

# Fuktinducerad deformation i limträ

*Rebecca Heimdahl*  
*My Larsson*

---

Avdelningen för Konstruktionsteknik  
Lunds Tekniska Högskola  
Lunds Universitet, 2004

Avdelningen för Konstruktionsteknik  
Lunds Tekniska Högskola  
Box 118  
221 00 LUND

Department of Structural Engineering  
Lund Institute of Technology  
Box 118  
S-221 00 LUND  
Sweden

## **Fuktinducerad deformation i limträ**

Moisture induced deformation in glulam

Rebecca Heimdahl

My Larsson

2004

### **Abstract**

Calculated deformations in glulam beams caused by moisture are based on linear moisture profile, this does not reflect reality. This report contains of a study where the moisture induced deformations are measured in three different test setups, simulating more realistic moisture exposure. After the beams are seasoned in RH 30 and 95 % the climate was changed, one group was in a moistening phase and the other one in a drying phase. The results indicated that the deformations were larger than expected. The largest deformation was achieved when the beams were in a moistening phase.

Rapport TVBK-5127  
ISSN 0349-4969  
ISRN: LUTVDG/TVBK-04/5127+55p

Examensarbete  
Handledare: Annika Mårtensson och Johan Jönsson  
December 2004

## Sammanfattning

Problem har uppstått i klimatskiljande konstruktioner då krökningen hos limträelement har blivit avsevärt större än beräknade enligt Limträhandboken. En del av problematiken kan bero av att Limträhandbokens beräkningar för fuktrörelser grundas på en linjär fuktgradient i balktvärsnittet. I verkligheten är fuktgradienten aldrig helt linjär. Syftet med detta examensarbete är därför att undersöka hur en verklig fuktgradient påverkar krökningen i limträ och att ta fram en formel för beräkning av fuktrörelser med hänsyn till olinjär fuktgradient.

Experiment utfördes på limträbalkar med samma dimensioner, vilka plastades in på olika sätt för att med hjälp av olika klimatkammare simulera olinjära fuktprofiler. På grund av hystereseffekten måste trä studeras både i uppfuktnings- och uttorkningsförsök för att slutsatser ska kunna dras. Balkarnas krökning och tvärsnittens fuktkvoter mättes under drygt en månad på bestämda tidpunkter. Vid analyserandet av experimentresultaten upptäcktes ett fel vilket gjorde att delar av fuktprofilerna ej var representativa för motsvarande balk. Detta ledde till att en del av fuktprofilerna simulerades med hjälp av ett datorprogram, medan andra inte kunde användas för simulering. Resultatet blev att balkarna i uttorkningsförsöket helt saknade fuktprofiler, då det experimentella resultatet inte var teoretiskt möjligt.

Böjningsförsök genomfördes för att ta reda på balkarnas elasticitetsmoduler. Med hjälp av dessa kunde den utbredda lasten som skulle orsaka samma krökning beräknas.

För att kunna analysera fuktprofilerna delades de upp i olika delprofiler, där den linjära orsakar balkarnas krökning. Den linjära fuktprofilen gav en fuktkvotsskillnad som användes för att beräkna nedböjningen, orsakade av fuktrörelser, enligt Limträhandboken. Dessa beräknade jämfördes med nedböjningarna från experimenten. Resultatet visade på att nedböjningarna från experimenten var avsevärt större än de beräknade.

Eftersom fuktkvotsprofiler från uttorkningsförsöken saknas kan inte syftet med att presentera ett generellt uttryck för nedböjning uppfyllas. Nedböjningsförsöken visar att större nedböjningar än beräknat är att vänta och därför borde detta undersökas närmare. En större experimentell undersökning med olika dimensioner och fuktförhållanden borde genomföras för att få mer kunskap om fuktrelaterade deformationer hos limträ.

## Förord

Examensarbetet, 20 poäng, har genomförts på Avdelningen för Konstruktionsteknik vid Lunds Tekniska Högskola på uppdrag från Limträteknik AB i Falun. Arbetet är det avslutande momentet i Väg- och vattenbyggnadsprogrammet och har pågått mellan den 7 juni och den 7 december 2004.

Vi vill tacka våra handledare, professor Annika Mårtensson och Johan Jönsson, för all hjälp vi fått under arbetets gång. Ett stort tack till Per-Olof Rosenqvist, som har hjälpt oss med mycket av det praktiska utförandet under experimenten, och professor Sven Thelandersson, som bistått med teoretisk kunskap. Tack till professor Jesper Arfvidsson vid avdelningen för Byggnadsfysik som har hjälpt oss med datasimuleringen. Vi vill även tacka Arne Emilsson som givit oss möjligheten till ett intressant examensarbete.

Lund, december 2004

## Innehållsförteckning

1. Inledning .....	7
1.1 Bakgrund .....	7
1.2 Syfte .....	7
1.3 Metod .....	7
1.4 Avgränsningar .....	7
2. Litteraturstudie .....	8
2.1 Trä .....	8
2.2 Limträ .....	11
2.2.1 Historik .....	11
2.2.2 Uppbyggnad .....	11
2.2.3 Tillverkning .....	12
2.2.4 Fördelar .....	12
2.3 Fuktransport .....	12
2.3.1 Diffusion .....	12
2.4 Fuktrörelser enligt Limträhandboken .....	13
3. Experimentell undersökning .....	13
3.1 Utrustning .....	13
3.2 Utförande .....	14
4. Bearbetning .....	16
4.1 Nedböjning .....	16
4.2 Fuktprofil .....	16
4.2.1 Linjär fuktkvotsändring .....	18
4.2.2 Jämn fuktkvotsändring .....	19
4.2.3 Olinjär fuktkvotsändring .....	19
4.2.4 Datasimulering .....	19
4.3 Böjförsök .....	20
5. Resultat .....	24
5.1 Deformation .....	24
5.2 Fuktprofiler .....	30
6. Slutsatser .....	32
7. Diskussion .....	32
8. Felkällor .....	33
9. Referenser .....	34

# 1. Inledning

## 1.1 Bakgrund

Skador och olägenheter har uppstått då limträelement med olika fuktkvoter i över- respektive underkant har krökts mer än beräknat. Ett exempel från verkligheten är en affär där en del av den undre våningen används som fruktavdelning med fuktillskott och den överliggande, torrare våningen som kontor. Det våningsskiljande bjälklaget har uppvisat större nedböjning än vad som beräknats.

Avsnittet om fuktpåverkan i limträhandboken bygger på ett antagande om en linjär fuktgradient över tvärsnittet. Detta är sällan fallet då balkens över- och underkant befinner sig i olika klimat med naturliga variationer, samt att balkarna sällan är endimensionellt fuktpåverkade. Fuktgradienten över tvärsnittet blir då ofta olinjär, vilket kan ha orsakat de extra nedböjningarna.

För de flesta konstruktioner gäller att de utsätts för samtidig yttre last, exempelvis egentyngd, nyttig last och snölast, och fuktgradienter som varierar med tiden. Tidigare experiment, se Mårtensson 1992, har visat att denna samverkan ytterligare komplicerar beskrivningen av deformationen. Det har visats att för att få en fullständig bild av deformationen räcker det inte att summera lasteffekterna och deformationerna orsakade av fuktgradienter. Deformationerna blir oftast större än summan av krökningen orsakad av fuktgradienten och krökningen orsakad av yttre last.

## 1.2 Syfte

Syftet med examensarbetet är att med hjälp av en serie experiment och en resultatstudie ta fram motsvarande ekvation för krökning vid olinjär fuktgradient. Detta för att bättre kunna återspegla verkligheten.

## 1.3 Metod

Med hjälp av klimatkammare med olika relativa fuktigheter utsätts balkarna för olika miljöer med följd att olika fuktprofiler erhölls. Balkarnas krökning mäts med hjälp av en ställning med mätklockor. Tvärsnittets fuktprofil fås genom förstörande provning på separata provkroppar.

## 1.4 Avgränsningar

Experimenten har begränsats till att endast använda balkar med samma dimensioner, som isoleras på tre olika sätt. Endast två olika klimat används. Balkarnas krökning skall endast bero av fuktpåverkan. Experimenten avbryts efter 39 dygn.

## 2. Litteraturstudie

### 2.1 Trä

Trä är ett av naturen skapat material som under lång tid varit använt av människan för många olika ändamål. Så tidigt som 2500 f. Kr använde egyptierna trä som material i möbler, kistor och skulpturer.<sup>1</sup> Inom byggbranschen används idag trä till de mest varierande ändamål som till exempel stomkonstruktioner, ställningar, väggbeklädnad och inredning. Trädstammen har under årens gång optimerats av naturen. Bland annat varierar stammens hållfasthet, med den högsta närmast roten där de största krafterna och momenten kommer att överföras.<sup>2</sup>

Ett snitt genom trädstammen visar dess uppbyggnad, figur 2.1. Barken är uppdelad i två delar, ytter- och innerbarken. Ytterbarkens främsta funktion är att skydda trädet från yttre påverkan. Innerbarken består av levande celler, till skillnad från ytterbarkens döda, och ser till att näringstransporten till och från trädkronan fortlöper. Näringstransporten från rötterna sker hos lövträden i särskilda kärl medan hos barrträden i större delen av de långsgående cellerna, trakeider. Innanför barken finns ett skikt kallat kambium. Det är i detta skikt som trädets tillväxt äger rum genom celldelning. I mitten av stammen finns en grundvävnad kallad märe. Märgrållarna står för näringstransport i sidled från innerbarken mot mären. Trädets ved kan delas in i splint- och kärnved. Kärnan bildas genom att transportprocesserna blockeras vilket vanligen inte sker förrän trädet är cirka 30 år. Samtidigt som kärnan bildas lagras det in ämnen hos vissa träslag, till exempel ek och furu, som ökar beständigheten. Kåda och olika fungisider är exempel på dessa extraktivämnen. Hållfasthetsmässigt är det inte någon större skillnad mellan kärn- och splintved.<sup>3</sup>

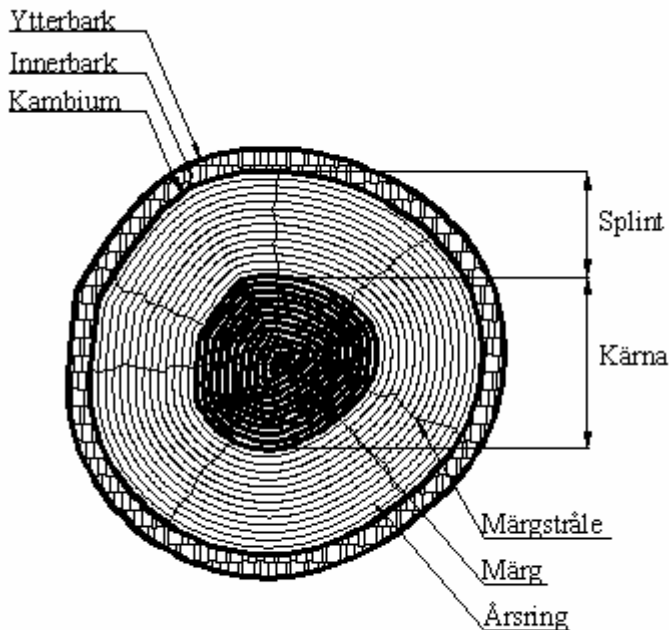
---

<sup>1</sup> Dinwoodie J.M, Timber: It's nature and behaviour Second Edition

<sup>2</sup> Träkonstruktioner Avdelningen för konstruktionsteknik LTH

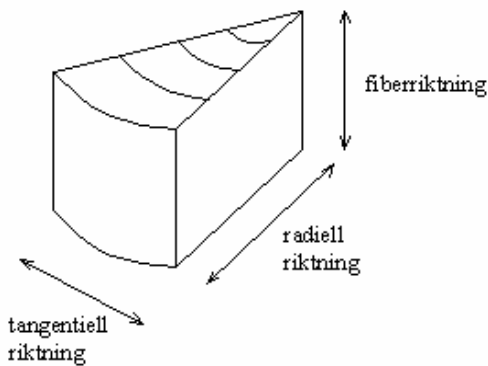
<sup>3</sup> Burström P-G, Byggnadsmaterial Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper





Figur 2.1. Trädstam i genomskäring

Då trä är ett ortotrop material används tre olika huvudriktningar för att kunna beskriva dess egenskaper. Riktningarna som används är *fiberriktningen*, vilken följer stammens längdriktning, *radiell riktning*, vilken är vinkelrät mot fiberriktningen och mot årsringarna, samt *tangentiell riktning*, vilken är vinkelrät mot fiberriktningen men parallell med årsringarna, se figur 2.2<sup>4</sup>



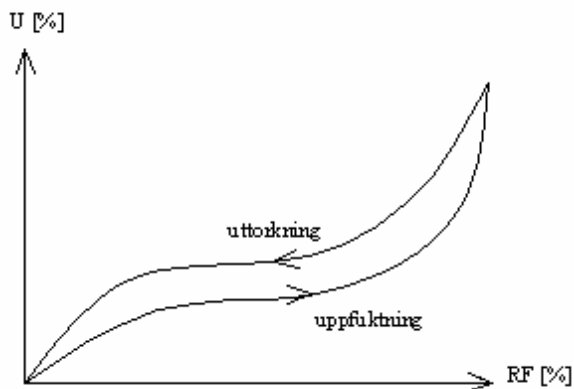
Figur 2.2 Huvudriktningar hos trä.

På mikro- och submikronivå består veden av långa celler som är nästintill perfekt ordnade i stammens längdriktning. Denna struktur kan liknas vid en bunt rör, vilket förklarar träets starkt anisotropa egenskaper. Cellerna består huvudsakligen av de tre komponenterna cellulosa, hemicellulosa och lignin.

<sup>4</sup> Burström P-G, Byggnadsmaterial Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper

Massan hos träet är huvudsakligen koncentrerad till cellernas väggar. Detta leder till att densiteten varierar mellan olika träslag, men är också beroende av årsringsbredden.<sup>5</sup> Träets densitet är kopplad till flera viktiga egenskaper såsom hållfasthet, elasticitetsmodul, krympning, fuktrörelser och hårdhet. På grund av sammansättning av ämnen i cellerna är kompaktdensiteten relativt oberoende av träslaget och brukar sättas till  $1560 \text{ kg/m}^3$ . I samband med trä används ofta beteckningen verklig densitet, vilken utgör det verkliga förhållandet mellan massa och volym vid en given fuktkvot.<sup>6</sup> *Fuktkvoten* betecknas  $u$  och anger vatteninnehållet i träet i procent. Vattnet i träet finns som hygrokopiskt bundet i cellväggarna och som fritt i cellernas hålrum. Hygrokopiskt bundet vattnet kan vara dels kapillärkondenserat och dels adsorberat. Vid uttorkning avgår först det fria vattnet och sedan det bundna.<sup>7</sup> *Fibermättnadspunkten* uppnås då allt det fria vattnet i cellhålrummen torkat bort men cellväggarna fortfarande är fuktmättade vilket är då träet är i jämvikt med 100 % relativ fuktighet, motsvarande 23-28 % fuktkvot. Ändring av fuktkvoten under fibermättnadspunkten kommer att resultera i volymförändringar. De fuktrelaterade rörelserna, krympning och svällning, kommer att vara betydligt större tvärs fibrerna, ungefär 0,2 % för varje procents ändring av fuktkvoten upp till fibermättnadspunkten, jämfört med fiberriktningen 0,01 %.<sup>8</sup> Förhållandet mellan rörelserna i fiberriktningen, radiellt och tangentiellt är cirka 1:20:40.<sup>9</sup> Fuktupptagningen sker något långsammare i kärnveden än i splintveden.<sup>10</sup>

Fuktransporthastigheten varierar beroende på om träet torkas ut eller fuktas upp. Uppfuktningen sker snabbare än uttorkningen, detta på grund av hystereseffekten, se figur 2.3.



Figur 2.3 Hystereseffekt hos trä.

<sup>5</sup> Träkonstruktioner Avdelningen för konstruktionsteknik LTH

<sup>6</sup> Burström P-G, Byggnadsmaterial Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper

<sup>7</sup> Träkonstruktioner Avdelningen för konstruktionsteknik LTH

<sup>8</sup> Burström P-G, Byggnadsmaterial Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper

<sup>9</sup> Mårtensson A, Mechanical behaviour of wood exposed to humidity variations

<sup>10</sup> Burström P-G, Byggnadsmaterial Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper

## 2.2 Limträ

### 2.2.1 Historik

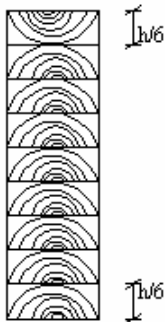
I början på 1900-talet får en tysk byggnadskonstruktör, Otto Hetzer, patent på sina limmade träelement, som han kallar Hetzer Binder. Han får dock aldrig patent på sitt lim och håller därför receptet hemligt till in på 1950-talet. 1917 köper en norsk byggnadskonstruktör ensamrätten till limträ i Sverige, Norge och Finland och påbörjar limträ tillverkning i Norge. Två år senare bildas ett dotterbolag i Sverige, som kallas AB Träkonstruktioner, i Töreboda, som fortfarande finns kvar och ingår i Moelven koncernen, Moelven Töreboda AB.<sup>11</sup>

Limträproduktionen i Sverige var inte så stor fram till 1960-talet. Därefter har den ökat stadigt och limträproduktionen ligger idag på cirka 200 000 m<sup>3</sup> i de nordiska länderna, varav ungefär hälften exporteras.

