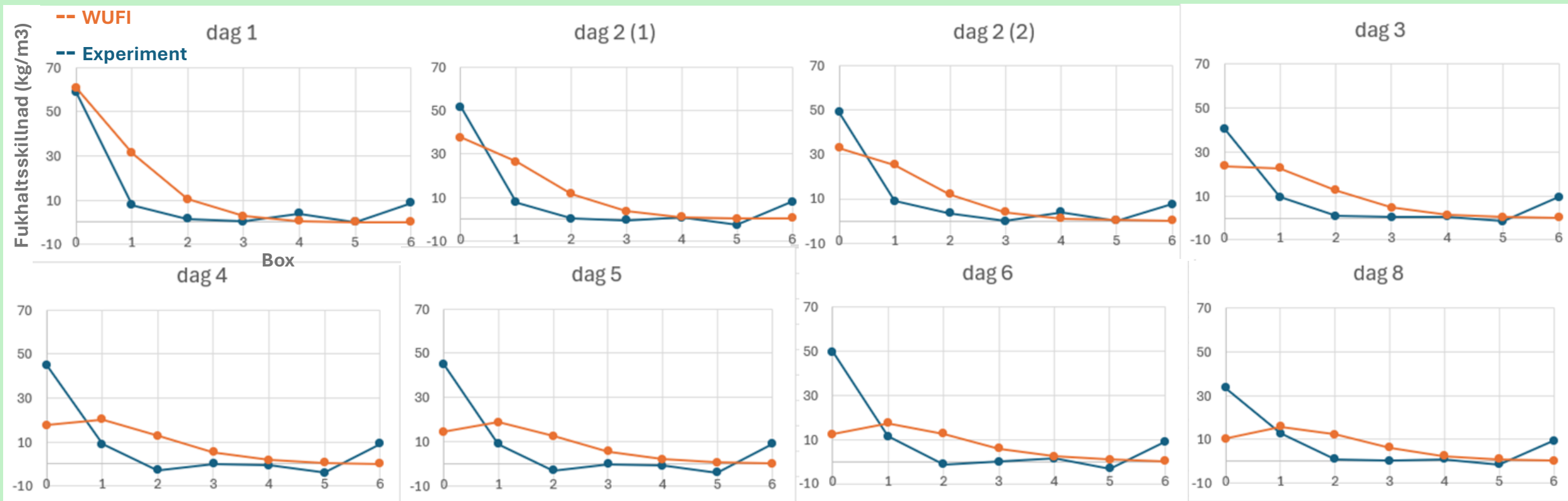
Skarv 1

- Faktor 0,3 vidhäftning av regn
- 7 boxar
- Fuktkälla 100 %, 1 x 20 mm, överst
- → Något höga värden i box 1 och 2



- Faktor 0,3 vidhäftning av regn
- 7 boxar
- Fuktkälla 100 %, 1 x 2 mm, överst
- Något lägre → **VALD KALIBRERING**

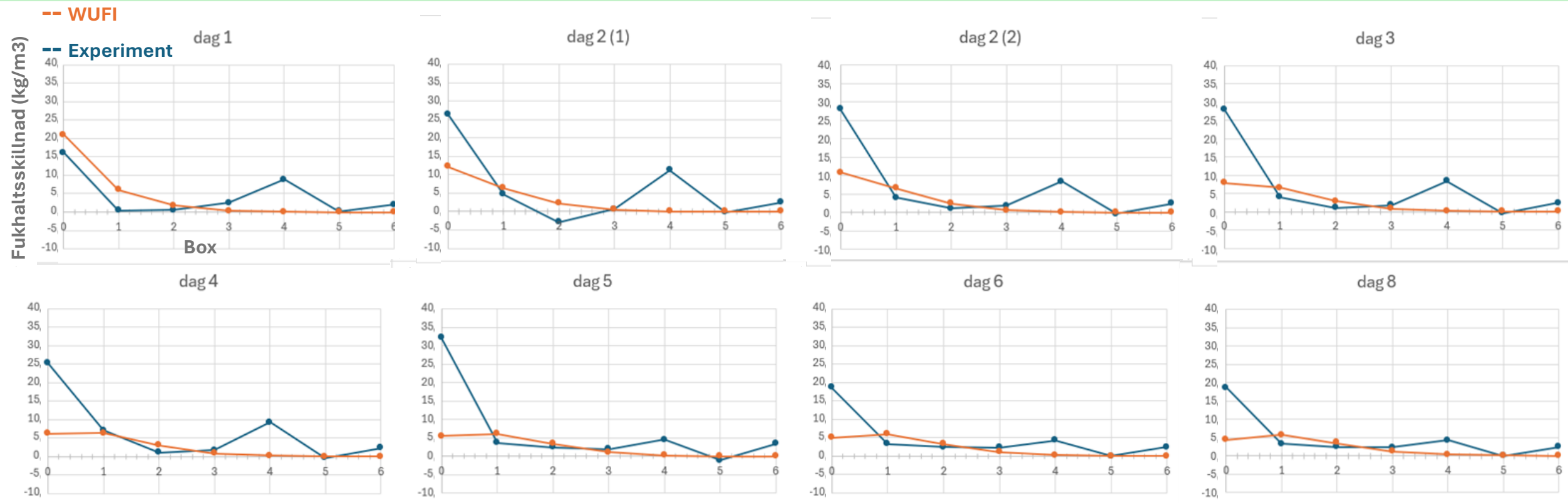
0	Skikt 1
1	Skikt 2
2	
3	Skikt 3
4	Skikt 4
5	
6	Skikt 5



