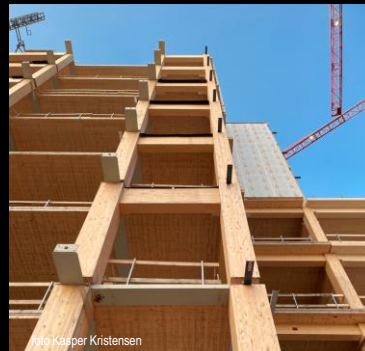


Fugt i træ og bygninger

# Fugtmekanik og krav til egenskaber



Kursus d. 23. - 24. april 2025

1

Træinformation Kasper Kristensen

**TRÆ**

1

Why is dry wood, happy wood ?

Salen

Træinformation

**TRÆ**

2

1

## Why is dry wood, happy wood ?

1. Træ reagerer på fugt, hvordan og hvorfor ?
2. Hvor meget vand er der i træ ?
3. Hvor hurtigt opfugtes træ, og hvor lang tid tager udtørring ?
4. Krav til egenskaber og fugtindhold ?
5. Valg af træmaterialer og holdbarhed ?

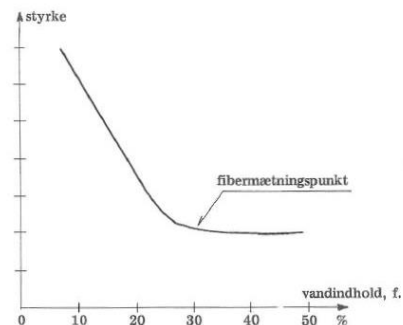
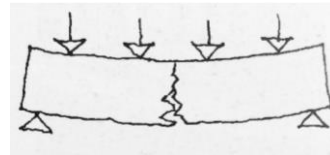
Træinformation

**TRÆ**

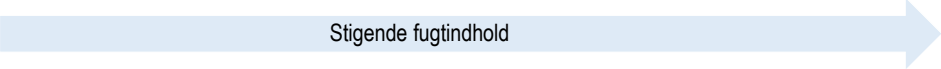
3

## Hvad gør fugt ved træ ?

- mister styrke og stivhed  
Styrken falder 30% ved 10% opfugtning  
+ deformationer fra reduceret stivhed



Stigende fugtindhold



4

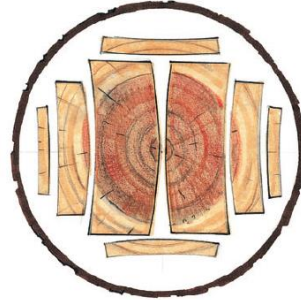
Træinformation

**TRÆ**

4

## Hvad gør fugt ved træ ?

- Mister styrke og stivhed
- Deformerer, svinder/udvider/revner



Stigende fugtindhold

5

Træinformation

**TRÆ**

5

## Hvad gør fugt ved træ ?

- Mister styrke og stivhed
- Deformerer, svinder/udvider/revner



Rock splitting, Egypt / R.M. Rowell

Stigende fugtindhold

6

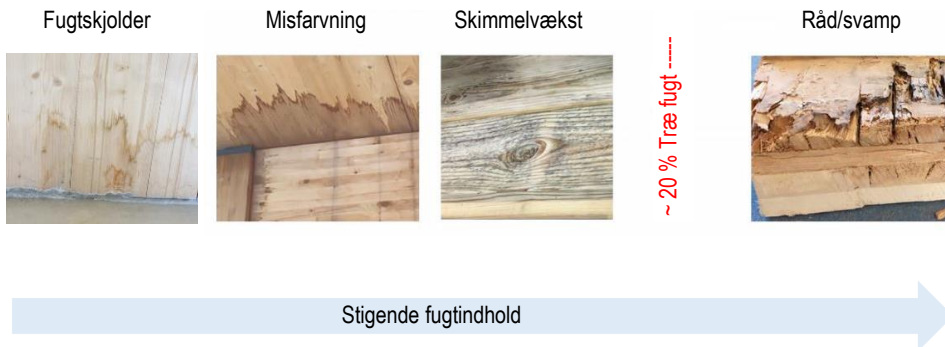
Træinformation

**TRÆ**

6

## Hvad gør fugt ved træ ?

- Mister styrke og stivhed
- Deformerer, svinder/udvider/revner
- Nedbrydes biologisk



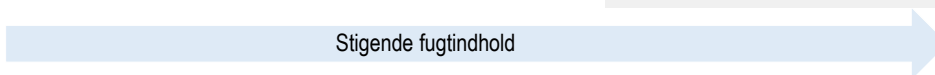
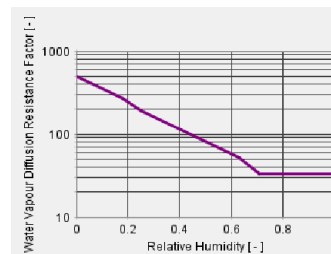
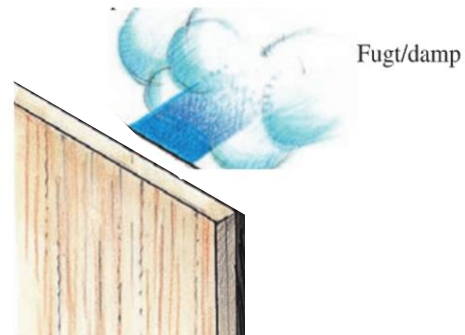
7

## Hvad gør fugt ved træ ?

- Mister styrke og stivhed
- Deformerer, svinder/udvider/revner
- Nedbrydes biologisk
- Ændrer dampdiffusionsmodstand (Z-værdi)

Træ er fugtadaptivt ...

... bliver mere diffusionsåbent når det bliver fugtigt



8

## Hvad gør fugt ved træ ?

- Mister styrke og stivhed
- Deformerer, svinder/udvider/revner
- Nedbrydes biologisk
- Ændrer dampdiffusionsmodstand (Z-værdi)
- Varmeisolation er god for tørt træ
- Limbarhed afhænger af fugtindhold
- ...

Stigende fugtindhold

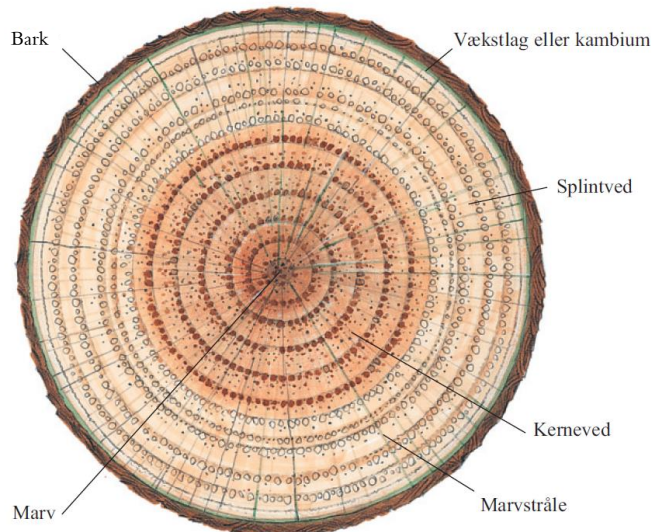
9

Træinformation

**TRÆ**

## Hvad består træ af ?

Tværsnit i fyrretræ



Træinformation

10

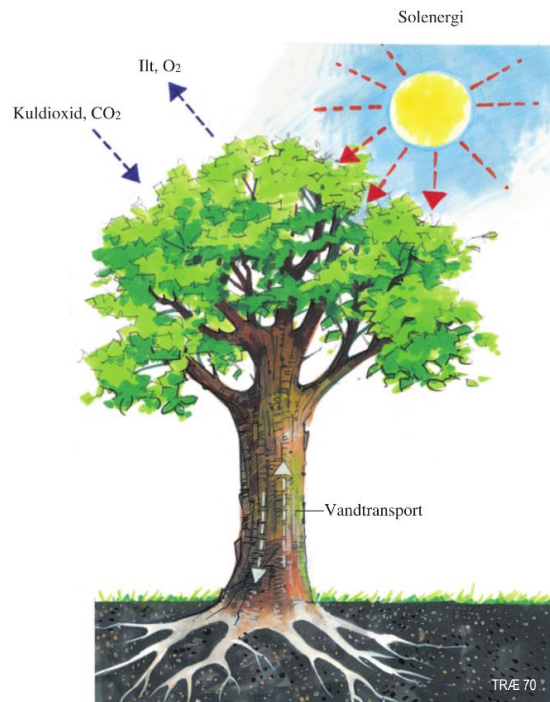
Træinformation

**TRÆ**

## Hvad består træ af ?

50 % kulstof

50 % luft



11

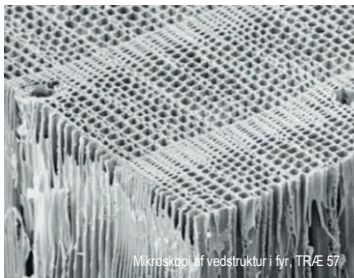
Træinformation

TRÆ

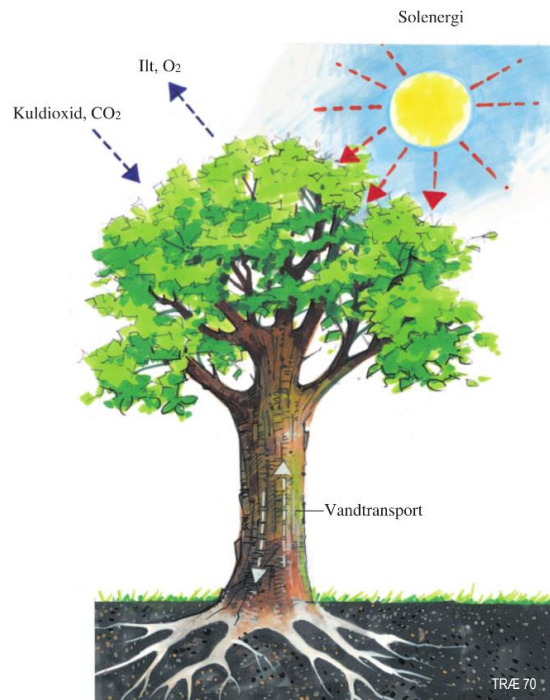
## Hvad består træ af ?