Vänthallarna till centralstationerna i Stockholm, Göteborg och Malmö, som byggdes på 1920-talet, är några av de första limträkonstruktionerna i Sverige.<sup>12</sup>

### 2.2.2 Uppbyggnad

Limträ består av ett antal trälameller som limmats samman med fiberriktningen i elementens längdriktning och limfogarna parallella med tvärsnittets breddsida.<sup>13</sup> I de nordiska länderna används normalt gran vid tillverkning av limträ, men även tryckimpregnerat furuvirke förekommer då konstruktionen väntas vara särskilt utsatt för fukt. För att få klassas som limträ måste elementet bestå av minst 4 lameller, annars kallas det för limmat konstruktionsvirke.<sup>14</sup> I Sverige är tjockleken hos en lamell 45 mm i raka element och i krökta element beror tjockleken på krökningsradien. De yttersta lamellerna,  $h/6$  från ytterkanterna se figur 2.4, i tvärsnittet består av trä med högre kvalitet.<sup>15</sup>



Figur 2.4. Uppbyggnad av kombinerat limträ tvärsnitt.

<sup>11</sup> <http://www.svensktlimtra.se/sv/>

<sup>12</sup> Svenskt limträ AB, Limträ handbok

<sup>13</sup> <http://www.svensktlimtra.se/sv/>

<sup>14</sup> Svenskt limträ AB, Limträ handbok

<sup>15</sup> <http://www.svensktlimtra.se/sv/>

### 2.2.3 Tillverkning

Innan virket sammanfogas torkas det till en fuktkvot motsvarande cirka 12 %. Det är viktigt att det inte är för stor skillnad i fuktkvot mellan de intilliggande lamellerna då det kan leda till sprickor i träet när lamellerna kommer i jämvikt med varandra. Virket sorteras efter hållfasthet och genom fingerskarvning sammanfogas virket till lameller. Lamellerna hyvlas och limmas sedan samman och sätts under presstryck under tiden limmet härdas. I hela tvärsnittet ligger kärnvirket åt samma håll, för att minska risken för sprickor i tvärsnittet, förutom i de yttersta lamellerna där kärnvirket vänds utåt. Elementet hyvlas sen för att få önskad yta.<sup>16</sup>

### 2.2.4 Fördelar

- Limträ har låg egetyngd i förhållande till sin bärförmåga, vilket är en stor fördel vid stora spännvidder.
- Det finns stora möjligheter att tillverka limträelement i olika former.
- Limträ är ett miljövänligt byggnadsmaterial som går att återvinna och tillverkningen är energisnål.
- Limträ är lätt att montera vilket minskar kostnaderna.
- Resthållfastheten vid brand är betydligt högre än för många andra material.<sup>17</sup>

## 2.3 Fuktttransport

### 2.3.1 Diffusion

Fuktttransporten som är aktuell i detta fall är *diffusion*, vilket innebär att det är en transport av vatten i ångfas. Diffusion är en långsam process och är ett resultat av att vattenångan i material strävar efter att uppnå jämvikt med omgivande luft.

#### 2.3.1.1 Adsorption

Trä tar upp hygroskopisk fukt direkt från luften och binder det fysikaliskt på två olika sätt. Vid låg relativ fuktighet är det framförallt adsorption som verkar. Adsorption innebär att vattenmolekyler binds till fasta ämnen genom attraktion av van der Waalska krafter<sup>18</sup> och bildar ett skikt på porytan med ett fåtal molekylers tjocklek.<sup>19</sup> Då det första skiktet adsorberas benämns det monomolekylär adsorption och krafterna är starka, men när fler skikt adderas till trädets yta avtar krafterna och polymolekylär adsorption dominerar.<sup>20</sup> När träet binder vattenmolekyler minskas materialytans energiöverskott.<sup>21</sup> En stor mängd fukt kan bindas till trä, eftersom trä har en stor specifik yta.

<sup>16</sup> Svenskt limträ AB, Limträ handbok

<sup>17</sup> <http://www.svensktlimtra.se/sv/>

<sup>18</sup> Nevander L-E, Elmarsson B, Fukt handbok

<sup>19</sup> Burström P-G, Byggnadsmaterial Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper

<sup>20</sup> Nevander L-E, Elmarsson B, Fukt handbok

<sup>21</sup> Burström P-G, Byggnadsmaterial Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper

### 2.3.1.2 Kapillärkondensation

Vid mycket högre relativ fuktighet dominerar kapillärkondensation. Träet har då tagit upp så mycket fukt att det bildas menisker med konkava vattenytor som fångar upp vattenmolekyler som kondenserar och efterhand uppträder rena vätskeytor.<sup>22</sup>

## 2.4 Fuktrörelser enligt Limträhandboken

I Limträhandboken behandlas fuktrörelser i avsnitt 4.9. Av denna framgår att limträet normalt levereras med en fuktkvot på ungefär 12 %. Detta skall i princip motsvara årsgenomsnittet i klimatklass 1. För klimatklass 0 och 2 är fuktkvotens årsgenomsnitt 8 respektive 16 %. För Klimatklass 3 anges inte något genomsnitt. Vidare varierar fuktkvoten på grund av en säsongvis förändring i klimatet. För inom- och utomhuskonstruktioner under tak är fuktkvotsvariationen 3-5 procentenheter och för oskyddade konstruktioner utomhus 8-10 procentenheter.

Fuktrörelserna i träet varierar med fiberriktningen. Vinkelrätt fibrerna kan en maximal fuktrörelse i klimatklasserna 1 och 2 uppskattas till ungefär 10 mm/m och parallellt fibrerna 0,5 mm/m.

Balkar och pelare som ligger i ett isolerskikt kan få en ojämnt fördelad fuktkvot över tvärsnittet. Detta kan leda till betydande deformationer på grund av olika fuktrörelser på den varma och kalla sidan. Utböjningen på grund av oliksidig fuktpåverkan vid fri uppläggning och oförhindrade fuktrörelser kan beräknas enligt:<sup>23</sup>

$$\delta = \frac{l \cdot \Delta l}{8h}$$

$\delta$  = nedböjning

$l$  = spännvidd

$\Delta l$  = längddifferens mellan under – och överkant på balk.

$h$  = tvärsnittshöjd

## 3. Experimentell undersökning

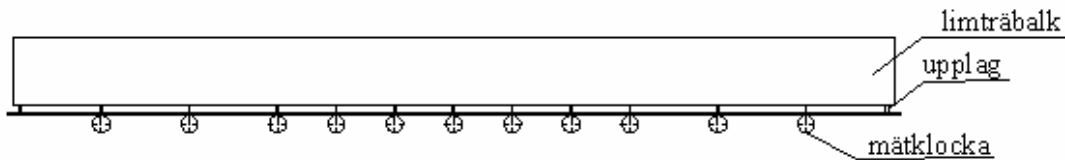
### 3.1 Utrustning

Limträbalkarna som används vid experimenten är av limträkvalitet L40 och har dimensionerna 42x225x3000 mm. Totalt har 14 balkar använts. För inplastning av balkarna användes byggfolie som fästes med dubbelhäftande monteringsstejp samt silvertejp. För att erhålla en olinjär fuktprofil i limträbalkarna användes klimatkammare med samma temperatur, 20°C, men med två olika relativa fuktigheter, 30 % samt 95 %.

<sup>22</sup> Nevander L-E, Elmarsson B, Fukt handbok

<sup>23</sup> Svenskt limträ AB, Limträ handbok

Vid mätning av limträbalkarnas krökning monterades 11 mätklockor upp på en ställning med fasta upplag längst ut i kanterna, se figur 3.1. För att erhålla ett nollläge användes en separat träbalk med en fastlimmad stålskena. På limträbalkarnas ändar som vilade mot upplagen limmades små plexiglas bitar. För att erhålla fuktprofilen sågades mindre bitar av en balk i 8 mm tjocka bitar med hjälp av en bandsåg, som sedan vägdes på en våg med noggrannheten 1/100 gram och torkades i torkskåp, 105°C, för att sedan vägas igen.



Figur 3.1 Försöksuppställning för mätning av deformation.

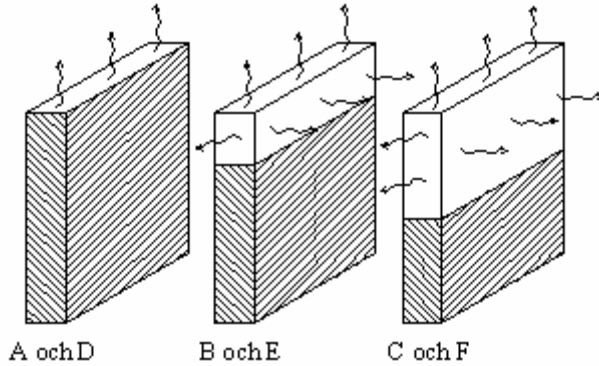
### 3.2 Utförande

Limträbalkarna placerades i de olika klimatkammarna, 7 stycken i 30 % relativ fuktighet och 7 stycken i 95 % relativ fuktighet, där de låg i cirka 20 veckor för att komma i jämvikt med omgivande klimat. För att kontrollera att de verkligen hade kommit i jämvikt sågades balken i 130 mm breda klossar, där den mittersta klossen plockades ut för att få fuktprofilen analyserad. Om den mittersta klossen var i jämvikt innebar det att hela balken var i jämvikt. Kontrollen gjordes genom att såga klossen i 24 tunna lameller och väga dem. Varje lamell lades efter sågningen i varsin lufttät plastpåse för att den inte skulle ta åt sig fukt eller avge fukt till omgivningen på väg till vågen. Efter vägning placerades de i ett torkskåp för att torka, vilket tog cirka 2 dygn, för att därefter vägas igen. Fuktkvoten beräknades och om den var samma i alla lamellerna, var den i jämvikt med omgivande klimat.

När balkarna var i jämvikt plastades de in i byggfolie. Två i varje klimatkammare plastades in så att bara en sida var fri, två plastades in så att en fjärdedel av balkens sidor var fria och de två återstående plastades in så att halva balkens sidor var fria, se tabell 3,1 och figur 3.2. För varje klimat och balk plastades en kloss in för varje mättillfälle, för att vid varje mättillfälle kunna få motsvarande fuktprofil. På alla balkarna klistrades plastbitar på där ändupplagen vid mätningarna skulle hamna, för att det inte skulle förekomma någon lokal deformation i balken som kunde påverka resultatet.

Tabell 3.1 Försöksprogram

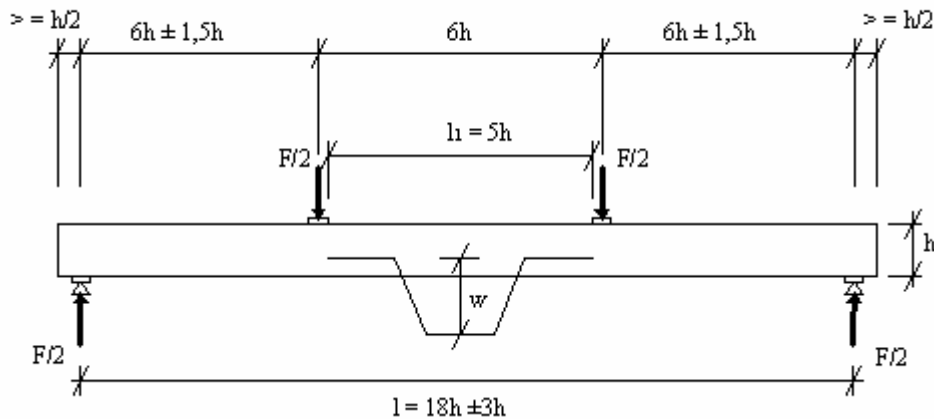
balk	isolering	klimat [%]	
A	1/1	95-30	uttorkning
B	3/4	95-30	uttorkning
C	1/2	95-30	uttorkning
D	1/1	30-95	uppfuktning
E	3/4	30-95	uppfuktning
F	1/2	30-95	uppfuktning



Figur 3.2 Helt isolerad, 3/4-isolerad respektive 1/2-isolerad kloss.

Innan balkarnas omgivande klimat ändrades genom byte av klimatkammare mättes balkens ursprungliga nedböjning och fuktprofilen togs fram. För att kunna nollställa mätklockorna innan varje mätning användes en styv balk med fastlimmad stålskena som nollställningsbalk. Stålskenans funktion vara att ge en slät och hård yta för att inte mätklockorna skulle lämna spår i nollställningsbalken och på så vis ge onödiga mätfel vid nollställningen av mätklockorna. I klimatkammarna ställdes balkarna på högkant lutandes mot väggen som om de var upplagda på två ändupplag. Vid varje mättillfälle mättes sedan nedböjningen för alla balkarna. Nedböjningen för varje balk mättes minst 20 gånger i rad för att få ett tillförlitligt värde, standardavvikelsen blev i storleksordningen 0,010 mm. Viktigt att tänka på var att sätta ner balken långsamt och lätt på mätanordningen varje gång, eftersom det annars skulle ge en allt för stor standardavvikelse. För att ta fram fuktprofilen sågades en kloss för varje balk sönder vid varje mättillfälle. Vägning och torkning gjordes enligt ovan.

Böjförsoök gjordes enligt SS-EN 408 för att få fram elasticitetsmodulen för limträbalkarna. Försoöken genomfördes på två balkar vardera, vilka klimatiserats i 30 % respektive 95 % relativ luftfuktighet. Elasticitetsmodulen användes sedan för att beräkna hur stor den motsvarande utbredda lasten är som skulle orsaka samma nedböjning som försoöken.



Figur 3.3 Försöksupställning enligt SS-EN 408.

Enligt den givna försöksupställningen, se figur 3.3, skall balkarnas minsta längd mellan upplagen vara 15h, vilket i detta fall inte kan uppfyllas, då balkarna är för korta i förhållande till höjden. Villkoret ger en ny höjd på 193 mm vilken används i försöket för att få fram de olika inbördes avstånden.

## 4. Bearbetning

### 4.1 Nedböjning

Med hjälp av mätvärdena från experimenten beräknades den verkliga nedböjningen för varje balk och mättillfälle, se bilaga 1. Detta gjordes genom att beräkna skillnaden mellan dag 0, som representerar balkarnas opåverkade tillstånd, och de olika mättillfällena. Standardavvikelsen beräknades för varje mätklockas mätserie för varje balk.

*Formel för beräkning av standardavvikelse:*

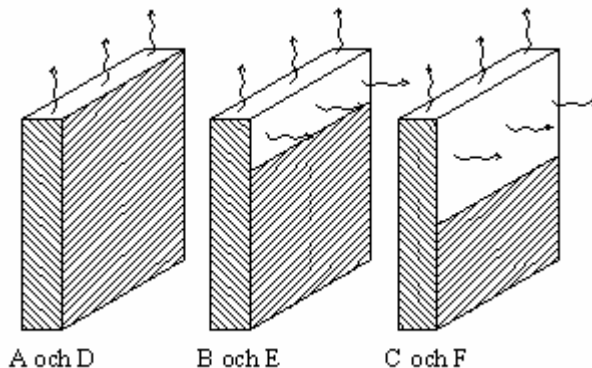
$$S = \sqrt{\frac{\Sigma(X^2) - \frac{(\Sigma X)^2}{n}}{n-1}}$$

$n$  = antal provkroppar

$X$  = mätvärde för  $n_i$

### 4.2 Fuktprofil

Under experimentens gång upptäcktes att de klossar som skulle användas för att ta fram fuktprofilerna för balkarna B, C, E och F inte var inplastade på ett sätt som var representativt för balkarna. Ändrålet skulle ha varit helt inplastat, för att kunna jämföras med en lång kontinuerlig balk, se figur 4.1. På grund av tidsbrist valdes datasimulering istället för ett nytt experiment.



Figur 4.1 Korrekt inplastning.

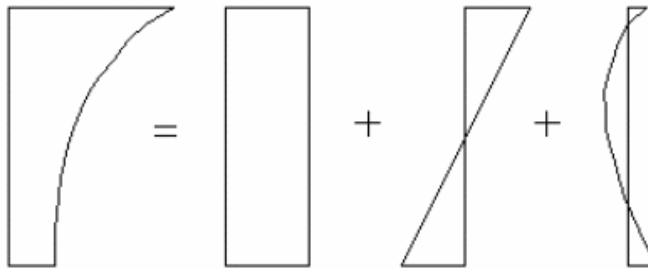


Fuktkvoterna, se bilaga 2, togs fram ur lamellernas torra och fuktiga vikt. Fuktkvotprofilerna plottades sedan.