Skarv 3

- Låga värden på fukthaltsskillnaden
- Jämförs med tidigare WUFI-resultat
- Faktor 0,3 vidhäftning av regn utan fuktkälla
- Bästa resultatet → VALD KALIBRERING

0	Skikt 1
1	Skikt 2
2	
3	Skikt 3
4	Skikt 4
5	
6	Skikt 5



Skarv 4

- Hög fukthalt i box 2 i experimentet
- Jämförs med tidigare WUFI-resultat
- Faktor 0,3 vidhäftning av regn
- Fuktkälla 1 x 20 mm, översta skiktet
- → För låga värden



- Justering fuktkälla → 3 x 35 mm
- Faktor 0,3 vidhäftning av regn
- Visas i bild
- → Box 0 högt, box 2 – 5 lågt

0	Skikt 1
1	Skikt 2
2	Skikt 3
3	Skikt 4
4	Skikt 5
5	
6	

-- WUFI

-- Experiment

Fukthaltsskillnad (kg/m³)

dag 1

Box

dag 4

dag 2 (1)

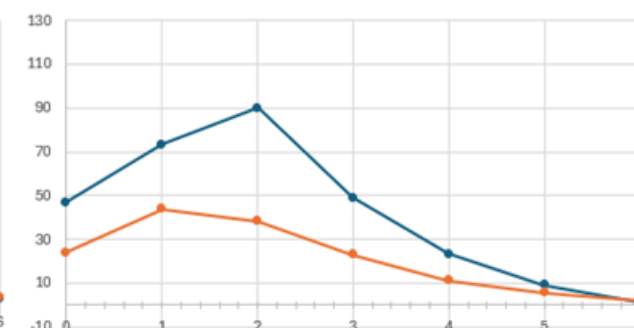
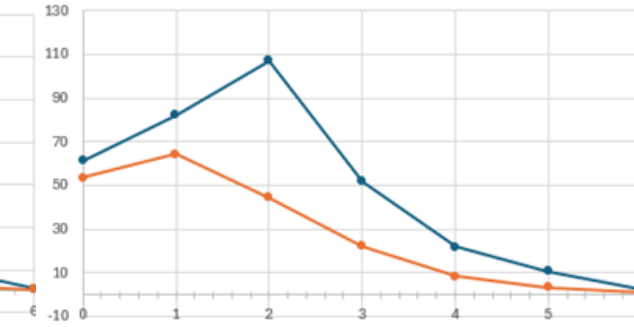
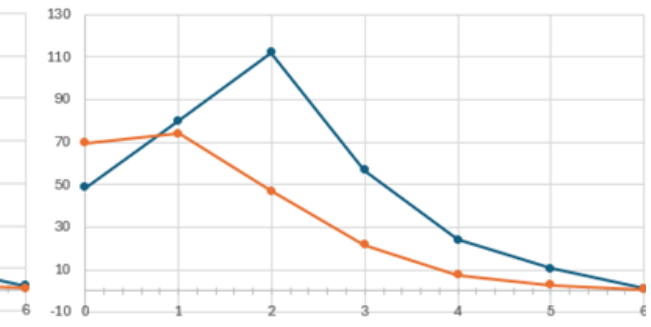
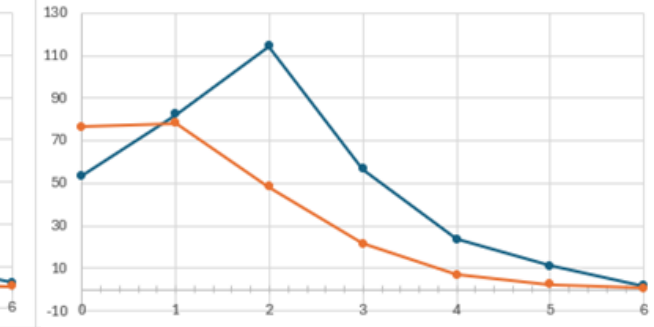
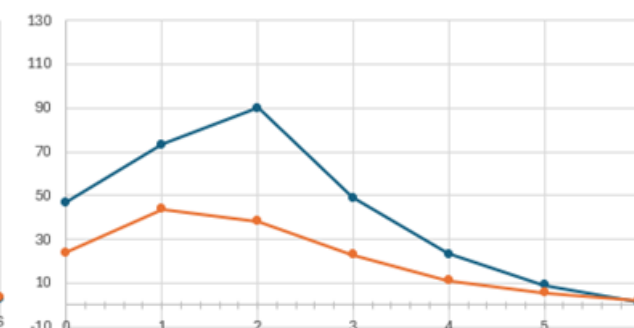
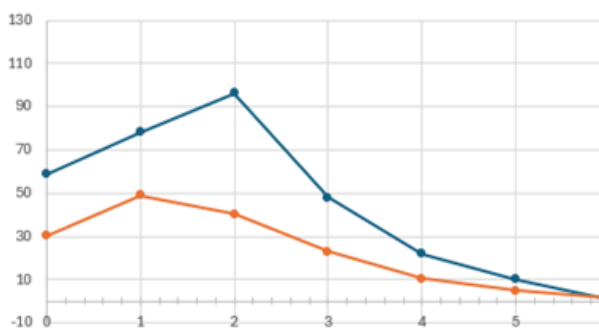
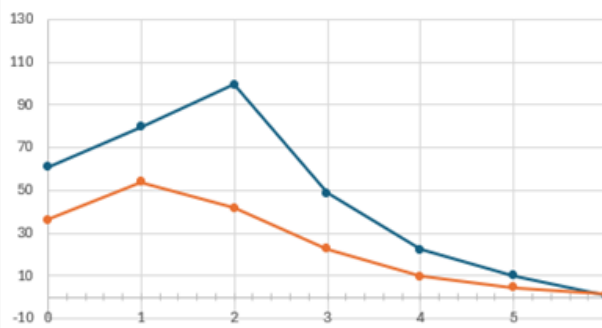
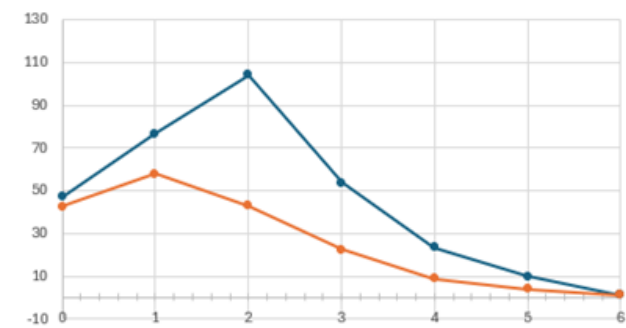
dag 2 (2)