50 % kulstof

50 % luft



Mange hulrum (høj porøsitet)  
Kan derfor indeholde meget vand



12

Træinformation

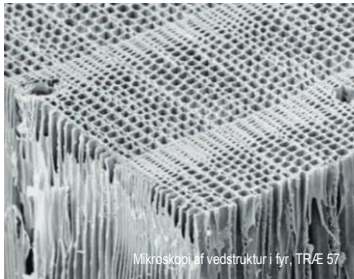
TRÆ



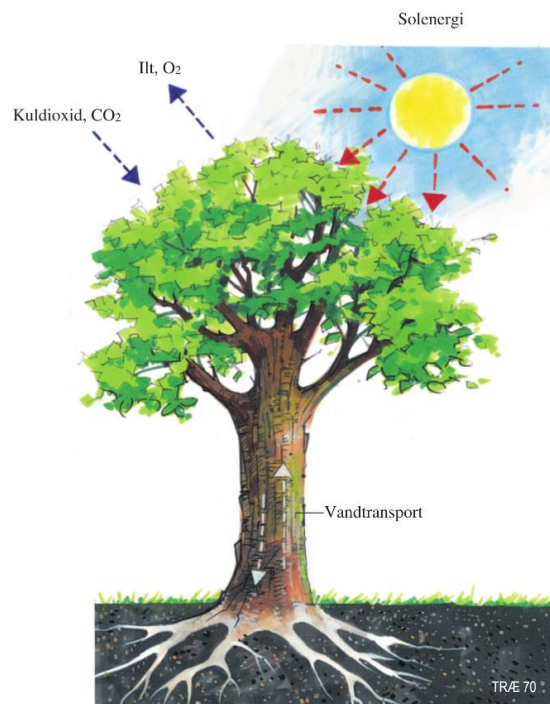
## Hvad består træ af ?

30 % kulstof

Op til 70 % fx i rødgran og fyr



Mange hulrum (høj porøsitet)  
Træ kan indeholde meget vand



13

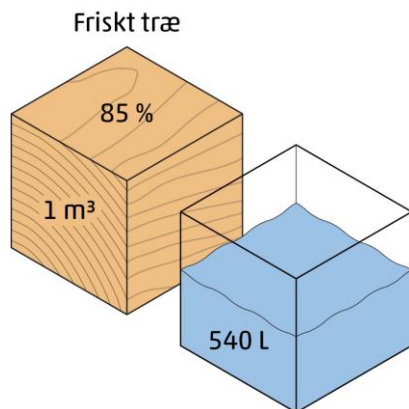
Træinformation  
**TRÆ**

## Hvor meget vand er der i træ ?

Salen

Træinformation  
**TRÆ**

## Hvor meget vand er der i træ ?



Træinformation

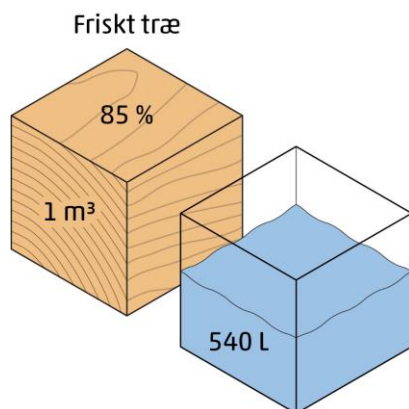
16

Træinformation

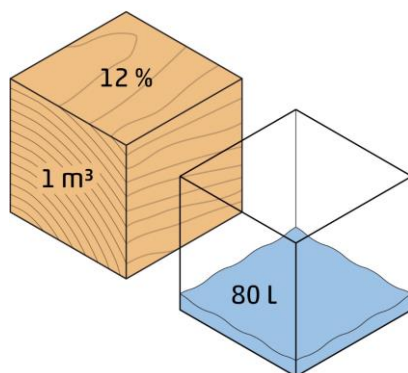
**TRÆ**

16

## Hvor meget vand er der i træ ?



Bygningstørt træ



Træinformation

17

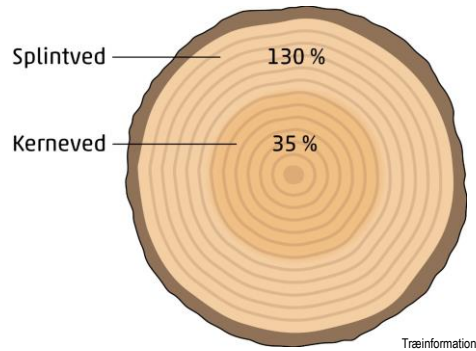
Træinformation

**TRÆ**

17



## Hvor er vandet placeret i friskt træ ?



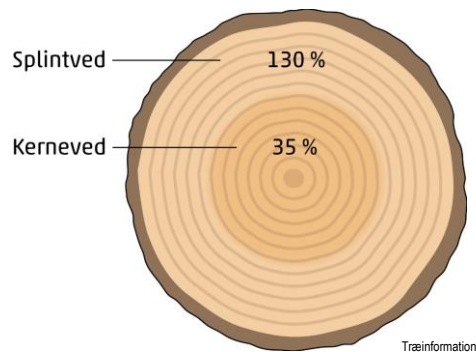
Splintved er aktivt med vandtransport  
Kerneved er inaktivt med lukket cellestruktur

18

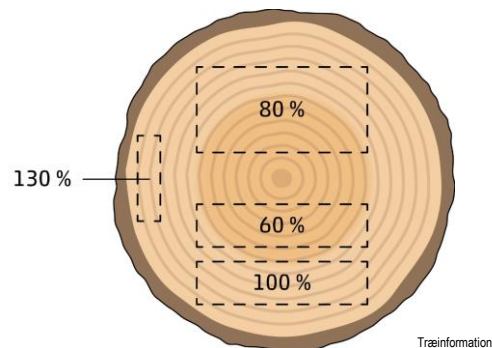
Træinformation  
**TRÆ**

18

## Hvor er vandet placeret i friskt træ ?



Splintved er aktivt med vandtransport  
Kerneved er inaktivt med lukket cellestruktur



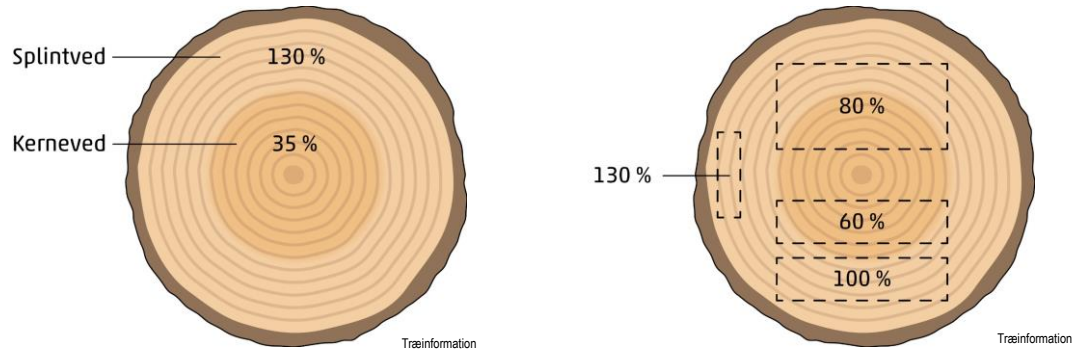
Fugtindhold i nyskårne planker og brædder  
afhænger af placeringen i stammen