*Formel för beräkning av fuktkvot:*

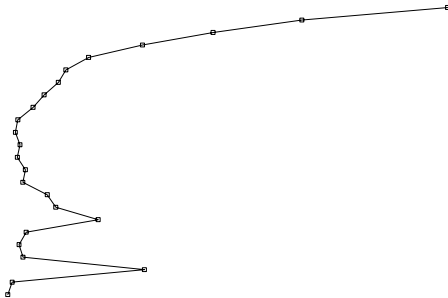
$$u = \frac{m_{\text{fuktig}} - m_{\text{torr}}}{m_{\text{torr}}} \quad [\text{kg} / \text{kg}]$$

För att kunna analysera en olinjär fuktkvotprofil (a) på ett enkelt sätt, delas denna upp i tre olika delar, jämn, linjär och olinjär fuktkvotsändring. Se figur 4.2. Den jämna fuktkvotsändringen (b) orsakar en lika stor svällning alternativt krympning över hela tvärsnittet, medan den olinjära fuktkvotsändringen endast ger självbalanserade egenspanningar och därför inte kommer att bidra till krökningen. Krökningen som uppstår beror därför endast av den linjära fuktkvotsändringen (c).<sup>24</sup>

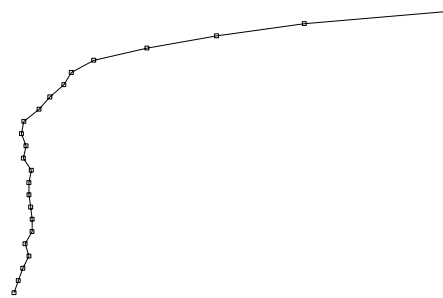


Figur 4.2 a) Fuktkvotprofil      b) Jämn del      c) Linjär del      d) Olinjär del

Med tanke på att fukttransporten endast sker ovanifrån är det tydligt att fuktpåverkan enbart kan ha skett i den övre delen av tvärsnittet. Därför har de mätpunkter som uppenbart avviker från den förväntade kurvan modifierats, se figur 4.3.



Figur 4.3 a) Exempel på verklig fuktkvotprofil.

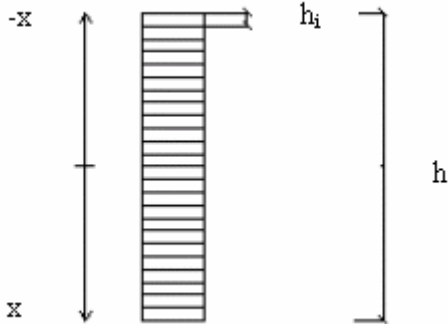


Figur 4.3 b) Exempel på modifierad fuktkvotprofil.

<sup>24</sup> Nilsson A, Temperaturpåverkan på betongbroar

### 4.2.1 Linjär fuktkvotsändring

Då endast den linjära fuktkvotsändringen ger balken dess krökning är denna krökning lika med krökningen orsakad av den totala fuktkvotsändringen. Detta tillsammans med ett uttryck för den linjära fuktprofilens lutning ger sambandet för  $\Delta U$ .<sup>25</sup>



Figur 4.4 Illustration av h och x i tvärsnittet.



Figur 4.5 Linjär fuktprofil med lutningen A.

$$\text{Figur 4.4 och figur 4.5 ger att: } -\frac{\Delta U}{2} = \bar{U}\left(\frac{h}{2}\right) = A \frac{h}{2} \Leftrightarrow A = -\frac{\Delta U}{h} \quad (1)$$

$$\bar{U}(x) \text{ orsakar krökning: } \int_{-h/2}^{h/2} A \cdot x^2 dx = \left[ \frac{A \cdot x^3}{3} \right]_{-h/2}^{h/2} = \frac{A \cdot h^3}{24} - \left( -\frac{A \cdot h^3}{24} \right) = \frac{A \cdot h^3}{12} \quad (2)$$

$$U(x) \text{ orsakar krökning: } \int_h U(x) \cdot x dx \quad (3)$$

$\bar{U}(x)$  = linjär fuktkvot vid x

$U(x)$  = fuktkvot vid x

$$(2) = (3) \Leftrightarrow \frac{A \cdot h^3}{12} = \int_h U(x) \cdot x dx$$

$$\text{Ekvation (1) insatt i ovan ger: } -\frac{\Delta U \cdot h^3}{12 \cdot h} = \int_{-h/2}^{h/2} U(x) \cdot x dx \Leftrightarrow \Delta U = -\frac{12}{h^2} \cdot \int_{-h/2}^{h/2} U(x) \cdot x dx$$

Eftersom funktionen  $U(x)$  ej är känd blir ekvationen ovan svår att lösa. Därför

approximeras  $\int_{-h/2}^{h/2} U(x) \cdot x dx$  till  $\sum(U_i h_i x_i)$ . Uttrycket för  $\Delta U$  blir då.<sup>26</sup>

<sup>25</sup> Nilsson A, Temperaturpåverkan på betongbroar

<sup>26</sup> Nilsson A, Temperaturpåverkan på betongbroar

$$\Delta U = -\frac{12}{h^2} \sum (U_i h_i x_i)$$

$h = \text{tvärsnittets höjd}$

$U_i = \text{fuktkvot vid } x = x_i$

#### 4.2.2 Jämn fuktkvotsändring

Den jämna fuktkvotsändringen beräknas enligt:<sup>27</sup>

$$U_m = \frac{\sum (U_i h_i)}{\sum h_i}$$



Figur 4.6 Jämn fuktkvotsändring.

#### 4.2.3 Olinjär fuktkvotsändring

Den olinjära fuktkvotsändringen erhålls genom ett jämviktssamband.<sup>28</sup>

$$\bar{U}(x) = U(x) - U_m - \bar{U}(x)$$

$\bar{U}(x) = \text{linjär fuktkvot vid } x$

$U(x) = \text{fuktkvot vid } x$

#### 4.2.4 Datasimulering

Vid datasimulering användes dataprogrammet Jam-2 version 1.0 från Avdelningen för Byggnadsfysik. Först gjordes en simuleringsmodell för de helt inplastade balkarna för att erhålla simulerade fuktprofiler.  $\Delta U$  beräknades enligt avsnitt 4.2.1 och jämfördes med  $\Delta U$  beräknad utifrån resultaten från experimenten. Utifrån denna jämförelse anpassades transportkoefficienterna i materialdatafilerna för varje dag för att kunna simulera de övriga balkarna, se bilaga 2.  $\Delta U$  beräknades, se tabell 4.1.

<sup>27</sup> Nilsson A, Temperaturpåverkan på betongbroar

<sup>28</sup> Nilsson A, Temperaturpåverkan på betongbroar

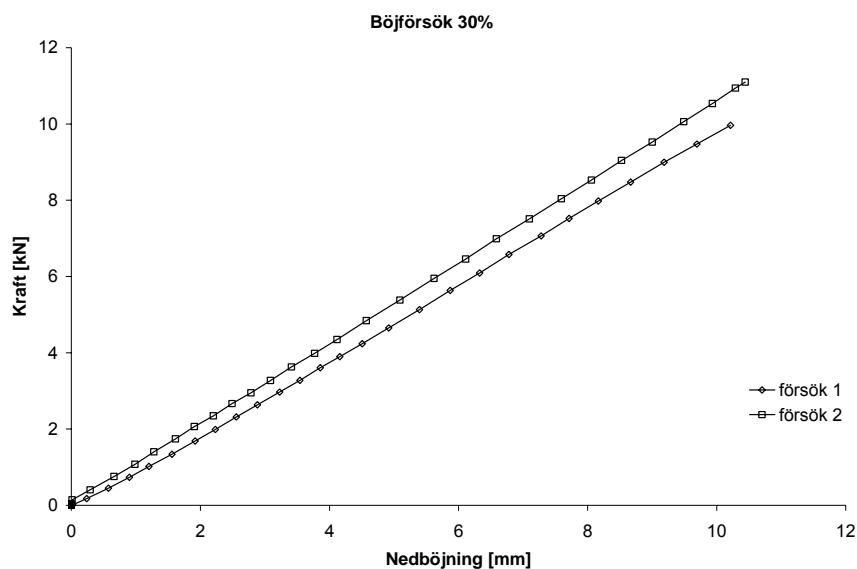
Fuktprofilerna för uttorkningsförsöken överensstämde inte med vad som borde vara möjligt i verkligheten. Dels fanns det alldeles för många avvikande värden vilket gjorde det omöjligt att modifiera fuktprofilerna till jämna kurvor som gjorts i figur 4.3. Dels var fuktprofilerna inte i rätt ordning. Logiskt borde fuktprofilerna vara torrare ju fler dagar som gått. Denna problematik ledde till att endast uppfuktningförsöken kunde simuleras.

Tabell 4.1 Linjär fuktkvotsändring.

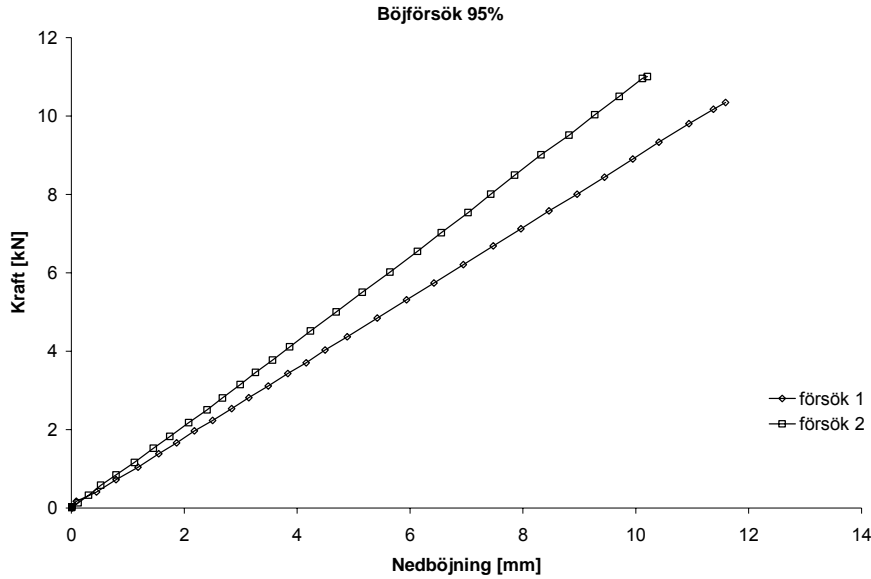
	<b>D</b>		<b>Skilnad</b> $(\Delta U_{\text{exp}} - \Delta U_{\text{sim}}) / \Delta U_{\text{exp}}$	<b>E</b>	<b>F</b>
	$\Delta U_{\text{exp}}$	$\Delta U_{\text{sim}}$		$\Delta U_{\text{sim}}$	$\Delta U_{\text{sim}}$
<b>dag</b>	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
<b>3</b>	-1,16	-1,05	9,46	-2,03	-2,49
<b>7</b>	-1,60	-1,64	-2,08	-3,14	-3,88
<b>11</b>	-2,32	-2,43	-4,80	-4,84	-6,19
<b>17</b>	-2,57	-2,48	3,47	-4,98	-6,36
<b>24</b>	-2,96	-3,05	-3,05	-5,99	-7,76
<b>38</b>	-3,85	-3,66	4,96	-6,70	-8,60

### 4.3 Böjförsök

Böjföröken gav ett linjärt förhållande mellan kraften, F, och nedböjningen,  $\delta$ , se bilaga 3, figur 4.7 och figur 4.8.



Figur 4.7 Förhållande mellan kraft och nedböjning vid böjförsök med balkar i jämvikt med relativa luftfuktigheten 30 %.



Figur 4.8 Förhållande mellan kraft och nedböjning vid böjförsök med balkar i jämvikt med relativa luftfuktigheten 95 %.

Böjstyvheten enligt SS-EN 408:

$$EI = \frac{a \cdot l_1^2 (F_2 - F_1)}{16(\delta_2 - \delta_1)} \quad [Nmm^2]$$

$a$  = avstånd mellan punktlast och upplag

$l_1$  = avstånd mellan punktlasterna

$F$  = last

$\delta$  = nedböjning

$(F_2 - F_1)/(\delta_2 - \delta_1)$  = kurvans lutning, se figur 4.8

Tabell 4.2 Beräknad EI från böjförsök.

	<b>EI [Nmm<sup>2</sup>]</b>
<b>30 % försök 1</b>	5,16E+11
<b>30 % försök 2</b>	5,10E+11
medel	<b>5,13E+11</b>
<b>95 % försök 1</b>	4,24E+11
<b>95 % försök 2</b>	6,31E+11
medel	<b>5,28E+11</b>

Resultatet ovan visar att medelvärdet från de båda försöken skiljer sig minimalt, varför i fortsättningen medelvärdet för alla försök,  $EI = 5,21E+11 \text{ Nmm}^2$ , kommer att användas. Normalt borde styvheten vara lägre vid högre fuktkvot. Tröghetsmomentet är samma för alla balkar vilket betyder att detta inte påverkar jämförelsen.

Den maximala deformationen,  $\delta_{\max}$ , för varje typ av balk ger den utbredda lasten,  $q_{\text{ber}}$ , vilken motsvarar samma nedböjning.

$$q_{\text{ber}} = \frac{\delta \cdot 384 \cdot EI}{5 \cdot L^4 \cdot b} \quad [N/m^2]$$

$L$  = balkens längd

$b$  = balkens bredd

Den beräknade lasten, som motsvarar den maximala deformationen, jämförs med brukslasten, för exempelvis lastkombination 8, för att få en uppfattning om hur stor del det motsvarar, se tabell 4.3.

LK 8 ger:

$$q = 1,0 \cdot G_k + 1,0 \cdot Q_k + 1,0 \cdot \psi \cdot Q_k$$

med nyttig last (samlingslast) enligt BKR, och antagen egentygnd på 0,5 kN/m<sup>2</sup>.

Beroende på deformationens riktning vid uppfuktning eller uttorkning kommer den antingen att medverka till eller motverka nedböjningen på grund av last.

Tabell 4.3 Utbredd last

	$\delta_{\max}$	$q_{\text{ber}}$	$q_{\text{LK8}}$	kvot $q_{\text{ber}}/q_{\text{LK8}}$
<b>balk</b>	[mm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[%]
A	1,122	0,63	3	21
B	2,371	1,34	3	45
C	2,987	1,69	3	56
D	-2,292	-1,30	3	43
E	-3,552	-2,01	3	67
F	-4,143	-2,34	3	78

En jämförelse gjordes mellan den från experimenten erhållna nedböjningen,  $\delta_{\text{exp}}$ , och den med hjälp av Limträhandboken beräknade nedböjningen,  $\delta_{\text{ber}}$ , se avsnitt 2.4:

där

$$\Delta l = \Delta U \cdot \alpha \cdot l$$

$\Delta U$  se tabell 4.1.

$\alpha$ , längdutvidgningskoefficient parallellt fibrerna = 5,5E-5 per procents ändring av fuktkvoten.

Det skall uppmärksammas att de helt isolerade balkarna, D, inte har nått sin maximala nedböjning. Resultatet visar att de uppmätta nedböjningarna,  $\delta_{\text{exp}}$ , är betydligt större än de beräknade,  $\delta_{\text{ber}}$ , se tabell 4.4.