dag 3

dag 5

dag 6

dag 8



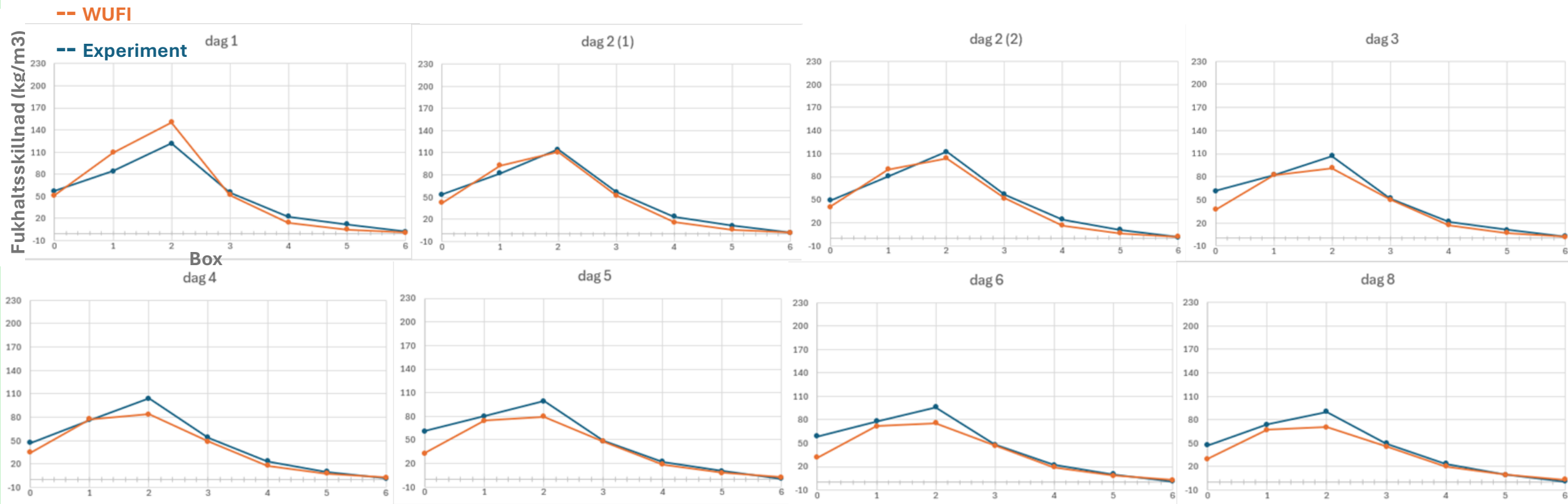
Skarv 4

- Testar två fuktkällor:
 - 1 x 20 mm, box 0
 - 5 x 30 mm, box 1 och 2
- → För höga värden box 0 och 1



- Slutlig fuktkälla:
 - 4 x 20 mm
 - Placerad längst ner i skikt 2
- Faktor 0,3 vidhäftning av regn
- Visas i bild → **VALD KALIBRERING**

0	Skikt 1
1	Skikt 2
2	
3	Skikt 3
4	Skikt 4
5	
6	Skikt 5



Skarv 2

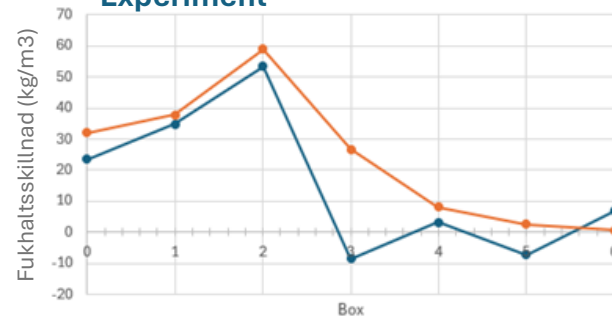
- Stora variationer
- Faktor 0,3 vidhäftning av regn
- Slutlig fuktkälla:
 - 2 x 15 mm
 - 90 % regnlast
 - Box 2
- Närmsta resultatet → VALD KALIBRERING