19

Træinformation  
**TRÆ**

19

## Hvor er vandet placeret i friskt træ ?



Fugtindholdet er lavest i kernetræ

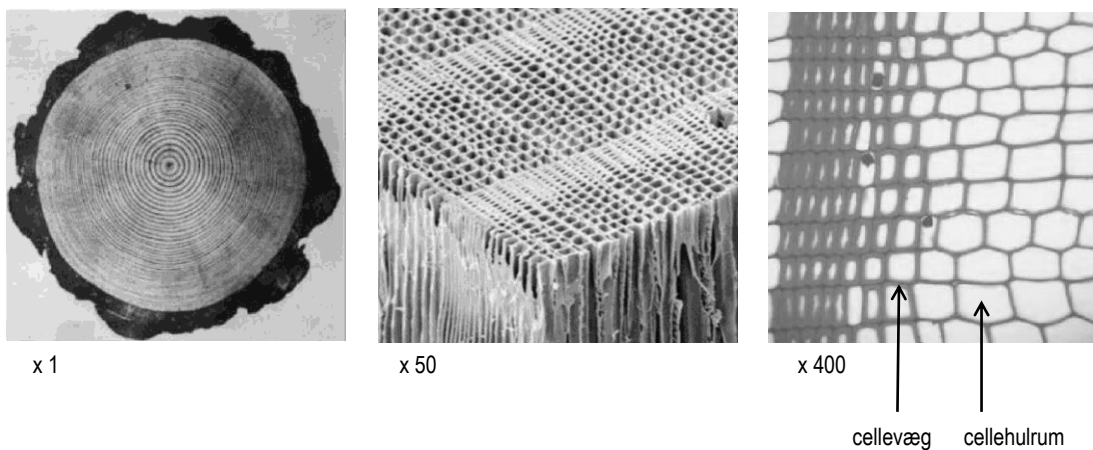
20

Træinformation

TRÆ

20

## Hvor er vandet placeret på mikroniveau ?



Vandet findes som frit vand i cellehulrum (lumen) og som bundet vand i cellevæggene

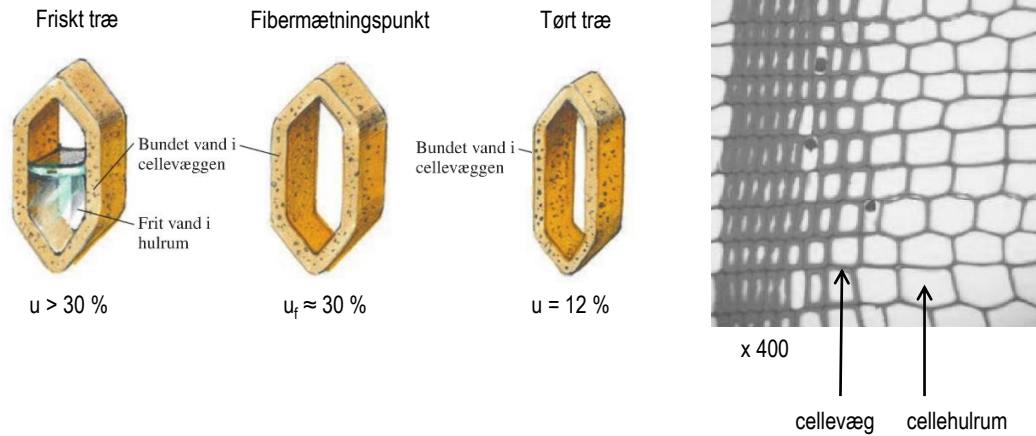
21

Træinformation

TRÆ

21

## Hvor er vandet placeret på mikroniveau ?

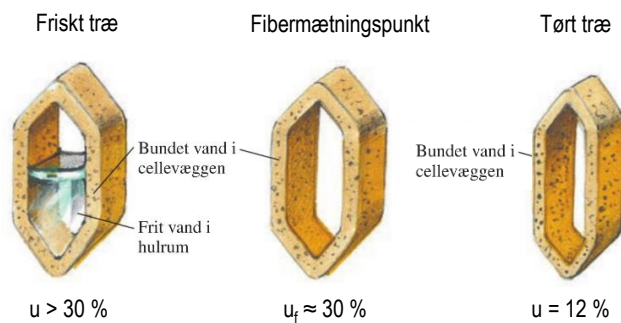


22

Træinformation  
**TRÆ**

22

## Hvor er vandet placeret på mikroniveau ?



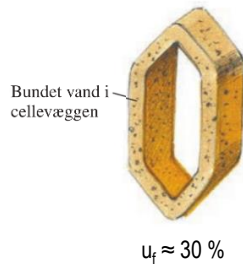
- Træ svinder ved tørring under fibermætningspunktet fordi cellevæggen afgiver vand

23

Træinformation  
**TRÆ**

23

## Hvor er vandet placeret på mikroniveau ?



### **Fibermætningspunktet**

Cellevæggen er vandmættet  
(ikke frit vand i cellehulrum)

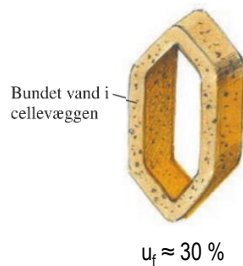
- ca. 28 % for gran og fyr ved 20 °C
- afhænger af træart og temperatur

24

Træinformation

**TRÆ**

## Hvor er vandet placeret på mikroniveau ?



- Fugtindholdet nærmer sig **fibermætningspunktet** ved meget høje relativ luftfugtighed
- Forøgelse over fibermætningspunktet vil kræve direkte vandpåvirkning

25

Træinformation

**TRÆ**

Træs fugtindhold,  $u$  defineres som

”Forholdet mellem massen af fordampeligt vand og træets tørre masse”

26



26

Træs fugtindhold,  $u$  defineres som

$$u = \frac{\text{massen af fordampeligt vand}}{\text{træets tørre masse}}$$

27



27

Træs fugtindhold,  $u$  defineres som

Vægt-%

$$u = \frac{\text{vandindholdet}}{\text{tørvægten}} \times 100 \%$$

28



28

Træs fugtindhold,  $u$  defineres som

Vægt-%

$$u = \frac{\text{fugtig vægt} - \text{tør vægt}}{\text{tør vægt}} \times 100 \%$$

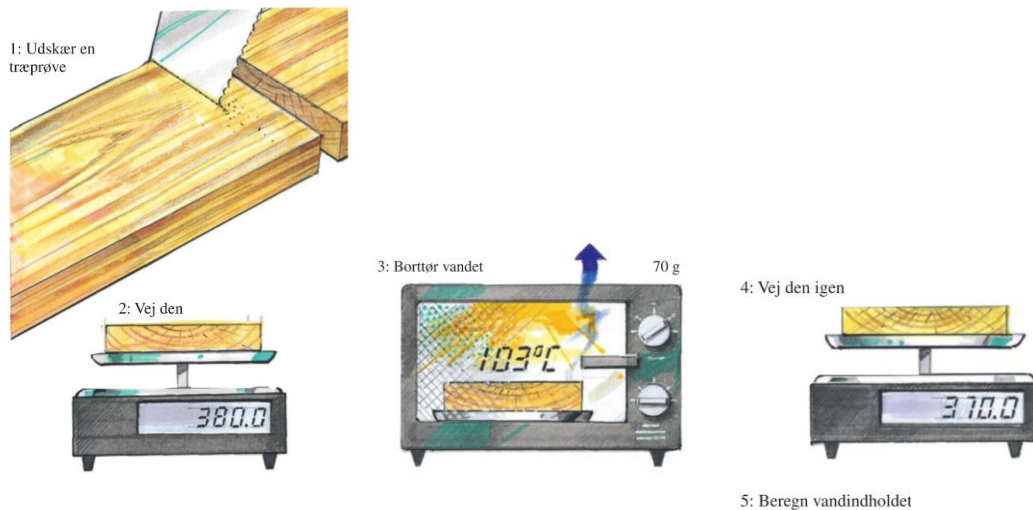
29



29



## Veje-tørre-veje metoden

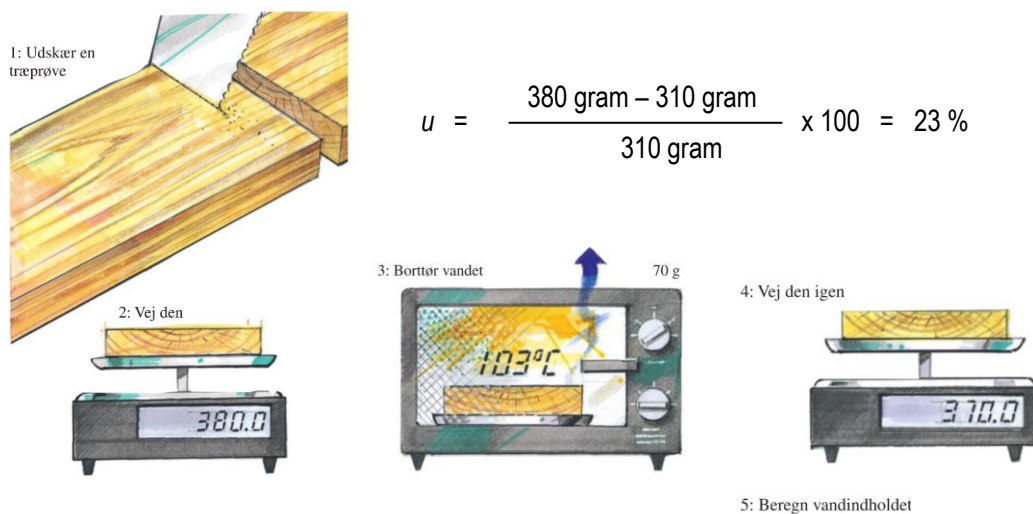


30

Træinformation

**TRÆ**

## Veje-tørre-veje metoden

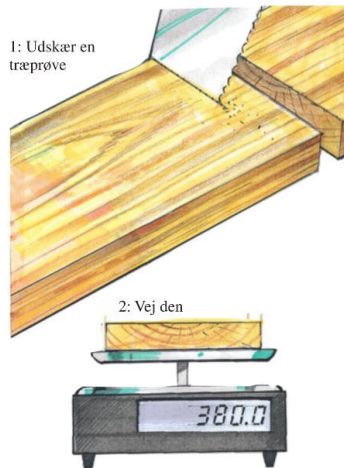


31

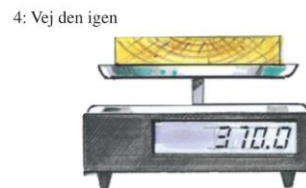
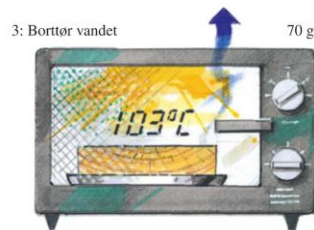
Træinformation