Fuktinducerad deformation i limträ

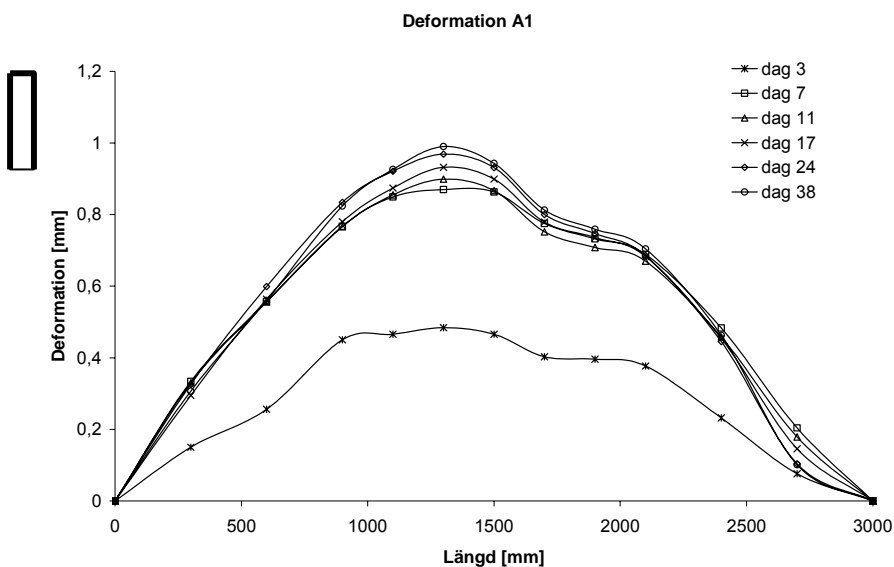
Tabell 4.4 Maximal nedböjning från experiment jämfört med beräknad nedböjning

	<b>D</b>			<b>E</b>			<b>F</b>		
<b>dag</b>	$\delta_{\text{exp}}$	$\delta_{\text{ber}}$	<b>skillnad</b>	$\delta_{\text{exp}}$	$\delta_{\text{ber}}$	<b>skillnad</b>	$\delta_{\text{exp}}$	$\delta_{\text{ber}}$	<b>skillnad</b>
	[mm]	[mm]	[%]	[mm]	[mm]	[%]	[mm]	[mm]	[%]
<b>3</b>									
<b>7</b>									
<b>11</b>									
<b>17</b>							-4,143	-1,749	<b>57,8</b>
<b>24</b>				-3,552	-1,647	<b>54,6</b>			
<b>38</b>	-2,253	-1,007	<b>55,3</b>						

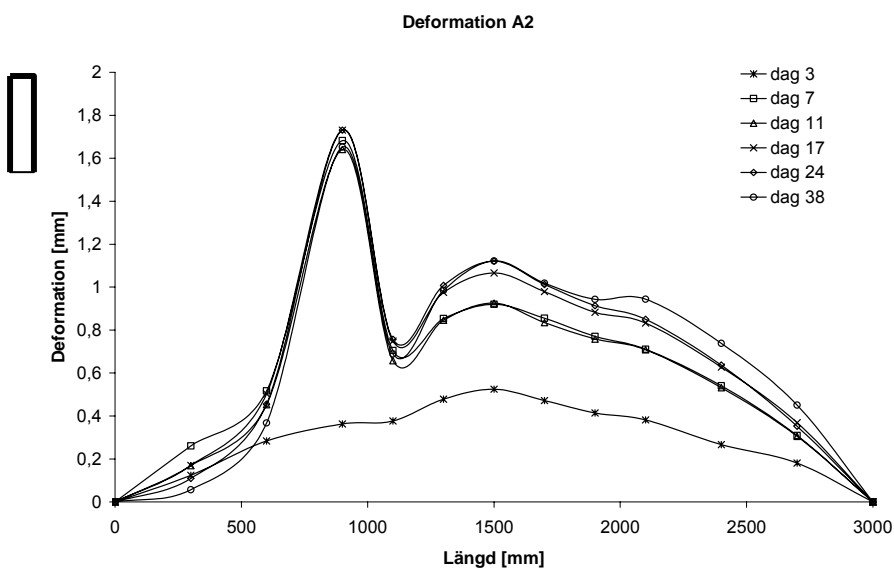
## 5. Resultat

### 5.1 Deformation

Försöken illustreras i figurerna nedan.



Figur 5.1 Uttorkning av helt isolerad balk. RF 95–30 %.

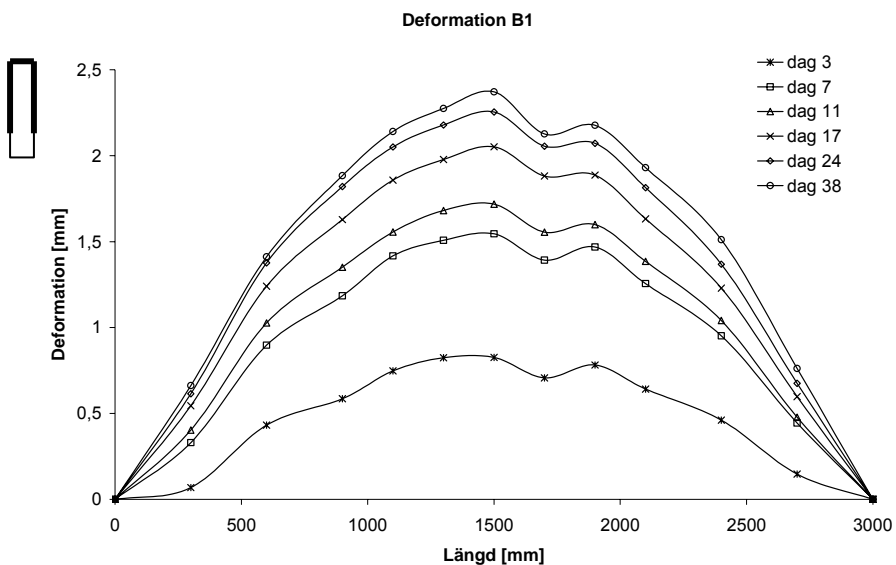


Figur 5.2 Uttorkning av helt isolerad balk. RF 95–30 %.

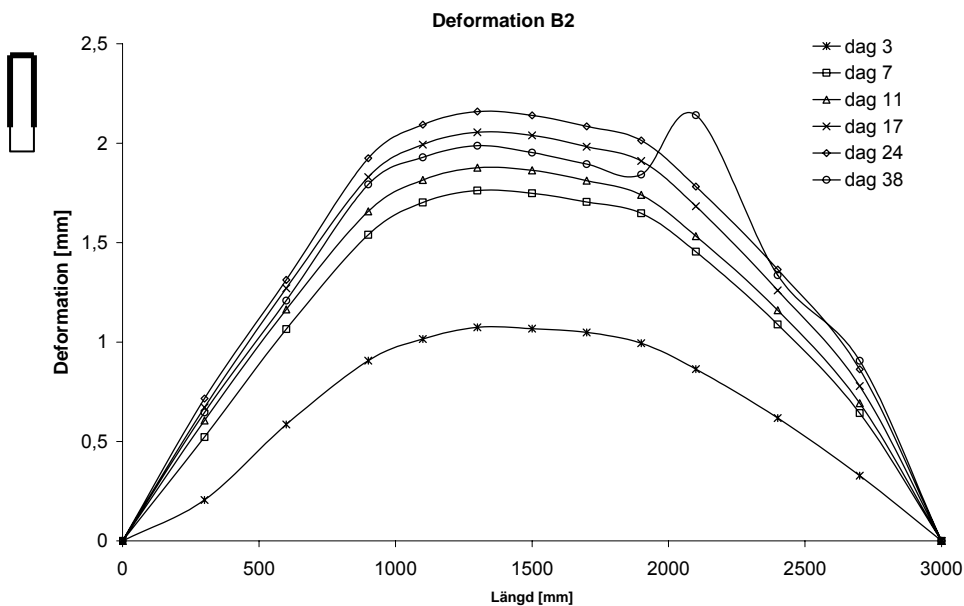
Fjärde mätpunkten, 900 mm, dag 7 till 38 passar inte in i nedböjningskurvan. Kurvorna avviker dock endast cirka 1 mm från att passa in, vilket gör det svårt att avgöra vad som är orsaken. En trolig orsak är dock en transportskada under experimentens gång.



## Fuktinducerad deformation i limträ



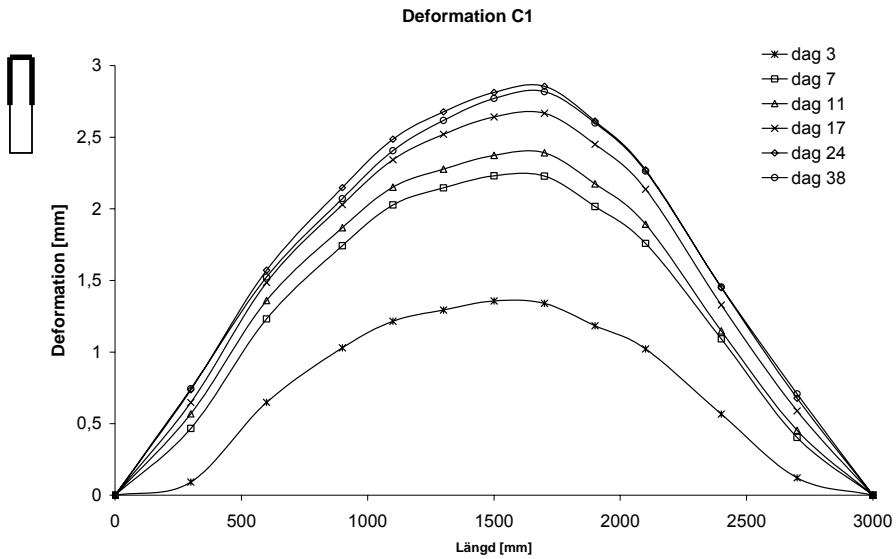
Figur 5.3 Uttorkning av  $\frac{3}{4}$ -isolerad balk. RF 95–30 %.



Figur 5.4 Uttorkning av  $\frac{3}{4}$ -isolerad balk. RF 95–30 %.

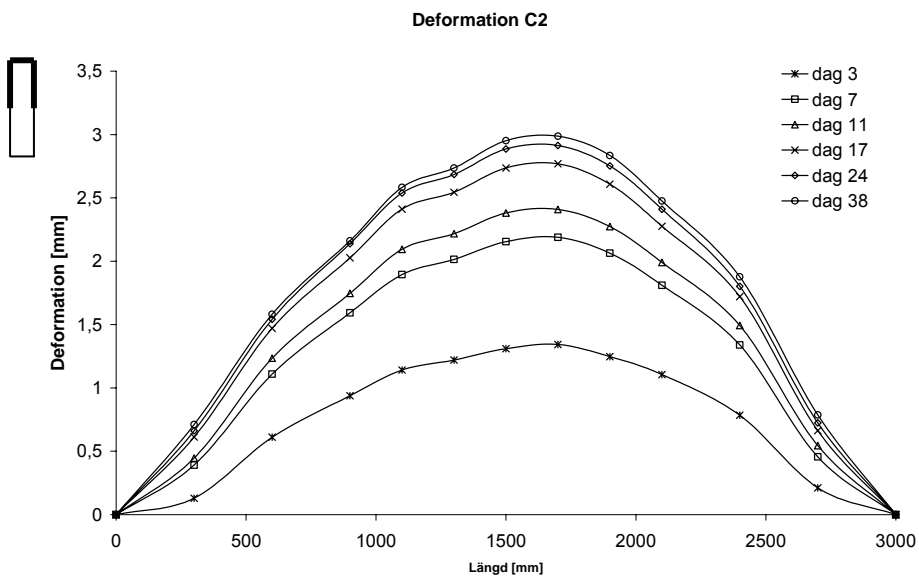
Fjärde mätpunkten, 900 mm, har korrigerats eftersom mätklockan fastnade i fel läge och mätte därmed ej balkens verkliga läge vid experimentstillfälle dag 0. Observera att deformationen minskar efter dag 24 vilket sannolikt beror på utjämning av fuktprofilen.

## Fuktinducerad deformation i limträ



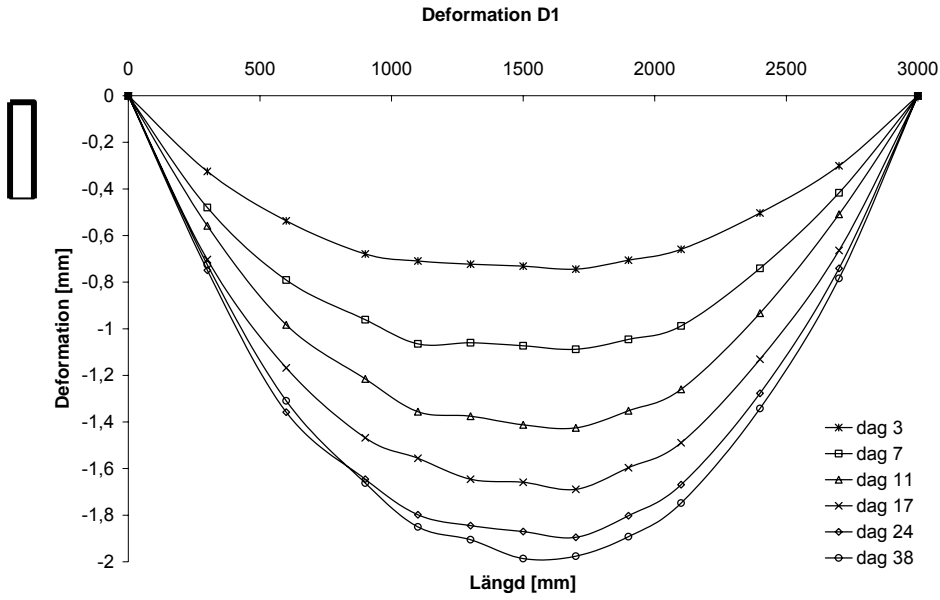
Figur 5.5 Uttorkning av 1/2-isolerad balk. RF 95–30 %.

Observera att deformationen minskar efter dag 24 vilket sannolikt beror på utjämning av fuktprofilen.

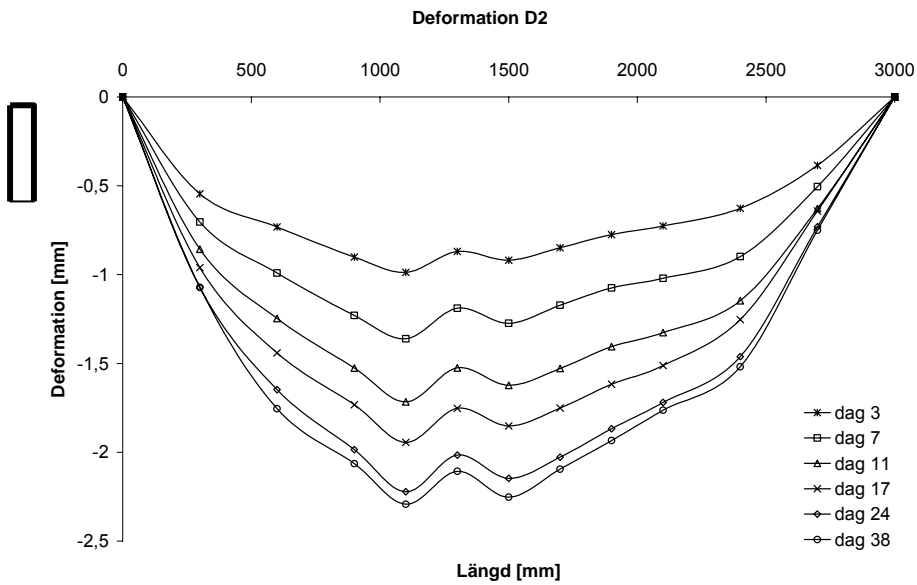


Figur 5.6 Uttorkning av 1/2-isolerad balk. RF 95–30 %.

# Fuktinducerad deformation i limträ

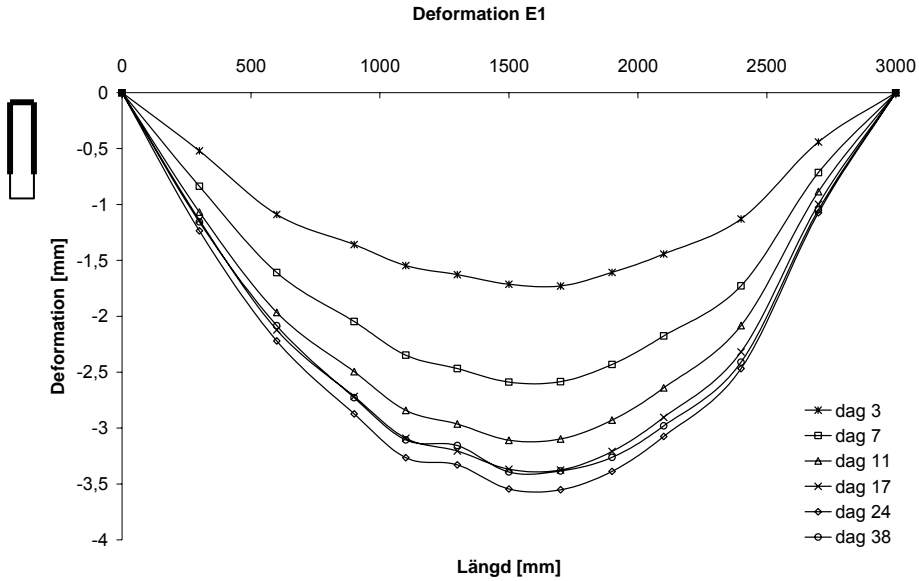


Figur 5.7 Uppfuktning av helt isolerad balk. RF 30–95 %.