0	Skikt 1
1	Skikt 2
2	
3	Skikt 3
4	Skikt 4
5	
6	Skikt 5

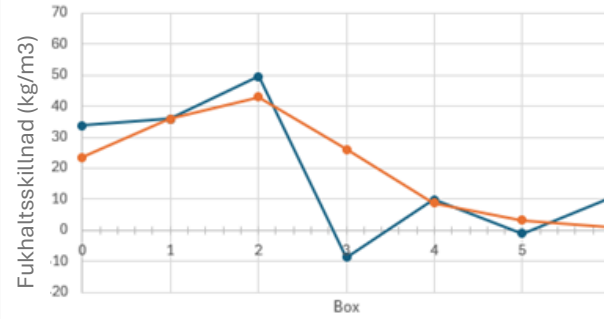
-- WUFI

-- Experiment

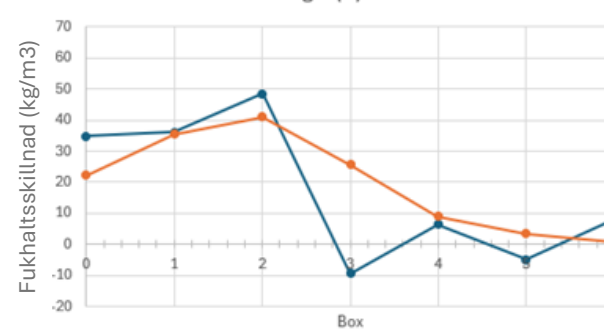
dag 1



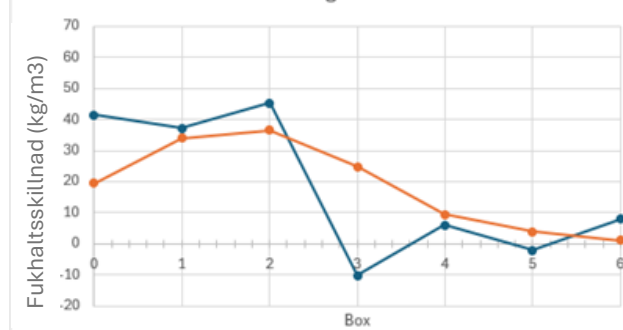
dag 2 (1)



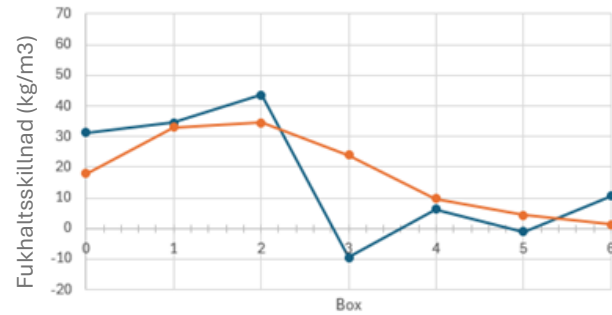
dag 2 (2)