**TRÆ**

## Veje-tørre-veje metoden



Kan også måles med elektrisk modstandsmåler  
- det er hurtigt, men knap så nøjagtigt



5: Beregn vandindholdet:  $\frac{380 - 310}{310} \times 100 = 22,6\%$

32

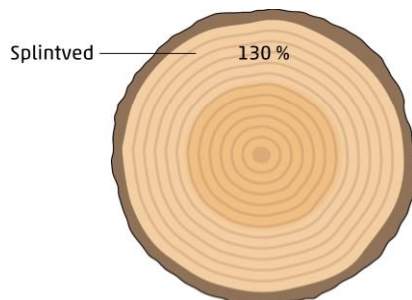
Træinformation  
**TRÆ**

## Træs fugtindhold, eksemplet fra før

Beregning af vandindhold i splintved

Tørdensitet,  $\rho_{00} = 490 \text{ kg/m}^3$  (skovfyr)

Porøsitet,  $p = 1 - \rho_{00} / 1500 \text{ kg/m}^3 = 67\%$  (hulrum)



$$u = \frac{m_{\text{vand}}}{m_{\text{tør}}} = \frac{670 \text{ kg}}{490 \text{ kg}} \times 100 \approx 130\%$$

33

Træinformation  
**TRÆ**

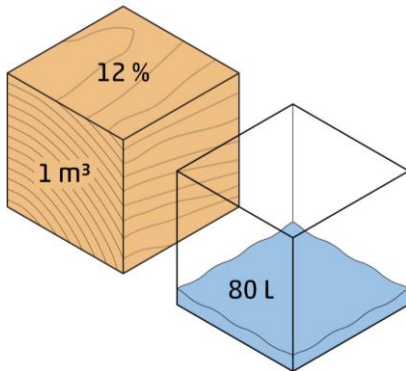
## Træs fugtindhold, eksemplet fra før

Beregning af liter vand i 1 m<sup>3</sup> træ

$$u = \frac{m_{\text{vand}}}{m_{\text{tør}}}$$

Eg, tørdensitet  $\rho_{00} = 650 \text{ kg/m}^3$  jf. TRÆ 70

$$m_{\text{vand}} = 12 \% \times 650 \text{ kg/m}^3 = 80 \text{ kg vand pr. m}^3$$



34

Træinformation



34

## Træs fugtindhold, eksemplet fra før

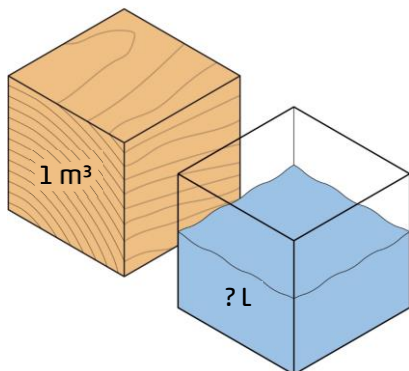
Opfugtning på byggeplads fra 12 % til fx 22 % træfugtindhold

Gran, tørdensitet  $\rho_{00} = 430 \text{ kg/m}^3$  jf. TRÆ 70

$$m_{\text{vand}} = 12 \% \times 430 \text{ kg/m}^3 = 50 \text{ kg vand pr. m}^3$$

$$m_{\text{vand}} = 22 \% \times 430 \text{ kg/m}^3 = 95 \text{ kg vand pr. m}^3$$

$$= 45 \text{ kg vand pr. m}^3$$



→ Der er meget vand der skal tørres ud

→ 45 liter vand fra 10 m træbjælke

35

Træinformation



35

Hvilket fugtindhold kan vi forvente ?

Salen

Træinformation

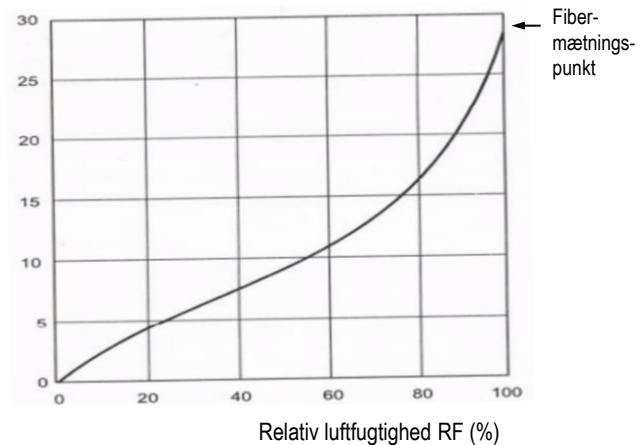
**TRÆ**

37

## Ligevægtsfugtindhold

Fugtindhold,  $u$  afhænger af  
luftens relative fugtindhold (RF)

Træ fugtindhold  $u$  (%)



38

Træinformation

**TRÆ**

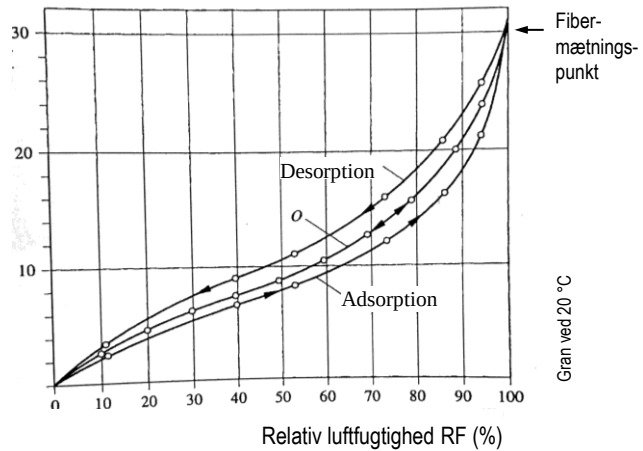
38

# Ligevægtsfugtindhold

Fugtindhold,  $u$  afhænger af luftens relative fugtindhold (RF)

- Sorptionshysterese

Træ fugtindhold  $u$  (%)



39

Træinformation

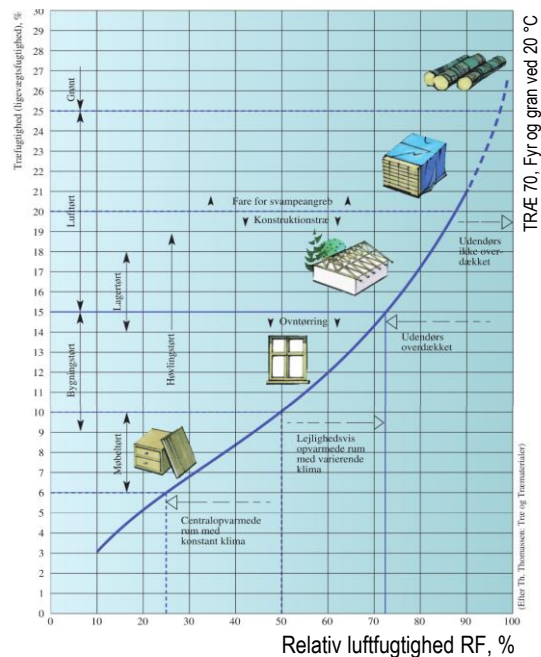
TRÆ

39

# Ligevægtskurve

Fugtindhold,  $u$  afhænger af luftens relative fugtindhold (RF)