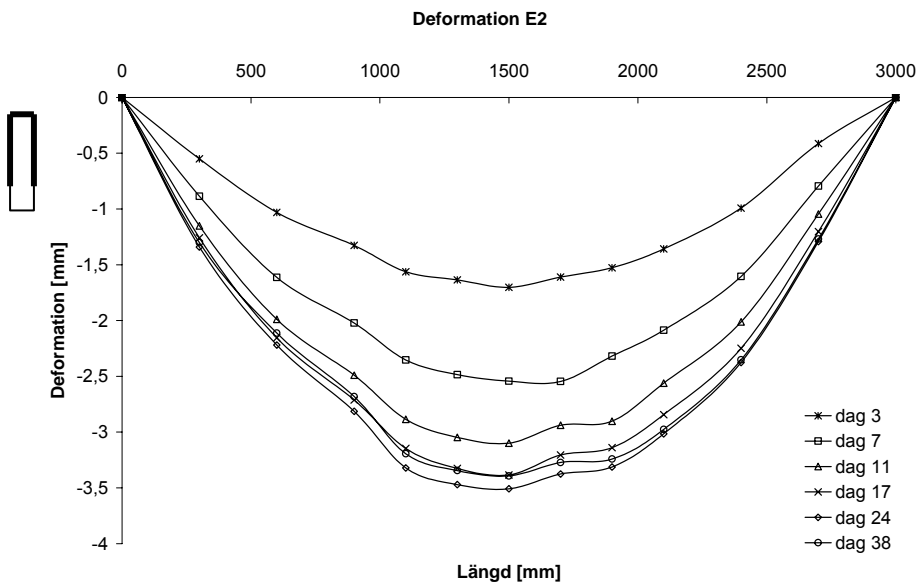
Figur 5.8 Uppfuktning av helt isolerad balk. RF 30–95 %.

## Fuktinducerad deformation i limträ



Figur 5.9 Uppfuktning av  $\frac{3}{4}$ -isolerad balk. RF 30–95 %.

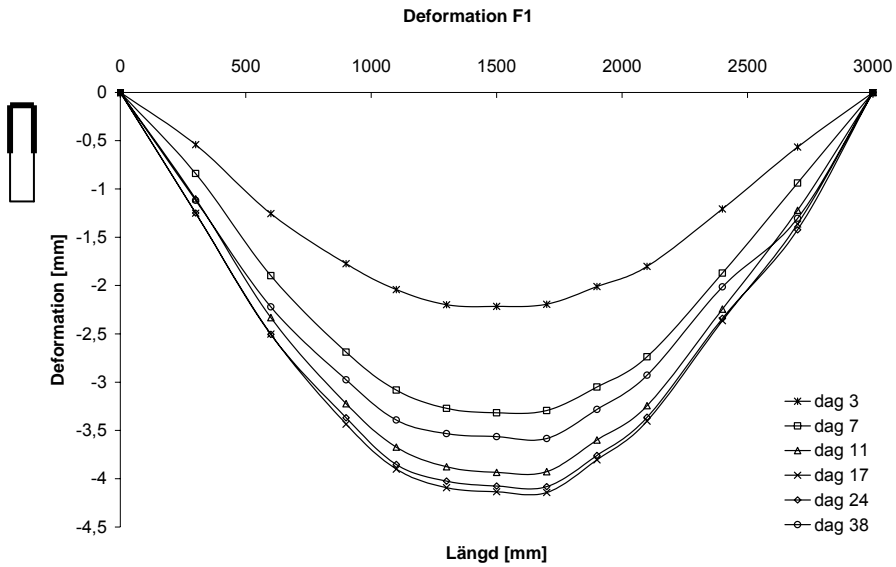
Observera att deformationen minskar efter dag 24 vilket sannolikt beror på utjämning av fuktprofilen.



Figur 5.10 Uppfuktning av  $\frac{3}{4}$ -isolerad balk. RF 30–95 %.

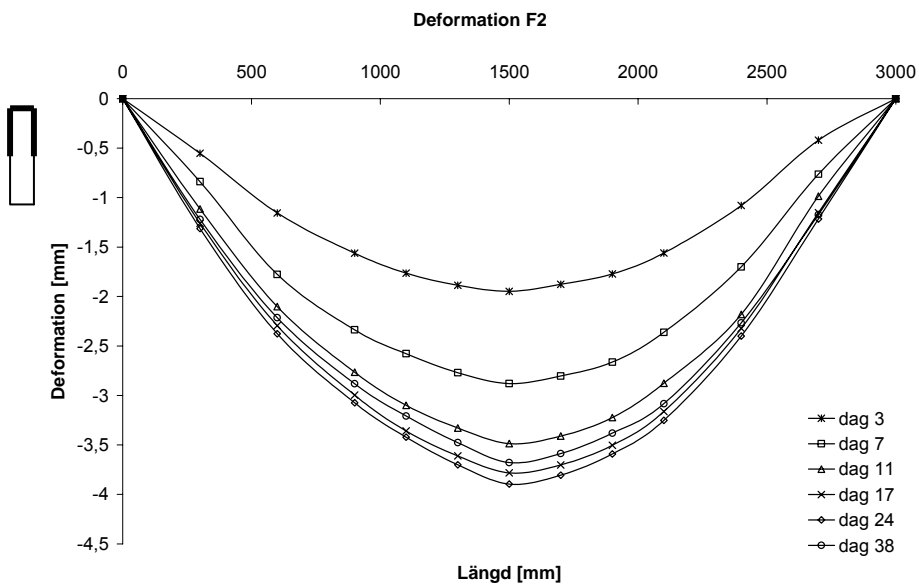
Observera att deformationen minskar efter dag 24 vilket sannolikt beror på utjämning av fuktprofilen.

## Fuktinducerad deformation i limträ



Figur 5.11 Uppfuktning av ½-isolerad balk. RF 30–95 %.

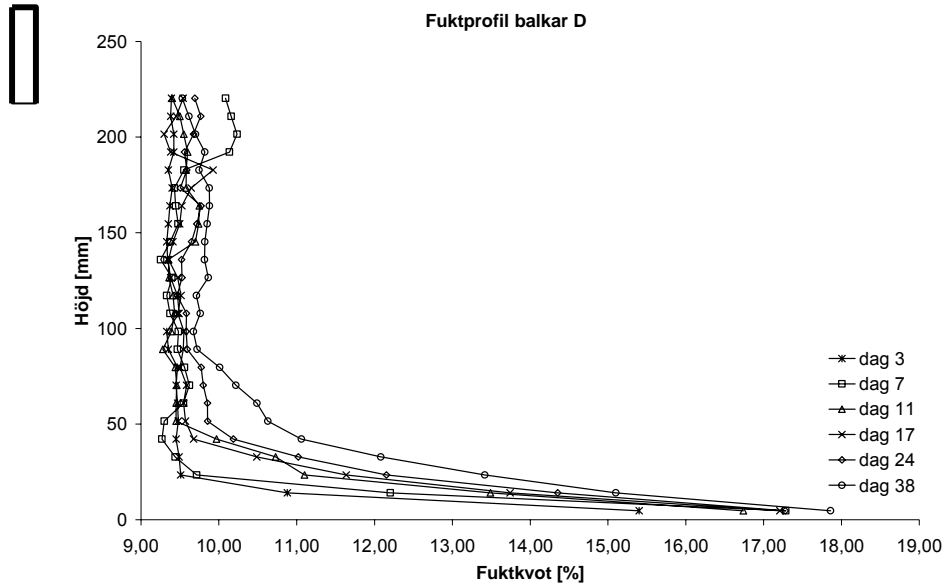
Observera att deformationen minskar efter dag 17 vilket sannolikt beror på utjämning av fuktprofilen.



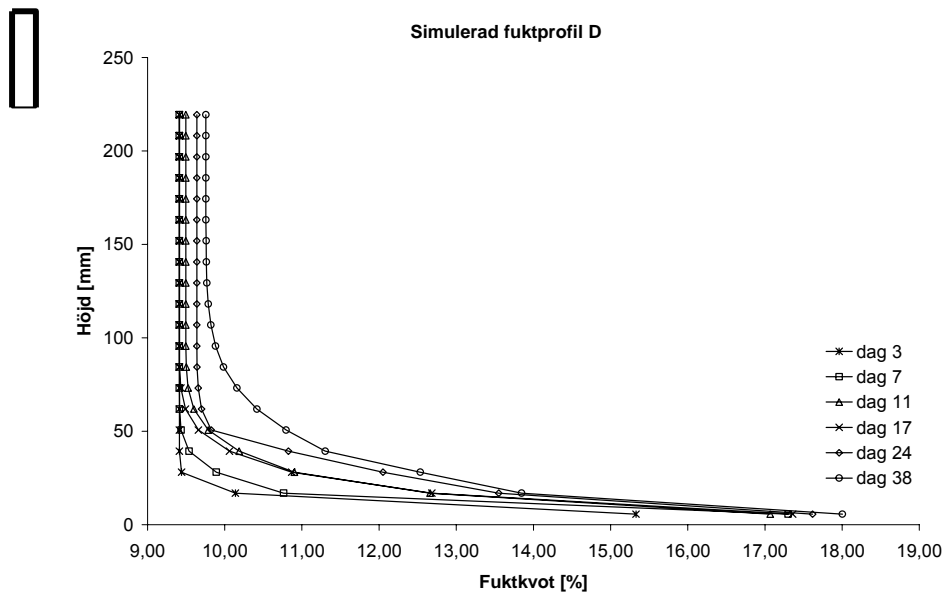
Figur 5.12 Uppfuktning av ½-isolerad balk. RF 30–95 %.

Observera att deformationen minskar efter dag 24 vilket sannolikt beror på utjämning av fuktprofilen.

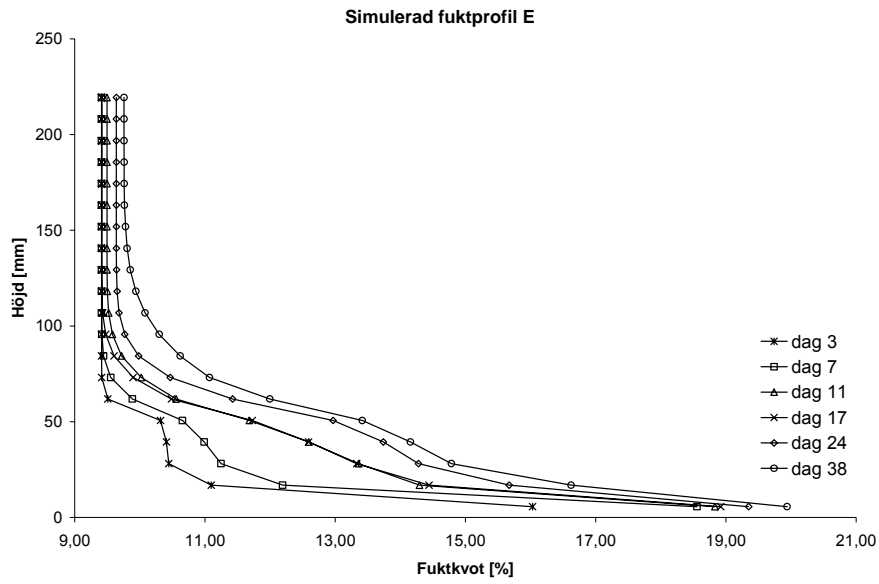
## 5.2 Fuktprofiler



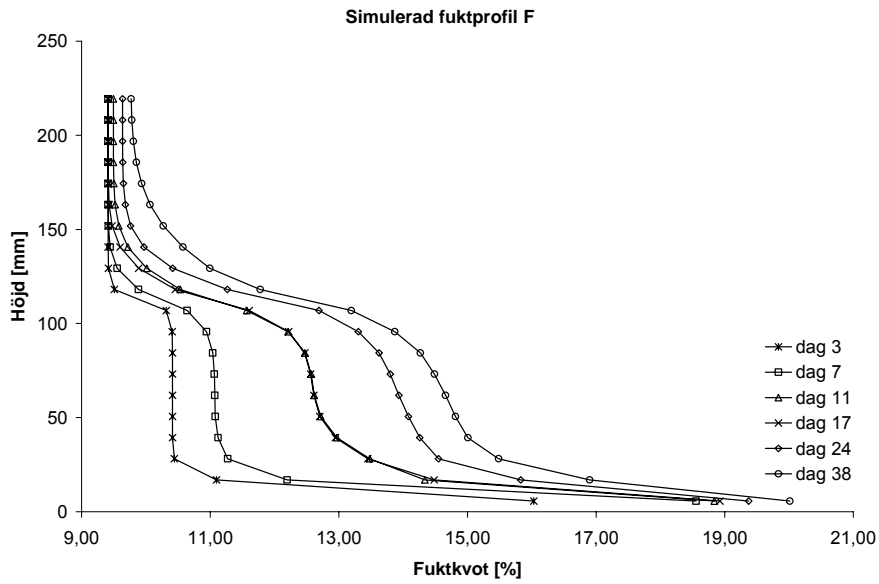
Figur 5.13 Fuktprofil vid uppfuktning av helt isolerad balk. Modifierade värden.



Figur 5.14 Simulerad fuktprofil vid uppfuktning av helt isolerad balk.



Figur 5.15 Simulerad fuktprofil vid uppfuktning av  $\frac{3}{4}$ -isolerad balk



Figur 5.16 Simulerad fuktprofil vid uppfuktning av  $\frac{1}{2}$ -isolerad balk

## 6. Slutsatser

Eftersom inga fuktprofiler från uttorkningsförsöken erhöles går det ej att dra några generella slutsatser. Trä beter sig annorlunda vid uppfuktning jämfört med uttorkning, därför krävs det fuktprofiler från experiment för båda fallen.

Det kan konstateras att balkarna kröker mer vid uppfuktning än vid uttorkning. Balkarna vid uppfuktning kröker även avsevärt mer än vad som beräknas ur Limträhandboken. De beräknade nedböjningarna är endast hälften så stora som experimentella.

Trots det enkla datasimuleringsprogrammet, som inte tar hänsyn till trä är ett anisotrop material som transporterar fukt olika fort i olika riktningar, verkar de simulerade värdena för  $\Delta U$  rimliga, då  $\Delta U$  och nedböjningen ökar proportionellt mot varandra vid uppfuktningförsöken.

Den beräknade lasten, som motsvarar den maximala deformationen, jämfört med brukslasten för lastkombination 8 visar på att fukt ger en stor inverkan, då den fuktrelaterade deformationen endast är 22 % lägre.

Hystereseffekten bekräftas då balkarna i uppfuktningförsöken uppnår maximal nedböjning snabbare än balkarna i uttorkningförsöken.

## 7. Diskussion

Då fuktprofilerna endast erhöles från en kloss per mätillfälle och klimatkammare är det svårt att säga hur korrekta de är. Fuktprofilerna för uppfuktning gav jämna kurvor utan alltför många avvikande värden och ett tydligt samband kunde utläsas medan vid uttorkning var det svårt att se något samband. Det hade därför varit önskvärt att ha ett större antal försöksklossar för att lättare kunna upptäcka fel i fuktprofilerna. Alla fuktprofiler erhållna genom experiment borde även jämföras med en datasimulerad fuktprofil.

Kombinationen av att de verkliga nedböjningarna var större än de beräknade och att de krafter, som uppkommer då limträ kröks på grund av fukt, är så stora, leder till att det kan bli ett stort problem. Stora skador kan uppkomma i andra delar av konstruktionen till följd av detta.

För att få resultat som ska kunna användas för praktiskt bruk vid dimensionering av limträ måste ett mer omfattande experiment genomföras. Balkar med varierande dimensioner och fuktförhållanden måste provas för att kunna dra generella slutsatser. Försökstiden måste även pågå så länge att alla balkar når maximal deformation. Försök bör även göras där balkarna utsätts för last och fuktcykler samtidigt.



## 8. Felkällor

- Ojämnheter i limträet vilket leder till att inte mätklockan hamnar på exakt samma ställe varje gång.
- Olika nedsättningshastigheter vilket eventuellt kan göra att mätklockan kommer längre in i träet.
- Mätklockorna lättpåverkade, endast en liten stöt kan resultera i att klockan flyttas ett antal hundradels millimeter.
- Otät inplastning av balkar.
- Fuktprofiler erhållna från experiment – varierande träegenskaper i de olika lamellerna.
- Fuktprofiler erhållna genom simulering – då programmet bygger på en förenklad modell, tas ej hänsyn till limfogarna och att trä är ett anisotropt material.

## 9. Referenser

Arfvidsson J, Computer model for two-dimensional moisture transport, manual for JAM-2 version 1.0, Avdelningen för Byggnadsfysik LTH, Lund 1989

Burström P-G, Byggnadsmaterial Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper, Studentlitteratur, Lund 2001

Carling O, Limträ handbok, Svenskt Limträ AB, Stockholm 2001

Dimwoodie J.M, Timber: It's nature and behaviour Second Edition, E & FN SPON, 2000

Isaksson T, Träkonstruktioner, Avdelningen för konstruktionsteknik LTH, Lund 2001

Mårtensson A, Mechanical behaviour of wood exposed to humidity variations, Avdelningen för Bärande konstruktioner LTH, Rapport TVBK-1006, Lund 1992

Nevander L-E och Elmarsson B, Fukt handbok praktik och teori, AB Svensk Byggtjänst, Stockholm 2001

Nilsson A, Temperaturpåverkan på betongbroar, Avdelningen för konstruktionsteknik LTH, Rapport TVBK-5121, Lund 2003

<http://www.svensktlimtra.se/sv/>, Svenskt Limträ, 20040609

SIS, Svensk standard SS-EN 408, utgåva 1, Byggstandardiseringen, Stockholm 1995

## Bilaga 1 (1/16)

Resultat från deformationsförsök med deformationsmedelvärde och standardavvikelse, S, för varje balk och mätklocka.