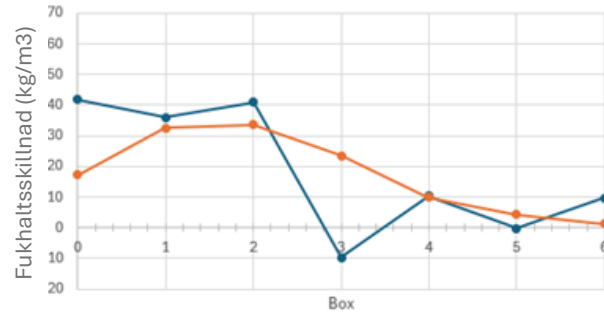
dag 3



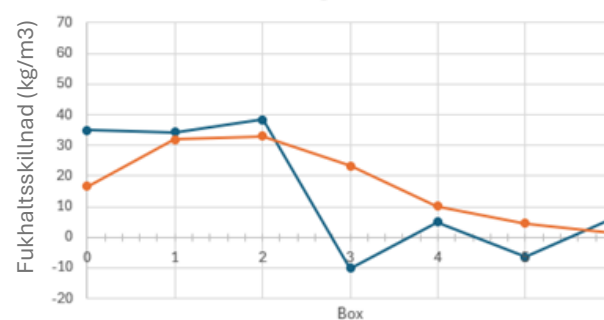
dag 4



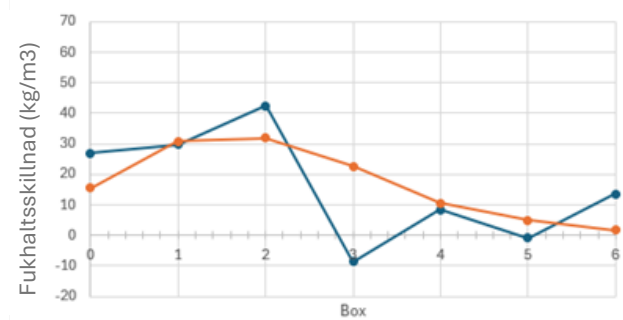
dag 5



dag 6



dag 8



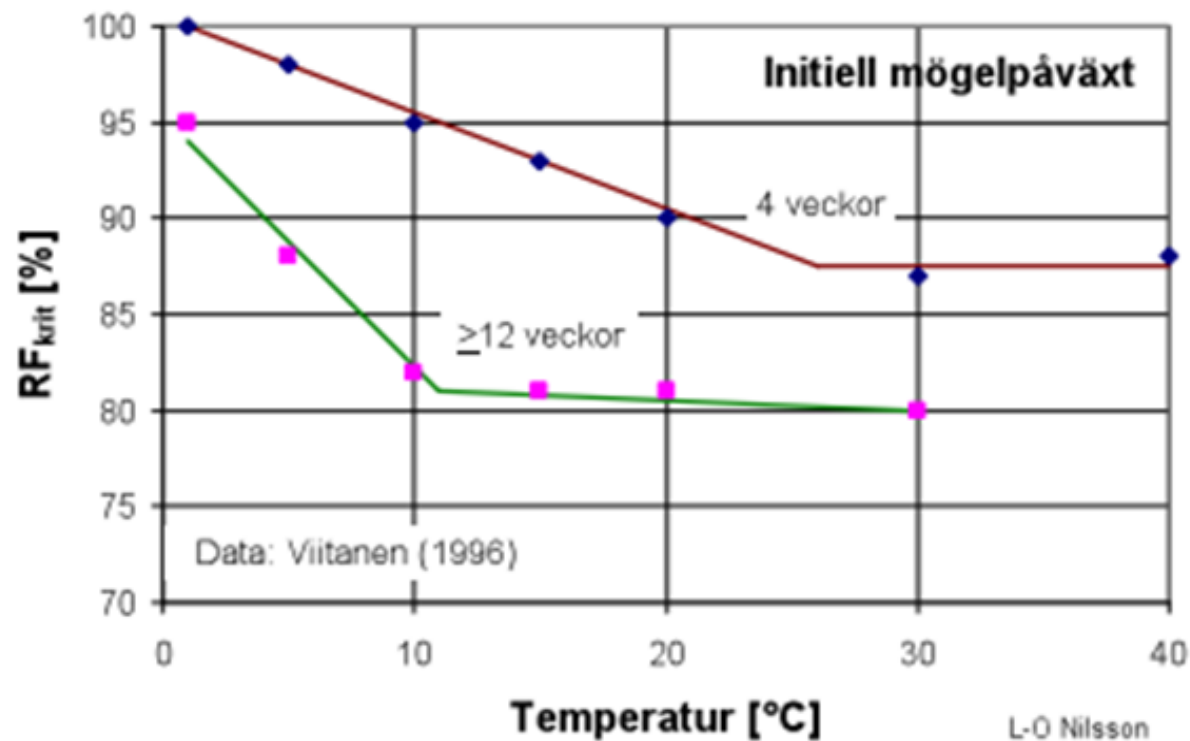
Fukthalt vid inbyggnad

$$\frac{w}{u} = \frac{45,3}{0,12} = 377,5 \text{ kg/m}^3 = \rho$$

$$377,5 = \frac{w}{0,18}$$

$$w = 377,5 \times 0,18 = 67,95 \text{ kg/m}^3$$

Risk för mögel



Identifierare	Temp. [°C]	w [Kg/m ³]	RF [-]
*KSfinal_2T :: *KSfinal_2T	20	75.1	0,9
*KSfinal_2L :: *KSfinal_2T	20	45.3	0,66
*KSfinal_2L :: *KSfinal_2L	20	45.3	0,66

Uttorkning och mögelrisker kalibreringar

Skarv 1											
RF (%)	fukthalt (kg/m3)	totalt tidssteg	box 0	box 1	box 2	box 3	box 4	box 5	box 6	tidssteg efter uppfuktning	dagar
85	67,95	5790	67,94	66,12	56,65	49,49	46,57	45,68	45,43	317	2
90	75,1	5679	75,03	67,91	56,25	48,94	46,33	45,58	45,40	206	1

Skarv 2											
RF (%)	fukthalt (kg/m3)	totalt tidssteg	box 0	box 1	box 2	box 3	box 4	box 5	box 6	tidssteg efter uppfuktning	dagar
85	67,95	9926	54,60	65,41	67,95	64,25	57,73	52,84	48,30	4453	31
90	75,1	7126	59,16	73,95	75,10	67,05	56,37	50,81	47,20	1653	11

Skarv 4											
RF (%)	fukthalt (kg/m3)	totalt tidssteg	box 0	box 1	box 2	box 3	box 4	box 5	box 6	tidssteg efter uppfuktning	dagar
85	67,95	18524	52,19	61,29	66,31	67,95	64,80	59,72	51,80	13051	91
90	75,1	15037	55,03	68,08	74,66	75,10	69,23	62,23	52,69	9564	66

Diskussion och slutsatser

- Uttorkning för Skarv 2 och 4 tar lång tid
- Tvingade in fukt med hjälp av fuktkälla
- Enskild modell kunde inte tas fram
- För få tester för att kunna ta fram generell modell

TACK!