Træ fugtindhold, %



40

Træinformation

TRÆ

40

# Ligevægtskurve

RF 85 % ; u = 20 %

RF 75 % ; u = 16 %

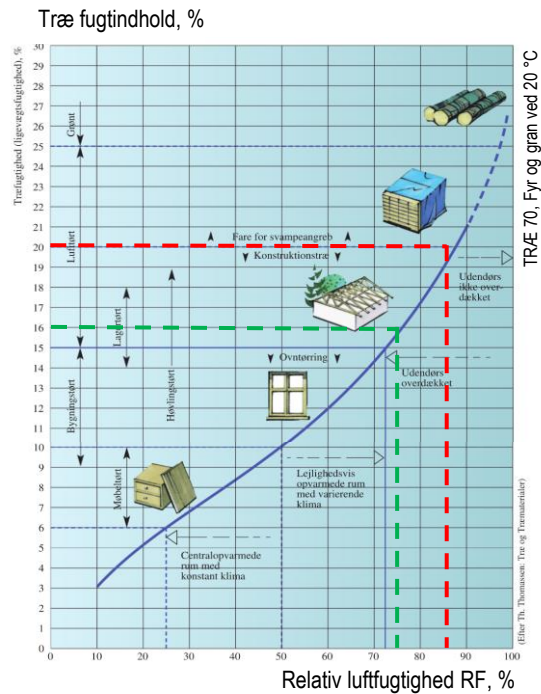
RF 65 % ; u = 12 %

RF 50 % ; u = 10 %

RF 25 % ; u = 6 %

- Risiko for trænedbrydende svampe ved træfugtindhold > 20 %

41



41

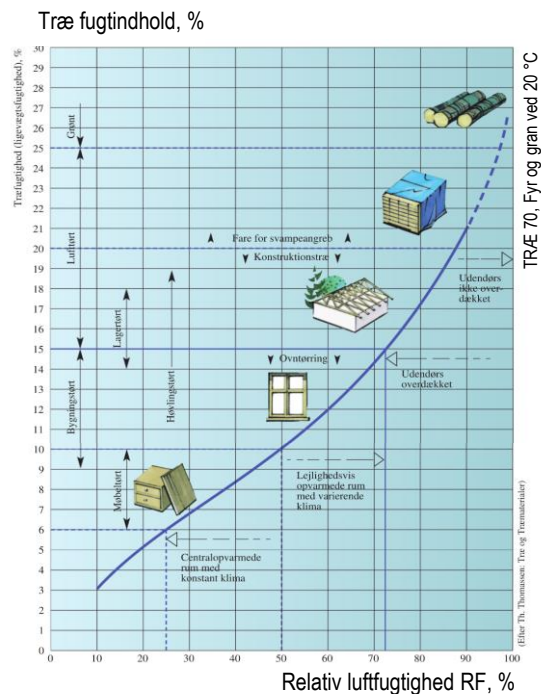
Træinformation

TRÆ

# Ligevægtskurve

- Komfortområde:  
Opvarmet indendørs (RF 35 - 65 %)  
Vinter-sommer, træfugtindhold 7 - 12 %
- Svind afhænger af fugtindholdet, og dermed af RF

42



42

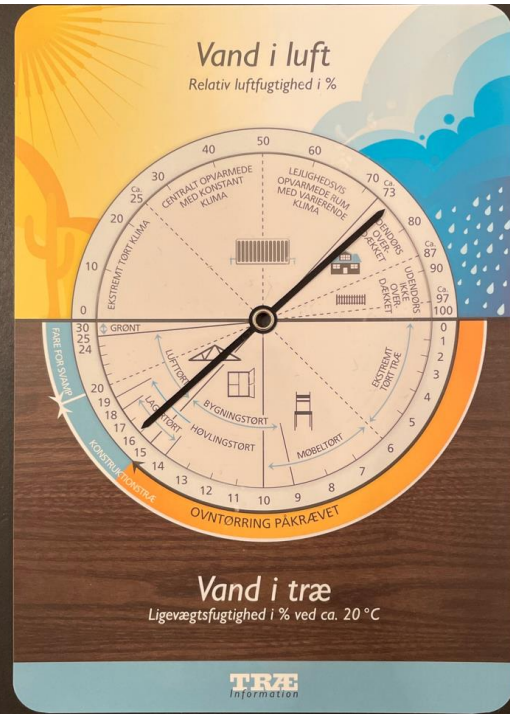
Træinformation

TRÆ

# Fugtskiven

RF

Træ ligevægtsfugtindhold



Træinformation

TRÆ

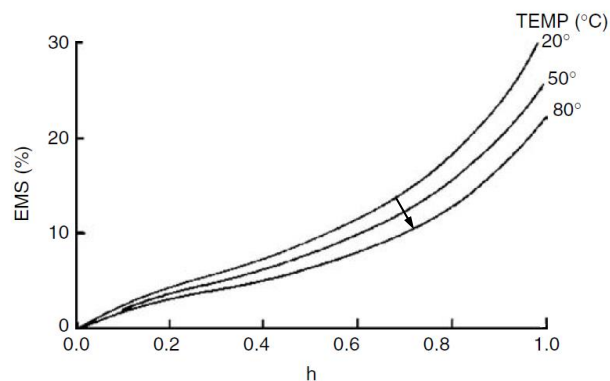
43

43

## Hvad betyder temperaturen for fugtindholdet ?

Højere temperatur betyder lavere vandindhold ved samme RF

- Lavere fugtindhold i sortmalede vinduer og træfacader
- Højere energiindhold for vandmolekyler resulterer i lavere vandindhold



Træinformation

TRÆ

44

44

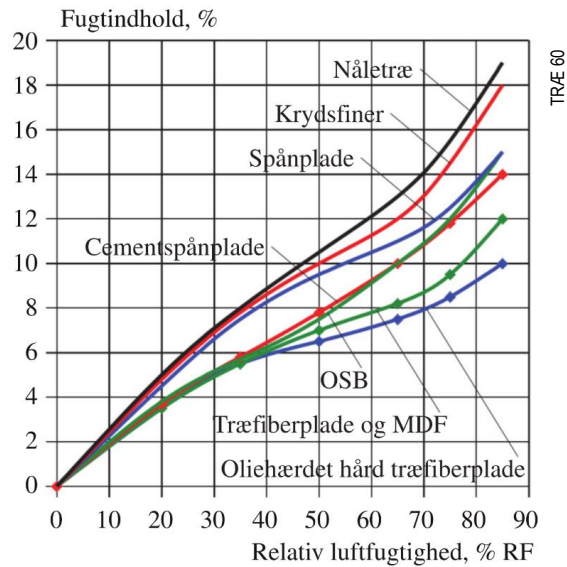


## Fugtindhold i træplader

For træplader er ligevægtsfugtindholdet lavere end for massivt træ.

Især OSB, MDF og træfiberplader

- Varmebehandling, lim og voks reducerer træets fugtoptagelse
- Fugtmåler bør være kalibreret til pladetypen



45

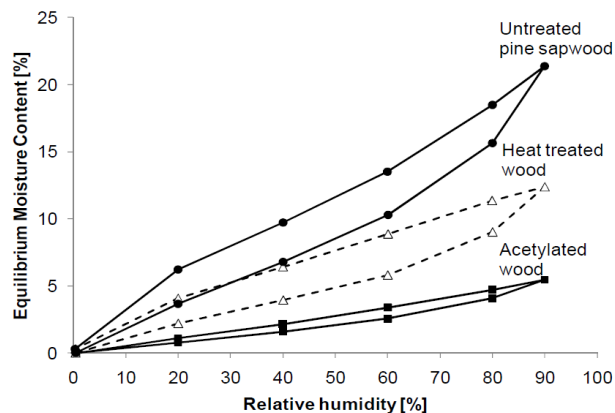
Træinformation

TRÆ

## Fugtindhold i modificeret træ

Modificering sænker træets ligevægtsfugtindhold

- Varmebehandlet fyr
- Anhydridmodificeret fyr



Kilde: Teknologisk Institut

46

Træinformation

TRÆ



## Fugtindhold for træ i anvendelse

|              |                                                |
|--------------|------------------------------------------------|
| 20% til 100% | Udendørs i jord                                |
| 28% til 30%  | Fibermætningspunkt                             |
| 12% til 28%  | Udendørs over jord, ubeskyttet                 |
| 15% til 22%  | Udendørs over jord, i fri luft under tag       |
| 20% -        | <b><u>Grænse for biologisk nedbrydning</u></b> |

47

Træinformation



47

## Fugtindhold for træ i anvendelse

|              |                                                |
|--------------|------------------------------------------------|
| 20% til 100% | Udendørs i jord                                |
| 28% til 30%  | Fibermætningspunkt                             |
| 12% til 28%  | Udendørs over jord, ubeskyttet                 |
| 15% til 22%  | Udendørs over jord, i fri luft under tag       |
| 20% -        | <b><u>Grænse for biologisk nedbrydning</u></b> |
| 16% - 18%    | Grænse for skimmelvækst ved temp > 15 °C       |
| 12% til 16%  | Uopvarmede bygninger                           |
| 7% til 12%   | Indendørs i opvarmede bygninger                |
| 6% til 10%   | Centralt opvarmede rum med konstant temperatur |
| Under 7%     | Meget tørt indeklima fx varmegenvinding        |