		A1											
		Mätklocka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>dag 0</b>	<b>Medel</b>	-0,143	0,192	0,558	0,596	0,987	0,810	0,417	0,245	0,377	0,636	0,421	
30 mätningar	<b>S</b>	0,031	0,022	0,031	0,030	0,023	0,019	0,014	0,008	0,018	0,009	0,012	
<b>dag 3</b>	<b>Medel</b>	-0,293	-0,064	0,108	0,130	0,503	0,344	0,014	-0,151	0,000	0,404	0,345	
20 mätningar	<b>S</b>	0,012	0,015	0,007	0,013	0,014	0,011	0,007	0,008	0,012	0,004	0,006	
<b>dag 7</b>	<b>Medel</b>	-0,477	-0,365	-0,209	-0,253	0,117	-0,053	-0,358	-0,487	-0,312	0,153	0,217	
20 mätningar	<b>S</b>	0,020	0,016	0,017	0,017	0,016	0,009	0,011	0,015	0,010	0,009	0,015	
<b>dag 11</b>	<b>Medel</b>	-0,473	-0,364	-0,208	-0,259	0,088	-0,057	-0,335	-0,463	-0,293	0,178	0,242	
20 mätningar	<b>S</b>	0,015	0,013	0,010	0,012	0,014	0,014	0,009	0,009	0,016	0,005	0,009	
<b>dag 17</b>	<b>Medel</b>	-0,438	-0,372	-0,222	-0,278	0,055	-0,089	-0,362	-0,491	-0,306	0,182	0,275	
20 mätningar	<b>S</b>	0,017	0,013	0,017	0,016	0,011	0,008	0,010	0,007	0,008	0,007	0,003	
<b>dag 24</b>	<b>Medel</b>	-0,469	-0,407	-0,276	-0,325	0,018	-0,121	-0,383	-0,502	-0,308	0,191	0,317	
20 mätningar	<b>S</b>	0,016	0,012	0,017	0,017	0,013	0,010	0,009	0,009	0,011	0,008	0,005	
<b>dag 38</b>	<b>Medel</b>	-0,450	-0,368	-0,266	-0,330	-0,003	-0,133	-0,396	-0,514	-0,327	0,173	0,320	
20 mätningar	<b>S</b>	0,014	0,012	0,016	0,015	0,012	0,006	0,009	0,005	0,007	0,007	0,005	

(2/16)



		A2											
		Mätklocka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>dag 0</b>	<b>Medel</b>	-0,004	0,388	1,659	0,507	1,069	1,515	1,280	1,135	1,382	1,686	1,418	
20 mätningar	<b>S</b>	0,010	0,011	0,014	0,007	0,009	0,020	0,005	0,003	0,009	0,009	0,009	

<b>dag 3</b>	<b>Medel</b>	-0,128	0,104	0,296	0,130	0,591	0,990	0,808	0,721	1,000	1,419	1,237
20 mätningar	<b>S</b>	0,015	0,013	0,010	0,011	0,012	0,016	0,008	0,008	0,009	0,011	0,009

<b>dag 7</b>	<b>Medel</b>	-0,265	-0,129	-0,023	-0,198	0,215	0,595	0,425	0,364	0,671	1,145	1,109
20 mätningar	<b>S</b>	0,009	0,007	0,004	0,006	0,005	0,011	0,004	0,002	0,005	0,005	0,006

<b>dag 11</b>	<b>Medel</b>	-0,173	-0,065	0,018	-0,151	0,223	0,598	0,445	0,376	0,673	1,154	1,112
20 mätningar	<b>S</b>	0,012	0,010	0,005	0,007	0,007	0,006	0,005	0,007	0,008	0,009	0,004

<b>dag 17</b>	<b>Medel</b>	-0,174	-0,115	-0,072	-0,242	0,093	0,449	0,301	0,252	0,549	1,058	1,049
20 mätningar	<b>S</b>	0,011	0,015	0,005	0,007	0,006	0,008	0,007	0,007	0,007	0,012	0,006

<b>dag 24</b>	<b>Medel</b>	-0,114	-0,067	-0,072	-0,250	0,061	0,394	0,268	0,221	0,532	1,049	1,066
20 mätningar	<b>S</b>	0,008	0,009	0,005	0,006	0,004	0,003	0,005	0,004	0,004	0,006	0,003

<b>dag 38</b>	<b>Medel</b>	-0,061	0,020	0,007	-0,182	0,084	0,393	0,261	0,192	0,438	0,948	0,967
20 mätningar	<b>S</b>	0,011	0,012	0,003	0,005	0,007	0,007	0,005	0,004	0,005	0,007	0,003

(3/16)



		<b>B1</b>											
		<b>Mätklocka</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
<b>dag 0</b>	<b>Medel</b>	0,207	0,751	0,900	0,868	1,052	1,518	0,687	1,399	1,494	1,379	1,202	
20 mätningar	<b>S</b>	0,008	0,008	0,005	0,008	0,010	0,011	0,055	0,011	0,011	0,006	0,010	
<b>dag 3</b>	<b>Medel</b>	0,138	0,319	0,314	0,120	0,228	0,692	-0,020	0,617	0,852	0,918	1,055	
20 mätningar	<b>S</b>	0,011	0,012	0,014	0,008	0,009	0,010	0,037	0,011	0,012	0,009	0,009	
<b>dag 7</b>	<b>Medel</b>	-0,123	-0,146	-0,284	-0,549	-0,456	-0,027	-0,705	-0,070	0,238	0,427	0,757	
20 mätningar	<b>S</b>	0,015	0,006	0,008	0,008	0,008	0,009	0,024	0,006	0,010	0,011	0,007	
<b>dag 11</b>	<b>Medel</b>	-0,196	-0,276	-0,451	-0,688	-0,629	-0,200	-0,868	-0,200	0,109	0,338	0,724	
20 mätningar	<b>S</b>	0,009	0,005	0,006	0,012	0,010	0,007	0,046	0,010	0,008	0,011	0,009	
<b>dag 17</b>	<b>Medel</b>	-0,338	-0,490	-0,728	-0,990	-0,926	-0,534	-1,195	-0,488	-0,139	0,150	0,604	
20 mätningar	<b>S</b>	0,010	0,008	0,008	0,008	0,006	0,012	0,040	0,007	0,007	0,011	0,011	
<b>dag 24</b>	<b>Medel</b>	-0,408	-0,625	-0,920	-1,183	-1,127	-0,736	-1,368	-0,673	-0,320	0,011	0,527	
20 mätningar	<b>S</b>	0,007	0,004	0,006	0,009	0,006	0,009	0,020	0,006	0,009	0,015	0,006	
<b>dag 38</b>	<b>Medel</b>	-0,455	-0,661	-0,984	-1,273	-1,223	-0,853	-1,440	-0,778	-0,436	-0,132	0,440	
20 mätningar	<b>S</b>	0,006	0,007	0,005	0,003	0,005	0,005	0,009	0,003	0,006	0,006	0,008	

(4/16)



	<b>B2</b>											
	<b>Mätklocka</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
<b>dag 0</b>	<b>Medel</b>	-0,462	-0,753	-0,020	-1,610	-1,655	-1,650	-1,886	-1,910	-1,611	-0,821	-0,145
20 mätningar	<b>S</b>	0,007	0,009	0,000	0,010	0,011	0,014	0,015	0,012	0,011	0,010	0,006
<b>dag 3</b>	<b>Medel</b>	-0,668	-1,339	-2,027	-2,626	-2,729	-2,718	-2,935	-2,904	-2,475	-1,439	-0,473
20 mätningar	<b>S</b>	0,012	0,011	0,011	0,009	0,012	0,012	0,010	0,011	0,006	0,007	0,009
<b>dag 7</b>	<b>Medel</b>	-0,984	-1,818	-2,660	-3,312	-3,417	-3,398	-3,591	-3,558	-3,066	-1,909	-0,788
20 mätningar	<b>S</b>	0,013	0,015	0,009	0,008	0,008	0,013	0,010	0,011	0,006	0,008	0,009
<b>dag 11</b>	<b>Medel</b>	-1,068	-1,917	-2,778	-3,425	-3,532	-3,514	-3,698	-3,650	-3,144	-1,981	-0,838
20 mätningar	<b>S</b>	0,007	0,004	0,006	0,005	0,004	0,005	0,002	0,004	0,004	0,005	0,005
<b>dag 17</b>	<b>Medel</b>	-1,134	-2,024	-2,950	-3,603	-3,710	-3,690	-3,869	-3,821	-3,294	-2,081	-0,924
20 mätningar	<b>S</b>	0,004	0,007	0,006	0,008	0,006	0,005	0,005	0,004	0,002	0,005	0,004
<b>dag 24</b>	<b>Medel</b>	-1,178	-2,066	-3,045	-3,703	-3,814	-3,790	-3,971	-3,924	-3,393	-2,186	-1,008
20 mätningar	<b>S</b>	0,008	0,008	0,008	0,006	0,005	0,007	0,006	0,007	0,004	0,006	0,004
<b>dag 38</b>	<b>Medel</b>	-1,108	-1,962	-2,913	-3,539	-3,643	-3,603	-3,781	-3,752	-3,254	-2,158	-1,051
20 mätningar	<b>S</b>	0,007	0,008	0,007	0,006	0,005	0,005	0,005	0,007	0,004	0,006	0,007

(5/16)



		C1											
		Mätklocka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>dag 0</b>	<b>Medel</b>	0,636	0,445	-0,007	-0,349	-0,363	-0,183	-0,340	-0,495	-0,318	0,190	0,271	
20 mätningar	<b>S</b>	0,002	0,012	0,007	0,019	0,016	0,019	0,016	0,015	0,012	0,013	0,020	
<b>dag 3</b>	<b>Medel</b>	0,544	-0,204	-1,036	-1,564	-1,656	-1,540	-1,680	-1,679	-1,340	-0,376	0,149	
25 mätningar	<b>S</b>	0,015	0,017	0,016	0,018	0,014	0,012	0,013	0,015	0,015	0,009	0,012	
<b>dag 7</b>	<b>Medel</b>	0,170	-0,786	-1,749	-2,376	-2,509	-2,414	-2,569	-2,511	-2,076	-0,902	-0,133	
20 mätningar	<b>S</b>	0,010	0,006	0,008	0,010	0,011	0,011	0,009	0,011	0,010	0,010	0,012	
<b>dag 11</b>	<b>Medel</b>	0,068	-0,915	-1,875	-2,500	-2,640	-2,556	-2,731	-2,670	-2,211	-0,958	-0,182	
20 mätningar	<b>S</b>	0,005	0,008	0,007	0,010	0,007	0,006	0,004	0,005	0,005	0,009	0,011	
<b>dag 17</b>	<b>Medel</b>	-0,012	-1,041	-2,036	-2,692	-2,883	-2,825	-3,007	-2,946	-2,455	-1,138	-0,318	
20 mätningar	<b>S</b>	0,007	0,004	0,007	0,007	0,010	0,007	0,006	0,012	0,007	0,007	0,007	
<b>dag 24</b>	<b>Medel</b>	-0,101	-1,126	-2,155	-2,835	-3,041	-2,996	-3,195	-3,107	-2,590	-1,260	-0,406	
20 mätningar	<b>S</b>	0,003	0,004	0,005	0,007	0,013	0,007	0,005	0,011	0,009	0,007	0,007	
<b>dag 38</b>	<b>Medel</b>	-0,108	-1,079	-2,078	-2,755	-2,980	-2,954	-3,158	-3,094	-2,582	-1,264	-0,437	
20 mätningar	<b>S</b>	0,004	0,004	0,005	0,007	0,008	0,005	0,004	0,006	0,005	0,005	0,005	

(6/16)



		C2											
		Mätklocka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>dag 0</b>	<b>Medel</b>	0,233	0,730	0,969	1,126	1,275	1,547	1,503	1,463	1,505	1,912	1,156	
20 mätningar	<b>S</b>	0,010	0,009	0,002	0,012	0,017	0,016	0,011	0,007	0,011	0,009	0,010	
<b>dag 3</b>	<b>Medel</b>	0,104	0,119	0,031	-0,015	0,055	0,237	0,160	0,216	0,400	1,127	0,954	
20 mätningar	<b>S</b>	0,004	0,004	0,010	0,012	0,007	0,006	0,009	0,008	0,006	0,009	0,006	
<b>dag 7</b>	<b>Medel</b>	-0,158	-0,379	-0,623	-0,769	-0,740	-0,608	-0,686	-0,600	-0,305	0,573	0,700	
20 mätningar	<b>S</b>	0,007	0,007	0,007	0,008	0,006	0,009	0,012	0,011	0,006	0,008	0,008	
<b>dag 11</b>	<b>Medel</b>	-0,214	-0,505	-0,777	-0,968	-0,942	-0,834	-0,906	-0,811	-0,486	0,419	0,611	
20 mätningar	<b>S</b>	0,007	0,009	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,007	0,007	0,006	0,005	
<b>dag 17</b>	<b>Medel</b>	-0,379	-0,741	-1,058	-1,286	-1,269	-1,189	-1,267	-1,146	-0,771	0,192	0,493	
20 mätningar	<b>S</b>	0,012	0,010	0,008	0,006	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,012	0,008	
<b>dag 24</b>	<b>Medel</b>	-0,429	-0,812	-1,170	-1,412	-1,410	-1,339	-1,411	-1,289	-0,905	0,110	0,432	
20 mätningar	<b>S</b>	0,009	0,007	0,006	0,009	0,007	0,008	0,009	0,007	0,005	0,015	0,012	
<b>dag 38</b>	<b>Medel</b>	-0,478	-0,851	-1,192	-1,457	-1,461	-1,404	-1,484	-1,372	-0,971	0,035	0,369	
20 mätningar	<b>S</b>	0,004	0,003	0,004	0,005	0,006	0,004	0,009	0,007	0,003	0,015	0,013	



(7/16)



		D1											
		Mätklocka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>dag 0</b>	<b>Medel</b>	0,071	0,202	0,440	0,377	0,587	0,704	0,605	0,518	0,776	1,313	0,959	
20 mätningar	<b>S</b>	0,024	0,018	0,022	0,018	0,018	0,004	0,007	0,006	0,044	0,008	0,005	
<b>dag 3</b>	<b>Medel</b>	0,396	0,739	1,119	1,086	1,310	1,435	1,349	1,224	1,435	1,816	1,260	
31 mätningar	<b>S</b>	0,021	0,017	0,020	0,016	0,015	0,008	0,006	0,008	0,006	0,013	0,006	
<b>dag 7</b>	<b>Medel</b>	0,551	0,993	1,401	1,442	1,647	1,777	1,693	1,564	1,764	2,054	1,376	
30 mätningar	<b>S</b>	0,022	0,017	0,020	0,012	0,018	0,009	0,007	0,008	0,008	0,012	0,010	
<b>dag 11</b>	<b>Medel</b>	0,629	1,185	1,655	1,733	1,962	2,116	2,030	1,870	2,036	2,246	1,468	
25 mätningar	<b>S</b>	0,023	0,014	0,014	0,009	0,012	0,009	0,007	0,007	0,006	0,009	0,010	
<b>dag 17</b>	<b>Medel</b>	0,774	1,370	1,908	1,993	2,233	2,363	2,294	2,114	2,265	2,444	1,623	
25 mätningar	<b>S</b>	0,011	0,014	0,015	0,011	0,011	0,008	0,006	0,008	0,006	0,010	0,007	
<b>dag 24</b>	<b>Medel</b>	0,820	1,560	2,089	2,175	2,432	2,574	2,500	2,320	2,445	2,590	1,700	
25 mätningar	<b>S</b>	0,016	0,019	0,018	0,015	0,014	0,015	0,010	0,011	0,010	0,014	0,017	
<b>dag 38</b>	<b>Medel</b>	0,797	1,511	2,102	2,227	2,492	2,690	2,581	2,410	2,524	2,655	1,743	
25 mätningar	<b>S</b>	0,016	0,017	0,012	0,013	0,012	0,025	0,008	0,011	0,008	0,022	0,016	

(8/16)



		D2											
		Mätklocka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>dag 0</b>	<b>Medel</b>	-0,594	-0,669	-0,447	-0,554	0,120	0,133	0,052	-0,101	-0,034	0,216	0,442	
20 mätningar	<b>S</b>	0,009	0,008	0,007	0,005	0,007	0,004	0,010	0,009	0,011	0,006	0,013	
<b>dag 3</b>	<b>Medel</b>	-0,049	0,063	0,454	0,433	0,990	1,052	0,901	0,674	0,692	0,843	0,827	
20 mätningar	<b>S</b>	0,012	0,011	0,012	0,009	0,018	0,010	0,012	0,011	0,010	0,010	0,010	
<b>dag 7</b>	<b>Medel</b>	0,110	0,322	0,783	0,807	1,309	1,407	1,224	0,974	0,987	1,115	0,947	
25 mätningar	<b>S</b>	0,010	0,013	0,017	0,015	0,016	0,015	0,016	0,015	0,016	0,011	0,010	
<b>dag 11</b>	<b>Medel</b>	0,263	0,578	1,079	1,162	1,645	1,756	1,580	1,305	1,293	1,363	1,070	
25 mätningar	<b>S</b>	0,008	0,008	0,017	0,013	0,010	0,012	0,008	0,008	0,008	0,010	0,006	
<b>dag 17</b>	<b>Medel</b>	0,367	0,772	1,286	1,390	1,873	1,985	1,803	1,516	1,478	1,469	1,084	
25 mätningar	<b>S</b>	0,015	0,009	0,012	0,007	0,014	0,011	0,014	0,008	0,009	0,008	0,008	
<b>dag 24</b>	<b>Medel</b>	0,478	0,979	1,538	1,668	2,136	2,280	2,079	1,767	1,686	1,678	1,173	
25 mätningar	<b>S</b>	0,014	0,014	0,018	0,017	0,015	0,015	0,015	0,012	0,011	0,014	0,012	
<b>dag 38</b>	<b>Medel</b>	0,478	1,086	1,617	1,738	2,227	2,386	2,147	1,833	1,729	1,735	1,193	
30 mätningar	<b>S</b>	0,018	0,019	0,029	0,027	0,028	0,022	0,015	0,012	0,013	0,024	0,011	

(9/16)



		<b>E1</b>											
		<b>Mätlocka</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
<b>dag 0</b>	<b>Medel</b>		0,112	0,372	0,444	0,206	0,229	0,276	-0,031	-0,265	-0,136	0,242	0,447
20 mätningar	<b>S</b>		0,005	0,006	0,006	0,006	0,004	0,006	0,005	0,006	0,005	0,004	0,003
<b>dag 3</b>	<b>Medel</b>		0,633	1,462	1,803	1,753	1,926	1,989	1,698	1,352	1,307	1,372	0,888
20 mätningar	<b>S</b>		0,005	0,005	0,016	0,010	0,007	0,010	0,007	0,007	0,008	0,004	0,004
<b>dag 7</b>	<b>Medel</b>		0,949	1,981	2,490	2,553	2,766	2,864	2,554	2,175	2,040	1,970	1,162
20 mätningar	<b>S</b>		0,010	0,029	0,013	0,010	0,009	0,011	0,012	0,011	0,007	0,005	0,006
<b>dag 11</b>	<b>Medel</b>		1,180	2,338	2,939	3,047	3,262	3,385	3,066	2,673	2,504	2,325	1,332
20 mätningar	<b>S</b>		0,008	0,012	0,020	0,012	0,016	0,011	0,017	0,008	0,008	0,006	0,008
<b>dag 17</b>	<b>Medel</b>		1,252	2,494	3,161	3,296	3,504	3,644	3,343	2,953	2,768	2,561	1,444
20 mätningar	<b>S</b>		0,008	0,008	0,011	0,011	0,010	0,013	0,015	0,011	0,011	0,007	0,006
<b>dag 24</b>	<b>Medel</b>		1,348	2,593	3,317	3,470	3,627	3,821	3,512	3,131	2,939	2,709	1,521
20 mätningar	<b>S</b>		0,007	0,009	0,013	0,012	0,012	0,014	0,014	0,012	0,011	0,008	0,007
<b>dag 38</b>	<b>Medel</b>		1,268	2,456	3,172	3,311	3,454	3,668	3,352	3,005	2,844	2,652	1,459
25 mätningar	<b>S</b>		0,006	0,024	0,016	0,014	0,033	0,016	0,014	0,014	0,014	0,021	0,008

(10/16)



		E2											
		Mätklocka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>dag 0</b>	<b>Medel</b>	0,188	0,665	0,848	0,663	0,794	0,903	0,609	0,092	0,201	0,587	0,676	
20 mätningar	<b>S</b>	0,014	0,015	0,014	0,015	0,018	0,014	0,017	0,009	0,012	0,015	0,017	
<b>dag 3</b>	<b>Medel</b>	0,738	1,696	2,175	2,226	2,429	2,605	2,219	1,619	1,559	1,578	1,090	
25 mätningar	<b>S</b>	0,023	0,008	0,020	0,025	0,016	0,010	0,016	0,019	0,020	0,011	0,018	
<b>dag 7</b>	<b>Medel</b>	1,074	2,278	2,871	3,017	3,278	3,446	3,155	2,411	2,287	2,192	1,470	
20 mätningar	<b>S</b>	0,016	0,008	0,017	0,016	0,014	0,010	0,361	0,015	0,014	0,006	0,017	
<b>dag 11</b>	<b>Medel</b>	1,339	2,654	3,338	3,548	3,840	4,002	3,547	2,944	2,763	2,599	1,720	
20 mätningar	<b>S</b>	0,010	0,007	0,017	0,011	0,014	0,008	0,013	0,014	0,018	0,007	0,015	
<b>dag 17</b>	<b>Medel</b>	1,447	2,820	3,560	3,810	4,119	4,287	3,815	3,231	3,045	2,835	1,879	
30 mätningar	<b>S</b>	0,023	0,010	0,021	0,013	0,017	0,014	0,017	0,015	0,014	0,008	0,014	
<b>dag 24</b>	<b>Medel</b>	1,529	2,884	3,662	3,984	4,264	4,412	3,985	3,405	3,217	2,963	1,968	
20 mätningar	<b>S</b>	0,015	0,017	0,017	0,017	0,024	0,026	0,015	0,016	0,015	0,020	0,017	
<b>dag 38</b>	<b>Medel</b>	1,490	2,777	3,530	3,857	4,138	4,295	3,881	3,333	3,177	2,939	1,946	
25 mätningar	<b>S</b>	0,016	0,018	0,022	0,022	0,027	0,025	0,021	0,019	0,016	0,012	0,009	

(11/16)



		F1											
		Mätklocka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>dag 0</b>	<b>Medel</b>	0,106	0,344	0,357	0,176	0,473	0,739	0,558	0,569	0,778	1,249	0,814	
20 mätningar	<b>S</b>	0,005	0,011	0,005	0,008	0,008	0,009	0,004	0,004	0,008	0,008	0,011	
<b>dag 3</b>	<b>Medel</b>	0,646	1,599	2,149	2,218	2,672	2,954	2,751	2,579	2,580	2,455	1,330	
20 mätningar	<b>S</b>	0,007	0,010	0,011	0,012	0,012	0,015	0,014	0,014	0,011	0,008	0,010	
<b>dag 7</b>	<b>Medel</b>	0,946	2,241	3,064	3,258	3,744	4,056	3,852	3,619	3,515	3,120	1,752	
20 mätningar	<b>S</b>	0,014	0,007	0,008	0,009	0,009	0,010	0,008	0,010	0,019	0,007	0,010	
<b>dag 11</b>	<b>Medel</b>	1,207	2,676	3,598	3,849	4,349	4,673	4,485	4,186	4,022	3,492	2,035	
20 mätningar	<b>S</b>	0,007	0,009	0,011	0,010	0,011	0,011	0,013	0,012	0,010	0,008	0,009	
<b>dag 17</b>	<b>Medel</b>	1,350	2,846	3,810	4,076	4,565	4,874	4,701	4,374	4,181	3,612	2,177	
20 mätningar	<b>S</b>	0,006	0,009	0,009	0,009	0,009	0,013	0,010	0,010	0,009	0,005	0,011	
<b>dag 24</b>	<b>Medel</b>	1,355	2,849	3,743	4,029	4,498	4,814	4,640	4,328	4,142	3,589	2,236	
20 mätningar	<b>S</b>	0,009	0,008	0,014	0,012	0,015	0,013	0,014	0,015	0,011	0,008	0,005	
<b>dag 38</b>	<b>Medel</b>	1,223	2,564	3,350	3,568	4,006	4,303	4,141	3,852	3,707	3,263	2,117	
25 mätningar	<b>S</b>	0,010	0,013	0,016	0,020	0,020	0,025	0,023	0,019	0,019	0,016	0,020	

(12/16)



		F2											
		Mätklocka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>dag 0</b>	<b>Medel</b>	0,191	0,709	1,140	0,970	0,846	0,765	0,378	0,127	0,361	0,811	0,681	
26 mätningar	<b>S</b>	0,018	0,019	0,026	0,028	0,028	0,024	0,025	0,025	0,025	0,019	0,020	
<b>dag 3</b>	<b>Medel</b>	0,743	1,865	2,702	2,733	2,733	2,713	2,255	1,899	1,922	1,891	1,101	
25 mätningar	<b>S</b>	0,014	0,019	0,021	0,019	0,022	0,023	0,022	0,021	0,018	0,016	0,012	
<b>dag 7</b>	<b>Medel</b>	1,031	2,485	3,476	3,547	3,616	3,645	3,181	2,790	2,723	2,512	1,444	
20 mätningar	<b>S</b>	0,007	0,008	0,010	0,011	0,014	0,012	0,011	0,012	0,010	0,008	0,007	
<b>dag 11</b>	<b>Medel</b>	1,305	2,811	3,905	4,068	4,174	4,251	3,789	3,350	3,238	2,911	1,667	
20 mätningar	<b>S</b>	0,005	0,008	0,008	0,009	0,010	0,011	0,012	0,012	0,009	0,009	0,006	
<b>dag 17</b>	<b>Medel</b>	1,451	3,003	4,137	4,328	4,456	4,547	4,080	3,630	3,523	3,134	1,834	
20 mätningar	<b>S</b>	0,007	0,010	0,011	0,011	0,013	0,012	0,011	0,010	0,008	0,008	0,004	
<b>dag 24</b>	<b>Medel</b>	1,504	3,085	4,214	4,391	4,546	4,661	4,183	3,719	3,612	3,211	2,000	
20 mätningar	<b>S</b>	0,010	0,012	0,014	0,014	0,015	0,018	0,016	0,015	0,013	0,010	0,010	
<b>dag 38</b>	<b>Medel</b>	1,411	2,923	4,021	4,177	4,323	4,443	3,965	3,507	3,444	3,076	1,852	
25 mätningar	<b>S</b>	0,015	0,018	0,023	0,021	0,019	0,021	0,017	0,035	0,017	0,010	0,010	

(13/16)

## Deformation

Deformation för varje balk, dag och mätklocka.

Mätklocka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Balk A1</b>											
dag 3	0,150	0,256	0,450	0,466	0,484	0,466	0,403	0,396	0,377	0,232	0,076
dag 7	0,334	0,557	0,767	0,849	0,870	0,863	0,775	0,732	0,689	0,483	0,204
dag 11	0,330	0,556	0,766	0,855	0,899	0,867	0,752	0,708	0,670	0,458	0,179
dag 17	0,295	0,564	0,780	0,874	0,932	0,899	0,779	0,736	0,683	0,454	0,146
dag 24	0,326	0,599	0,834	0,921	0,969	0,931	0,800	0,747	0,685	0,445	0,104
dag 38	0,307	0,560	0,824	0,926	0,990	0,943	0,813	0,759	0,704	0,463	0,101
<b>Balk A2</b>											
dag 3	0,124	0,284	0,363	0,377	0,478	0,525	0,472	0,414	0,382	0,267	0,181
dag 7	0,261	0,517	1,682	0,705	0,854	0,920	0,855	0,771	0,711	0,541	0,309
dag 11	0,169	0,453	1,641	0,658	0,846	0,926	0,835	0,759	0,709	0,532	0,306
dag 17	0,170	0,503	1,731	0,749	0,976	1,066	0,979	0,883	0,833	0,628	0,369
dag 24	0,110	0,455	1,731	0,757	1,008	1,121	1,012	0,914	0,850	0,637	0,352
dag 38	0,057	0,368	1,652	0,689	0,985	1,122	1,019	0,943	0,944	0,738	0,451
<b>Balk B1</b>											
dag 3	0,069	0,432	0,586	0,748	0,824	0,826	0,707	0,782	0,642	0,461	0,147
dag 7	0,330	0,897	1,184	1,417	1,508	1,545	1,392	1,469	1,256	0,952	0,445
dag 11	0,403	1,027	1,351	1,556	1,681	1,718	1,555	1,599	1,385	1,041	0,478
dag 17	0,545	1,241	1,628	1,858	1,978	2,052	1,882	1,887	1,633	1,229	0,598
dag 24	0,615	1,376	1,820	2,051	2,179	2,254	2,055	2,072	1,814	1,368	0,675
dag 38	0,662	1,412	1,884	2,141	2,275	2,371	2,127	2,177	1,930	1,511	0,762

(14/16)

Mätklocka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Balk B2</b>											
<b>dag 3</b>	0,206	0,586	0,907	1,016	1,074	1,068	1,049	0,994	0,864	0,618	0,328
<b>dag 7</b>	0,522	1,065	1,540	1,702	1,762	1,748	1,705	1,648	1,455	1,088	0,643
<b>dag 11</b>	0,606	1,164	1,658	1,815	1,877	1,864	1,812	1,740	1,533	1,160	0,693
<b>dag 17</b>	0,672	1,271	1,830	1,993	2,055	2,040	1,983	1,911	1,683	1,260	0,779
<b>dag 24</b>	0,716	1,313	1,925	2,093	2,159	2,140	2,085	2,014	1,782	1,365	0,863
<b>dag 38</b>	0,646	1,209	1,793	1,929	1,988	1,953	1,895	1,842	2,141	1,337	0,906
<b>Balk C1</b>											
<b>dag 3</b>	0,092	0,649	1,029	1,215	1,293	1,357	1,340	1,184	1,022	0,566	0,122
<b>dag 7</b>	0,466	1,231	1,742	2,027	2,146	2,231	2,229	2,016	1,758	1,092	0,404
<b>dag 11</b>	0,568	1,360	1,868	2,151	2,277	2,373	2,391	2,175	1,893	1,148	0,453
<b>dag 17</b>	0,648	1,486	2,029	2,343	2,520	2,642	2,667	2,451	2,137	1,328	0,589
<b>dag 24</b>	0,737	1,571	2,148	2,486	2,678	2,813	2,855	2,612	2,272	1,450	0,677
<b>dag 38</b>	0,744	1,524	2,071	2,406	2,617	2,771	2,818	2,599	2,264	1,454	0,708
<b>Balk C2</b>											
<b>dag 3</b>	0,129	0,611	0,938	1,141	1,220	1,310	1,343	1,247	1,105	0,785	0,211
<b>dag 7</b>	0,391	1,109	1,592	1,895	2,015	2,155	2,189	2,063	1,810	1,339	0,456
<b>dag 11</b>	0,447	1,235	1,746	2,094	2,217	2,381	2,409	2,274	1,991	1,493	0,545
<b>dag 17</b>	0,612	1,471	2,027	2,412	2,544	2,736	2,770	2,609	2,276	1,720	0,663
<b>dag 24</b>	0,662	1,542	2,139	2,538	2,685	2,886	2,914	2,752	2,410	1,802	0,724
<b>dag 38</b>	0,711	1,581	2,161	2,583	2,736	2,951	2,987	2,835	2,476	1,877	0,787



(15/16)