48

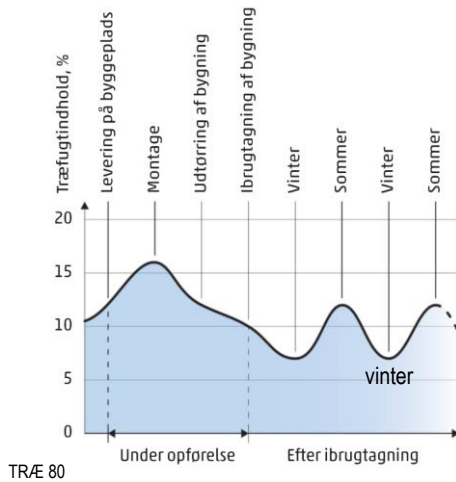
Træinformation



48

## Hvad er årsvariationen i træfugt ?

Indendørs: Tørrest om vinteren



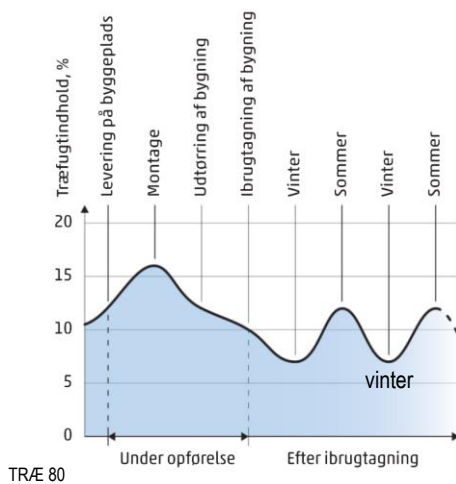
49

Træinformation

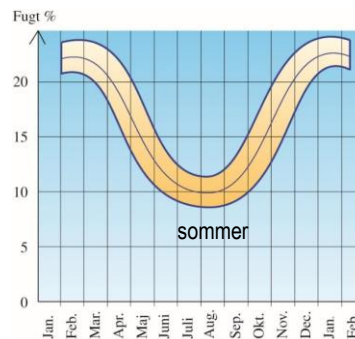
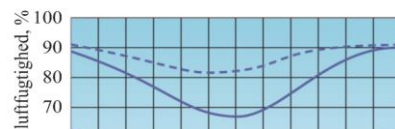
**TRÆ**

## Hvad er årsvariationen i træfugt?

Indendørs: Tørrest om vinteren



Udendørs: Tørrest om sommeren



50

Træinformation

**TRÆ**

## Fugtkrav - Træfugtindhold ved levering og indbygning

- For at minimere ulemperne ved fugtbetingede dimensionsændringer bør det altid tilstræbes at indbygge træ med et fugtindhold svarende til brugstilstanden.
- Tørresvind skal kunne optages uden skader.

51

Træinformation

TRÆ

51

## Fugtkrav - Træfugtindhold ved levering og indbygning

- For at minimere ulemperne ved fugtbetingede dimensionsændringer bør det altid tilstræbes at indbygge træ med et fugtindhold svarende til brugstilstanden.
- Tørresvind skal kunne optages uden skader.

**DS/EN 1995-1-1, Eurocode 5: Trækonstruktioner:**

**10 Udførelse og kontrol**

**10.2 Materialer**

(3) Før indbygning bør træet tørres, således at dets fugtindhold så nøje som muligt svarer til de klimatiske betingelser i den færdige konstruktion.

52

Træinformation

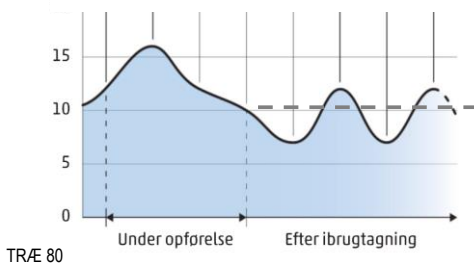
TRÆ

52

## Hvad skal træfugten være ved levering og indbygning?

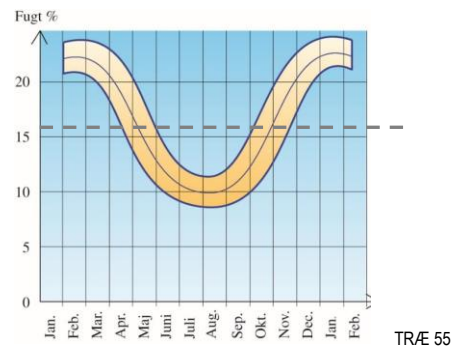
### Indendørs

- Træplader og gulve: normalt 6-10 %
- Limtræ og CLT: 10-14 %
- Konstruktionstræ: 14-18 %



### Udendørs

- Beklædningsbrædder til facader: 16 %  
middel træfugt, lagertørt 14-18 %
- Konstruktionstræ: 16-20 %



53

Træinformation  
**TRÆ**

## Hvad skal træfugten være ved levering og indbygning?

### Indendørs

- Træplader og gulve: normalt 6-10 %
- Limtræ og CLT: 10-14 %
- Konstruktionstræ: 14-18 %



### Udendørs

- Beklædningsbrædder til facader: 16 %  
middel træfugt, lagertørt 14-18 %
- Konstruktionstræ: 16-20 %



54

Træinformation  
**TRÆ**

# Fugtkrav - Træfugtindhold ved levering og indbygning

Projektspecifikt iht. TRÆ 55, TRÆ 70, TRÆ 77, TRÆ 79, TRÆ 80 osv.

## 4.7.2.2 Savskåret træ og beklædningsbrædder

- A1. Brædder med og uden profilering til ind- og udvendig beklædning skal være iht. *DS/EN 14915*.
- A2. Dimensioner og tilladelige afvigelser er iht. *DS 146*.
- A3. Træ til ikke-bærende skeletkonstruktioner skal være nåletræ, sorteringsklasse G4-3 iht. *DS/EN 1611-1*, T0 iht. *DS/INSTA 142*, C14 iht. *DS/EN 338* eller bedre og må ved indbygning maksimalt have et fugtindhold på 18 pct., dog maksimalt 16 pct. ved indbygning i lukkede konstruktioner fx under pladebeklædning, for at forebygge skimmelvækst, jf. *TRÆ 62, Skadet træværk*.
- A4. Lægter, brædder mv. til underlag for indvendig pladebeklædning skal være nåletræ, sorteringsklasse G4-3 iht. *DS/EN 1611-1*, T0 iht. *DS/INSTA 142*, C14 iht. *DS/EN 338* eller bedre med fugtindhold på 12 pct.  $\pm$  3 pct.
- A5. Brædder til indvendig beklædning skal ved indbygning have et fugtindhold på 8 pct.  $\pm$  2 pct.
- A6. Underlag, afstandslister mv. af træ til indvendig beklædning skal være nåletræ, sorteringsklasse G4-3 iht. *DS/EN 1611-1* eller bedre og skal ved indbygning have et fugtindhold på 10 pct.  $\pm$  2 pct.
- A7. Brædder uden profilering til udvendig beklædning skal ved indbygning have et fugtindhold på 16 pct.  $\pm$  5 pct.

## 4.7.2.3 Konstruktionstræ

- A1. Konstruktionstræ skal være iht. *DS/EN 14081-1*.
- A2. Dimensioner og tilladelige afvigelser er iht. *DS/EN 336*.
- A3. Styrkeklassen for konstruktionstræ til bærende konstruktioner skal være nåletræ, C14 iht. *DS/EN 338* eller *DS/EN 1912* eller bedre.
- A4. Fugtindholdet i konstruktionstræ bør ved indbygning svare til de klimatiske betingelser i den færdige konstruktion.
- A5. Konstruktionstræ må ved indbygning maksimalt have et fugtindhold på 18 pct.

## 4.7.2.5 Limtræ

- A1. Limtræ skal være gran, styrkeklasse mindst som GL24 iht. *DS/EN 14080*.
- A2. Limtræ skal ved indbygning have et fugtindhold på 12 pct.  $\pm$  3 pct.

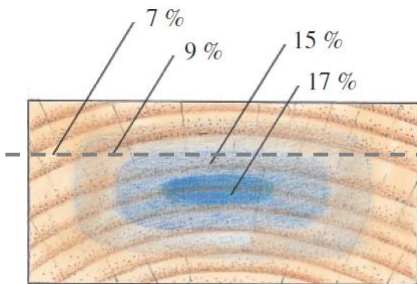
## 4.7.2.1 Generelt

- A1. Anvendelsesklasse er iht. *DS/EN 1995* punkt 2.3.1.3.
- A2. Egenskaber og kvaliteter ved træ og træbaserede plader er iht. *TRÆ 70 Træmaterialer* og *TRÆ 60 Træplader*.
- A3. Træ, der forbliver synligt i de færdige bygværk, skal emballeres med mellemlæg og kantbeskyttes, så mærker fra spændbånd og beskadigelse af fer og not undgås.
- A4. Træbaserede plader til anvendelsesklasse 1 skal ved indbygning have et fugtindhold på 8 pct.  $\pm$  2 pct.
- A6. Ved indbygning af plader skal pladerne fugtkonditioneres og have plads til fugtbetingede bevægelser som angivet i *TRÆ 60 Træplader*.

Molio Beskrivelsesværktøj /  
S212 Trækonstruktion, Basisbeskrivelse 2.0

# Tolerancer – Træfugtindhold

Fugtfordeling i tværsnit efter tørring til bygningstørt niveau  $12 \pm 2 \%$  (10 – 14 %)



Gennemsnitsfugtindhold måles i  
dybde  $\sim 0,3 \times$  tykkelsen  
(DS/EN 13183-2)

## Vandtransport i træ

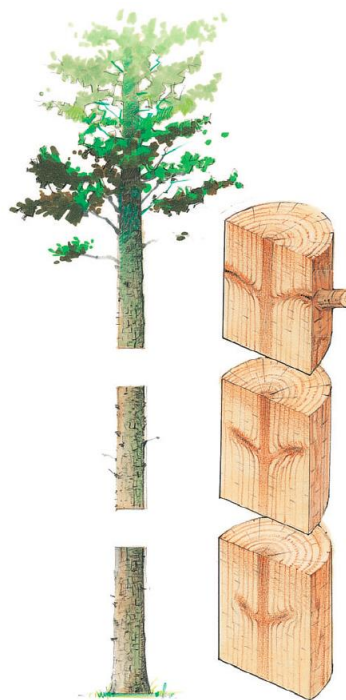
Salen

Træinformation  
**TRÆ**

57

## Vandtransport

- Træ er optimeret til at nå op i lyset og kunne optage vind, egenvægt og sne samt transportere vand op til grenene
- Fibre primært i lodret retning



Træinformation

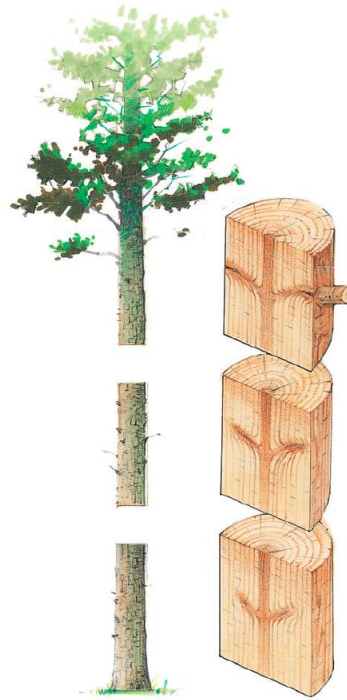
58

Træinformation  
**TRÆ**

58

## Vandtransport

- Nogle få radiale fibre (marvstråler)
- Ingen tangentielle fibre.



Træinformation

59

Træinformation

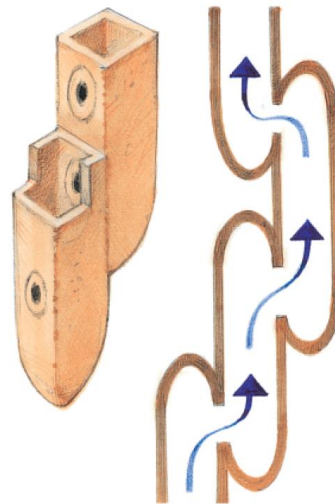
TRÆ

59

## Vandtransport

- Kapillarsugning i vårvedsceller fra rod til krone

1 - 50 m i timen



Vandets opadgående bevægelse i træstammen TRÆ 70

60

Træinformation

TRÆ

60



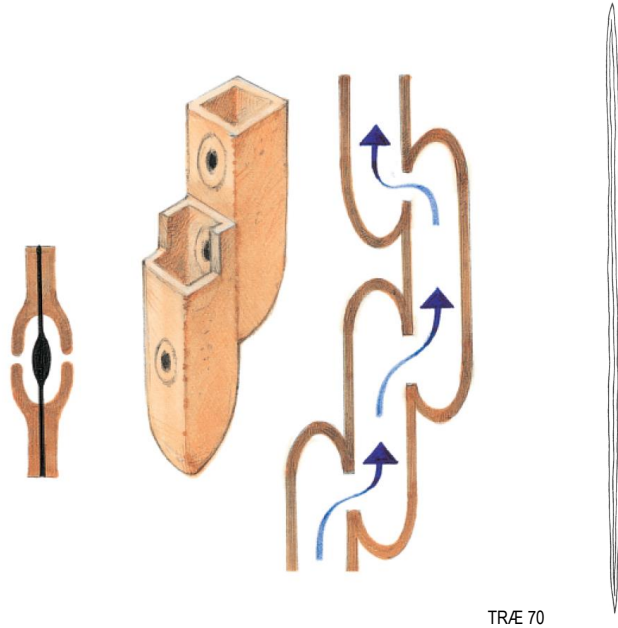
## Vandtransport

- Celler er forbundet med porer i enderne.

Pore (ventilklap) kan lukke,  
så der ikke kommer luft ind i vandsøjler

→ hindrer udtørring af levende træ

→ vanskeliggør senere imprægnering  
fx gran



TRÆ 70

61

Træinformation

**TRÆ**

61

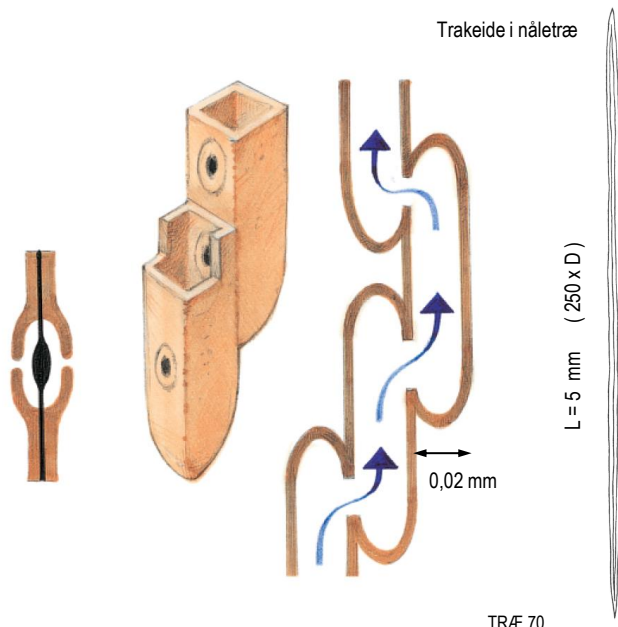
## Vandtransport

- Celler er forbundet med porer i enderne.

Pore (ventilklap) kan lukke,  
så der ikke kommer luft ind i vandsøjler

→ hindrer udtørring af levende træ

→ vanskeliggør senere imprægnering  
fx gran



Trakeide i nåletræ

L = 5 mm (250 x D)

0,02 mm

TRÆ 70

62

Træinformation

**TRÆ**

62

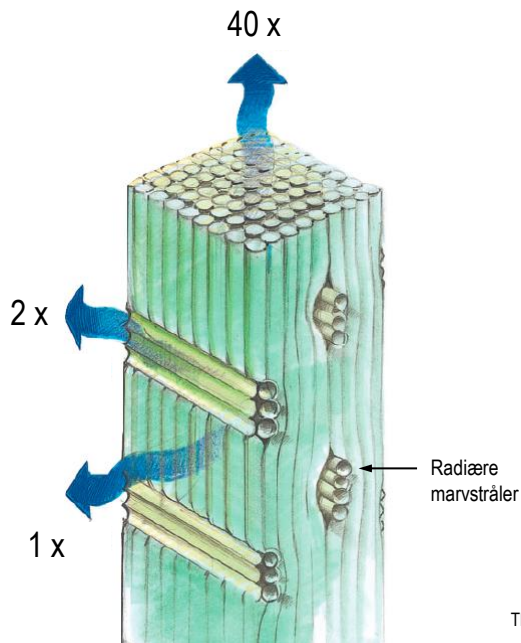
## Sugerør

Opsugning af vand i tørt træ

- Fugtoptagelse er stor i endetræ
- Mindst i tangential retning



63



TRÆ 70 63

Træinformation

TRÆ

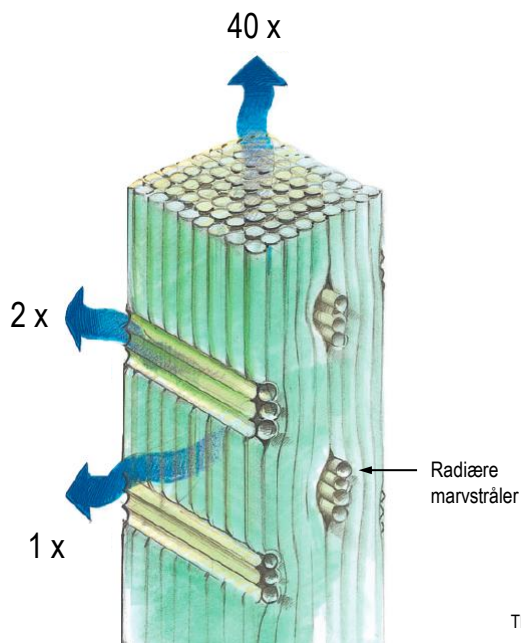
## Sugerør

Opsugning af vand i tørt træ

$$T:R:L = 1 : 2 : 40$$



64



TRÆ 70 64

Træinformation

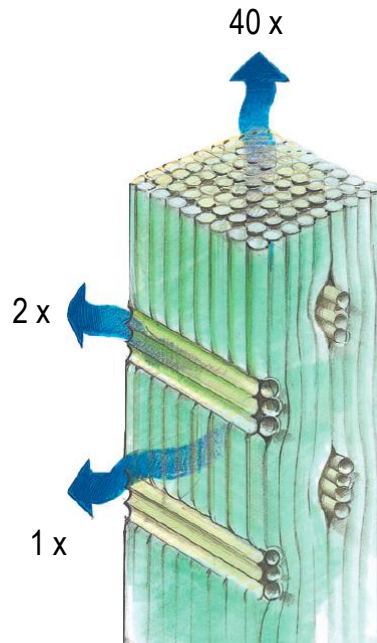
TRÆ

# Sugerør

Opsugning af vand i tørt træ

## Husk

Konstruktiv træbeskyttelse, der hindrer opsugning gennem endetræ !