Mätklocka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Balk D1</b>											
dag 3	-0,325	-0,537	-0,679	-0,709	-0,723	-0,731	-0,744	-0,706	-0,659	-0,503	-0,301
dag 7	-0,480	-0,791	-0,961	-1,065	-1,060	-1,073	-1,088	-1,046	-0,988	-0,741	-0,417
dag 11	-0,558	-0,983	-1,215	-1,356	-1,375	-1,412	-1,425	-1,352	-1,260	-0,933	-0,509
dag 17	-0,703	-1,168	-1,468	-1,556	-1,646	-1,659	-1,689	-1,596	-1,489	-1,131	-0,664
dag 24	-0,749	-1,358	-1,646	-1,798	-1,845	-1,870	-1,895	-1,802	-1,669	-1,277	-0,741
dag 38	-0,726	-1,309	-1,662	-1,850	-1,905	-1,986	-1,976	-1,892	-1,748	-1,342	-0,784
<b>Balk D2</b>											
dag 3	-0,545	-0,732	-0,901	-0,987	-0,870	-0,919	-0,849	-0,775	-0,726	-0,627	-0,385
dag 7	-0,704	-0,991	-1,230	-1,361	-1,189	-1,274	-1,172	-1,075	-1,021	-0,899	-0,505
dag 11	-0,857	-1,247	-1,526	-1,716	-1,525	-1,623	-1,528	-1,406	-1,327	-1,147	-0,628
dag 17	-0,961	-1,441	-1,733	-1,944	-1,753	-1,852	-1,751	-1,617	-1,512	-1,253	-0,642
dag 24	-1,072	-1,648	-1,985	-2,222	-2,016	-2,147	-2,027	-1,868	-1,720	-1,462	-0,731
dag 38	-1,072	-1,755	-2,064	-2,292	-2,107	-2,253	-2,095	-1,934	-1,763	-1,519	-0,751
<b>Balk E1</b>											
dag 3	-0,521	-1,090	-1,359	-1,547	-1,627	-1,713	-1,729	-1,608	-1,443	-1,130	-0,441
dag 7	-0,837	-1,609	-2,046	-2,347	-2,467	-2,588	-2,585	-2,431	-2,176	-1,728	-0,715
dag 11	-1,068	-1,966	-2,495	-2,841	-2,963	-3,109	-3,097	-2,929	-2,640	-2,083	-0,885
dag 17	-1,140	-2,122	-2,717	-3,090	-3,205	-3,368	-3,374	-3,209	-2,904	-2,319	-0,997
dag 24	-1,236	-2,221	-2,873	-3,264	-3,328	-3,545	-3,552	-3,387	-3,075	-2,467	-1,074
dag 38	-1,156	-2,084	-2,728	-3,105	-3,155	-3,392	-3,383	-3,261	-2,980	-2,410	-1,048

(16/16)

Mätklocka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Balk E2</b>											
dag 3	-0,550	-1,031	-1,327	-1,563	-1,636	-1,702	-1,610	-1,527	-1,358	-0,991	-0,414
dag 7	-0,886	-1,613	-2,023	-2,354	-2,485	-2,543	-2,546	-2,319	-2,086	-1,605	-0,794
dag 11	-1,151	-1,989	-2,490	-2,885	-3,047	-3,099	-2,938	-2,902	-2,562	-2,012	-1,044
dag 17	-1,259	-2,155	-2,712	-3,147	-3,326	-3,384	-3,206	-3,139	-2,844	-2,248	-1,203
dag 24	-1,341	-2,219	-2,814	-3,321	-3,471	-3,509	-3,376	-3,313	-3,016	-2,376	-1,292
dag 38	-1,302	-2,112	-2,682	-3,194	-3,345	-3,392	-3,272	-3,241	-2,976	-2,352	-1,270
<b>Balk F1</b>											
dag 3	-0,540	-1,255	-1,774	-2,042	-2,199	-2,215	-2,193	-2,010	-1,802	-1,206	-0,566
dag 7	-0,840	-1,897	-2,689	-3,082	-3,271	-3,317	-3,294	-3,050	-2,737	-1,871	-0,938
dag 11	-1,101	-2,332	-3,223	-3,673	-3,876	-3,934	-3,927	-3,599	-3,244	-2,243	-1,221
dag 17	-1,250	-2,502	-3,435	-3,900	-4,092	-4,135	-4,143	-3,805	-3,403	-2,363	-1,363
dag 24	-1,249	-2,505	-3,368	-3,853	-4,025	-4,075	-4,082	-3,759	-3,364	-2,340	-1,422
dag 38	-1,117	-2,220	-2,975	-3,392	-3,533	-3,564	-3,583	-3,283	-2,929	-2,014	-1,303
<b>Balk F2</b>											
dag 3	-0,552	-1,156	-1,562	-1,763	-1,887	-1,948	-1,877	-1,772	-1,561	-1,080	-0,420
dag 7	-0,840	-1,776	-2,336	-2,577	-2,770	-2,880	-2,803	-2,663	-2,362	-1,701	-0,763
dag 11	-1,114	-2,102	-2,765	-3,098	-3,328	-3,486	-3,411	-3,223	-2,877	-2,180	-0,986
dag 17	-1,260	-2,294	-2,997	-3,358	-3,610	-3,782	-3,702	-3,503	-3,162	-2,323	-1,153
dag 24	-1,313	-2,376	-3,074	-3,421	-3,700	-3,896	-3,805	-3,592	-3,251	-2,400	-1,217
dag 38	-1,220	-2,214	-2,881	-3,207	-3,477	-3,678	-3,587	-3,380	-3,083	-2,265	-1,171

## Bilaga 2 (1/3)

Fuktkvoter [%] för helt inplastad balk vid uppfuktningsförsök. Experimentella, modifierade och simulerade värden. Tvärsnittet är uppdelat i olika antal bitar, 24 experimentella och modifierade och 20 simulerade.

D											
dag 3			dag 7			dag 11			dag 17		
exp	mod	sim	exp	mod	sim	exp	mod	sim	exp	mod	sim
15,40	15,40	15,33	17,28	17,28	17,30	16,74	16,74	17,07	17,21	17,21	17,36
10,88	10,88	10,14	12,20	12,20	10,76	13,49	13,49	12,66	13,74	13,74	12,68
9,51	9,51	9,44	9,72	9,72	9,89	11,10	11,10	10,90	11,64	11,64	10,87
9,69	9,49	9,41	9,44	9,44	9,54	10,73	10,73	10,19	10,49	10,49	10,06
9,58	9,45	9,41	9,27	9,27	9,44	9,97	9,97	9,79	9,68	9,68	9,66
9,48	9,48	9,41	9,30	9,30	9,41	9,45	9,45	9,60	9,57	9,57	9,49
9,60	9,47	9,41	9,55	9,55	9,41	9,45	9,45	9,53	9,55	9,55	9,43
9,57	9,45	9,41	9,62	9,62	9,41	9,46	9,46	9,50	9,59	9,59	9,41
9,47	9,47	9,41	9,56	9,56	9,41	9,44	9,44	9,50	9,50	9,50	9,41
9,29	9,35	9,41	9,47	9,47	9,41	9,28	9,28	9,50	9,54	9,54	9,41
9,33	9,33	9,41	9,48	9,48	9,41	9,39	9,39	9,50	9,55	9,55	9,41
9,49	9,49	9,41	9,37	9,37	9,41	9,43	9,43	9,50	9,47	9,47	9,41
9,47	9,47	9,41	9,33	9,33	9,41	9,41	9,41	9,50	9,52	9,52	9,41
9,38	9,38	9,41	9,40	9,40	9,41	9,36	9,36	9,50	9,47	9,47	9,41
9,34	9,34	9,41	9,25	9,25	9,41	9,35	9,35	9,50	9,35	9,35	9,41
9,80	9,33	9,41	9,38	9,38	9,41	9,70	9,70	9,50	9,41	9,41	9,41
9,90	9,35	9,41	9,48	9,48	9,41	9,74	9,74	9,50	9,50	9,50	9,41
9,97	9,37	9,41	9,44	9,44	9,41	9,75	9,75	9,50	9,53	9,53	9,41
9,62	9,40	9,41	9,43	9,43	9,41	9,58	9,58	9,50	9,65	9,65	9,41
9,31	9,35	9,41	9,55	9,55	9,41	11,04	9,58	9,50	9,93	9,50	9,41
9,42	9,42		10,14	9,40		11,77	9,60		9,38	9,38	
9,42	9,42		20,24	9,50		9,94	9,55		9,30	9,30	
9,38	9,38		10,16	9,45		9,83	9,50		9,45	9,45	
9,39	9,39		10,09	9,47		9,40	9,40		9,54	9,54	

(2/3)

dag 24			dag 38		
exp	mod	sim	exp	mod	sim
17,28	17,28	17,62	17,86	17,86	18,00
14,35	14,35	13,55	15,10	15,10	13,85
12,15	12,15	12,05	13,42	13,42	12,53
11,02	11,02	10,83	12,08	12,08	11,30
10,19	10,19	9,83	11,06	11,06	10,80
9,86	9,86	9,70	10,63	10,63	10,42
9,85	9,85	9,66	10,49	10,49	10,16
10,17	9,80	9,64	10,22	10,22	9,98
9,77	9,77	9,64	10,01	10,01	9,88
9,60	9,60	9,64	9,72	9,80	9,82
9,58	9,58	9,64	9,67	9,75	9,79
9,58	9,58	9,64	9,76	9,76	9,77
9,47	9,47	9,64	9,71	9,80	9,76
9,53	9,53	9,64	9,86	9,86	9,76
9,52	9,52	9,64	9,82	9,82	9,76
9,65	9,65	9,64	10,28	9,82	9,76
9,72	9,72	9,64	10,44	9,85	9,76
9,77	9,77	9,64	11,24	9,88	9,76
9,50	9,50	9,64	9,88	9,88	9,76
9,59	9,59	9,64	9,74	9,74	9,76
9,56	9,56		9,82	9,82	
9,68	9,68		12,12	9,73	
9,77	9,77		9,61	9,75	
9,69	9,69		9,53	9,76	

(3/3)

Fuktkvoter [%] vid uppfuktningsförsök

E, ¾-isolerad.

F, ½-isolerad.

E						F					
dag 3	dag 7	dag 11	dag 17	dag 24	dag 38	dag 3	dag 7	dag 11	dag 17	dag 24	dag 38
sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
16,03	18,56	18,83	18,92	19,35	19,94	16,03	18,56	18,84	18,93	19,37	20,01
11,10	12,19	14,29	14,44	15,67	16,62	11,10	12,20	14,34	14,48	15,83	16,90
10,44	11,25	13,36	13,33	14,28	14,79	10,44	11,27	13,48	13,45	14,55	15,48
10,41	10,99	12,59	12,59	13,74	14,16	10,41	11,12	12,97	12,95	14,26	15,01
10,32	10,66	11,68	11,73	12,97	13,42	10,41	11,08	12,72	12,70	14,08	14,81
9,51	9,89	10,56	10,49	11,42	12,00	10,41	11,07	12,62	12,61	13,93	14,66
9,41	9,55	10,02	9,90	10,47	11,07	10,41	11,06	12,57	12,56	13,80	14,49
9,41	9,44	9,72	9,60	9,98	10,62	10,41	11,04	12,47	12,47	13,63	14,27
9,41	9,42	9,58	9,48	9,77	10,30	10,41	10,94	12,21	12,22	13,30	13,87
9,41	9,41	9,52	9,43	9,68	10,08	10,32	10,64	11,57	11,61	12,69	13,20
9,41	9,41	9,50	9,42	9,65	9,94	9,51	9,89	10,53	10,46	11,27	11,78
9,41	9,41	9,50	9,41	9,64	9,85	9,42	9,55	10,01	9,89	10,42	10,99
9,41	9,41	9,50	9,41	9,64	9,80	9,41	9,44	9,72	9,60	9,97	10,58
9,41	9,41	9,50	9,41	9,64	9,78	9,41	9,42	9,58	9,48	9,76	10,27
9,41	9,41	9,50	9,41	9,64	9,77	9,41	9,41	9,52	9,43	9,68	10,06
9,41	9,41	9,50	9,41	9,64	9,76	9,41	9,41	9,50	9,42	9,65	9,93
9,41	9,41	9,50	9,41	9,64	9,76	9,41	9,41	9,50	9,41	9,64	9,85
9,41	9,41	9,50	9,41	9,64	9,76	9,41	9,41	9,50	9,41	9,64	9,80
9,41	9,41	9,50	9,41	9,64	9,76	9,41	9,41	9,50	9,41	9,64	9,78
9,41	9,41	9,50	9,41	9,64	9,76	9,41	9,41	9,50	9,41	9,64	9,77

### Bilaga 3 (1/2)

30 % försök 1		30 % försök 2		95 % försök 1		95 % försök 2	
F	δ	F	δ	F	δ	F	δ
[kN]	[mm]	[kN]	[mm]	[kN]	[mm]	[kN]	[mm]
-0,182671	37,5528	-0,177986	39,8265	-0,173303	38,1889	-0,177986	36,9196
-0,187355	37,5528	-0,177986	39,8265	-0,177986	38,1898	-0,173303	36,9196
-0,182671	37,5528	-0,187355	39,8265	-0,187355	38,1889	-0,182671	36,9196
-0,177986	37,5528	-0,177986	39,8265	-0,187355	38,1889	-0,182671	36,9186
-0,187355	37,5528	-0,182671	39,8265	-0,182671	38,1889	-0,182671	36,9196
-0,192038	37,5528	-0,182671	39,8265	-0,182671	38,1898	-0,177986	36,9196
-0,187355	37,5537	-0,182671	39,8265	-0,182671	38,1889	-0,182671	36,9196
-0,187355	37,5528	-0,168619	39,8265	-0,182671	38,1889	-0,182671	36,9196
-0,192038	37,5528	-0,187355	39,8274	-0,182671	38,1889	-0,177986	36,9196
-0,187355	37,5528	-0,187355	39,8265	-0,182671	38,1898	-0,187355	36,9196
-0,177986	37,5537	-0,187355	39,8274	-0,187355	38,1898	-0,182671	36,9196
-0,192038	37,5537	-0,173303	39,8274	-0,182671	38,1889	-0,0702581	36,9196
-0,182671	37,5537	-0,182671	39,8265	-0,182671	38,1889	0,126465	36,9186
-0,187355	37,5528	-0,182671	39,8265	-0,0281032	38,2037	0,379394	36,9196
-0,187355	37,5537	-0,0562064	39,8265	0,210774	38,2204	0,641691	36,9196
-0,192038	37,5537	0,20609	39,8294	0,524593	38,2578	0,960194	36,9206
-0,187355	37,5537	0,552696	39,8599	0,843096	38,2942	1,32085	36,9304
-0,192038	37,5548	0,875881	39,8875	1,18502	38,3287	1,62531	36,9481
-0,196722	37,5528	1,19907	39,9161	1,46137	38,3563	1,97659	36,9746
-0,187355	37,5548	1,54099	39,9466	1,76582	38,3868	2,30446	36,9994
-0,187355	37,5537	1,86418	39,9771	2,0328	38,4174	2,60424	37,023
-0,196722	37,5528	2,14521	40,0037	2,33725	38,4538	2,94614	37,0505
-0,187355	37,5548	2,4684	40,0333	2,6136	38,4863	3,25998	37,0732
-0,0234194	37,5528	2,74942	40,0616	2,91336	38,5237	3,5738	37,0988
0,248245	37,5528	3,07261	40,0934	3,23187	38,5602	3,91103	37,1254
0,533961	37,5636	3,4286	40,1288	3,50353	38,5916	4,31384	37,1599
0,819675	37,5891	3,78456	40,166	3,83141	38,629	4,80095	37,2002

(2/2)

30 % försök 1		30 % försök 2		95 % försök 1		95 % försök 2	
F	$\bar{\delta}$	F	$\bar{\delta}$	F	$\bar{\delta}$	F	$\bar{\delta}$
[kN]	[mm]	[kN]	[mm]	[kN]	[mm]	[kN]	[mm]
0,819675	37,5891	3,78456	40,166	3,83141	38,629	4,80095	37,2002
1,13818	37,6187	4,14523	40,2017	4,16864	38,6685	5,30682	37,2406
1,48479	37,6541	4,64172	40,2518	4,6464	38,7256	5,81737	37,282
1,78924	37,6808	5,18035	40,3079	5,11009	38,7846	6,34663	37,3213
2,11711	37,7133	5,74712	40,368	5,54101	38,8379	6,82441	37,3627
2,4356	37,7487	6,25764	40,4251	6,0094	38,8969	7,33493	37,4031
2,76816	37,7802	6,78694	40,4803	6,48714	38,958	7,80332	37,4425
3,0773	37,8117	7,3115	40,5344	6,92275	39,0141	8,29045	37,4818
3,40516	37,8452	7,8408	40,5865	7,38179	39,0723	8,81036	37,5223
3,69557	37,8748	8,32792	40,636	7,80332	39,1263	9,31153	37,5676
4,0375	37,9092	8,84314	40,69	8,23893	39,1786	9,8314	37,6138
4,44968	37,9535	9,32557	40,7364	8,70263	39,2357	10,2998	37,6561
4,93211	37,9999	9,85956	40,7855	9,13355	39,2888	10,7589	37,6965
5,43328	38,0481	10,3373	40,8337	9,60663	39,3489	10,8057	37,7103
5,89229	38,0934	10,7401	40,8713	9,97191	39,3971	10,3045	37,7103
6,37941	38,1456	10,8994	40,8899	10,1452	39,4237	9,91108	37,7094
6,86188	38,2007	10,5621	40,8908	10,075	39,4267		
7,32558	38,2489	10,0422	40,8899	9,47078	39,4257		
7,77989	38,2933	9,65815	40,882	8,81036	39,3942		
8,27641	38,3395	9,42865	40,8633	8,1312	39,3144		
8,79632	38,3868						
9,27406	38,438						
9,76584	38,4901						
9,62533	38,502						
8,97899	38,51						
8,42627	38,4755						
8,03282	38,4351						