TRÆ 70 65

Træinformation

**TRÆ**

65

## Hvordan udnyttes den viden ?

Design, konstruktiv træbeskyttelse & fugtstrategi



TRÆ 67



Foto Kasper Kristensen

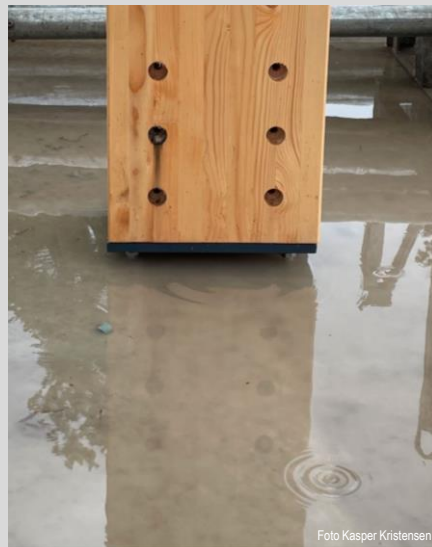


Foto Kasper Kristensen



Foto Nicolas Sillis



Foto Peter Larsen

66

Træinformation

**TRÆ**

66

# Hvordan udnyttes den viden ?

Design, konstruktiv træbeskyttelse & fugtstrategi



Foto Kasper Kristensen



Foto Kasper Kristensen



Træinformation

**TRÆ**

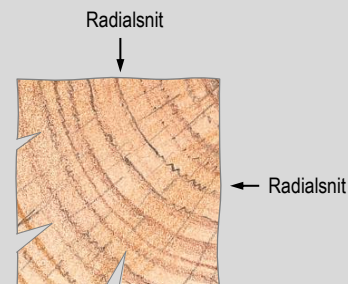
67

## Radialsnit vendes mod vejrliget (kerne udad og opad)

Stolper i bindingsværk og udendørskonstruktioner



Foto Kasper Kristensen



68

Træinformation

**TRÆ**

68

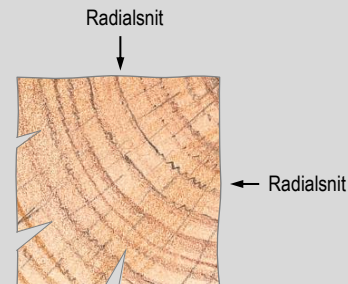


# Radialsnit vendes mod vejrliget (kerne udad og opad)

Stolper i bindingsværk og udendørskonstruktioner



- Mindste vandoptag
- Færrest revner



69

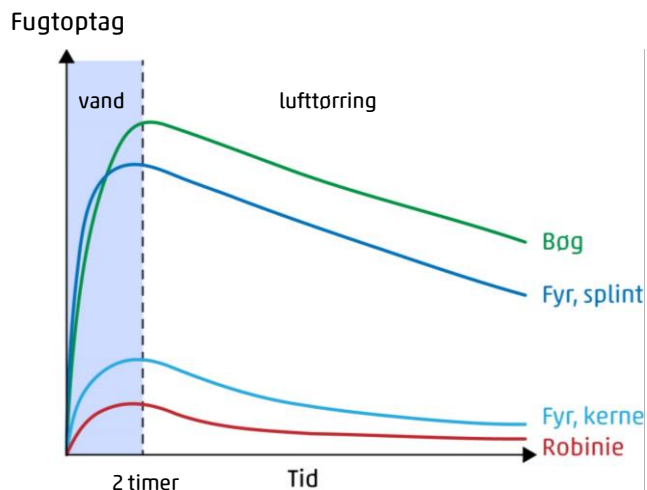
Træinformation

TRÆ

69

## Hvor hurtigt opfugtes træ ?

Eksempel 1 – Endetræ i vand



Prøver 30 x 30 x 30 mm

71

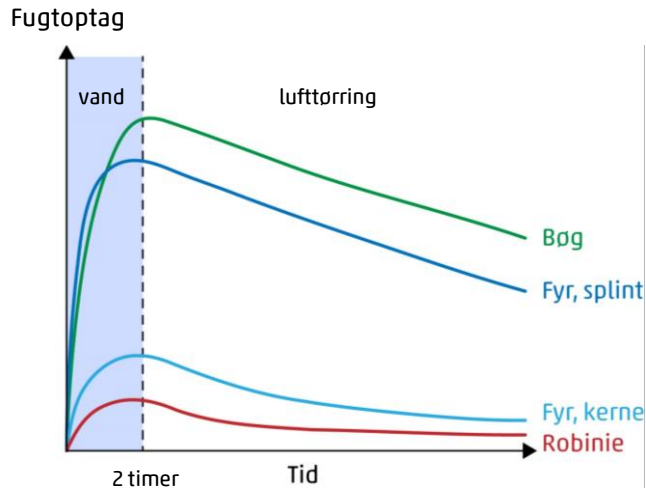
Træinformation

TRÆ

71

# Hvor hurtigt opfugtes træ ?

Eksempel 1 – Endetræ i vand



- Opfugtning sker hurtigt, udtørring sker kun langsomt
- Kerneved optager mindre fugt pga. vandskyende kernerestoffer

72

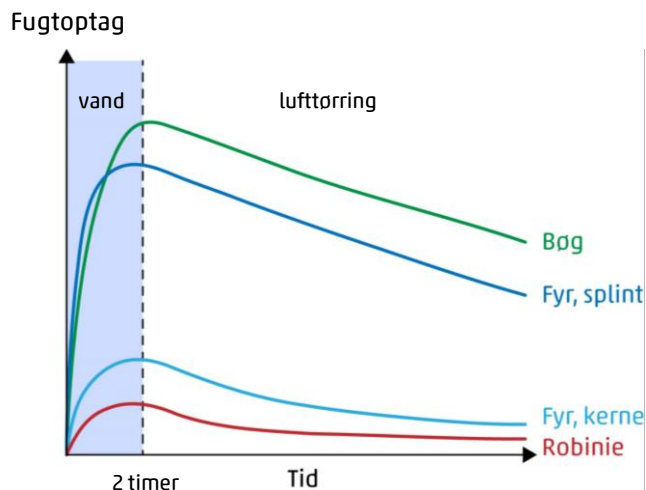
Træinformation

TRÆ

72

# Hvor hurtigt opfugtes træ ?

Eksempel 1 – Endetræ i vand



Beskyt endetræ mod vand



- Opfugtning sker hurtigt, udtørring sker kun langsomt
- Kerneved optager mindre fugt pga. vandskyende kernerestoffer

73

Træinformation

TRÆ

73

# Beskyt endetræ, suger meget vand hurtigt

Eksempel 2 – Samling mellem CLT væg/dæk

Ingen forsegling



Forsegling med specialtape



bmtrada  
Proud to be part of the movement

Træinformation

TRÆ

74

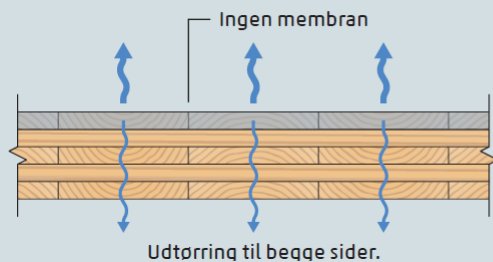
74

## Hvad er tørretiden ?

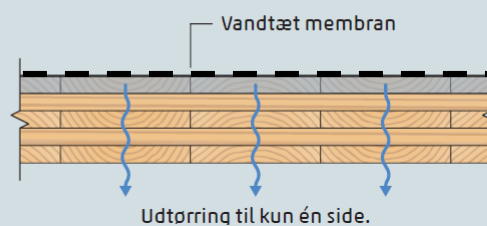
Eksempel 3 – Udtørring af opfugtet CLT-element med / uden membran

Tørretid af øverste lamel fra fugtindhold 35 % → 20 %

Uden membran: **1 måned**



Med membran: **12 måneder**



BM TRADA / TRÆ 80

Træinformation

TRÆ

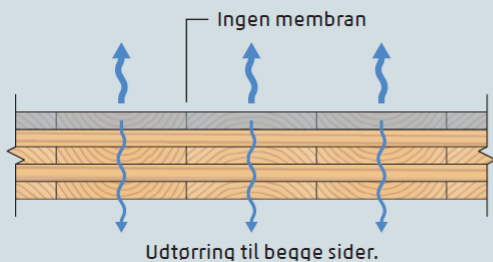
77

## Hvad er tørretiden ?

Eksempel 3 – Udtørring af opfugtet CLT-element med / uden membran

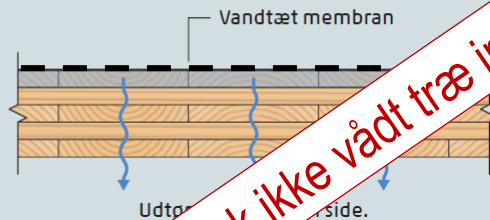
Tørretid af øverste lamel fra fugtindhold 35 % → 20 %

Uden membran: **1 måned**



BM TRADA / TRÆ 80

Med membran: **12 måneder**



**Luk ikke vådt træ inde**

Træinformation

**TRÆ**

78

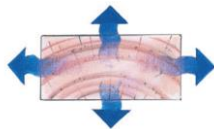
## Hvad er tørretiden ?

Eksempel 4 – Udtørring af granplanke og grantømmer

Træfugtindhold fra 18 % (lagertørt) → 8 % (møbeltørt)

Klima 50 % RF og 20 °C (centralopvarmet rum/værksted)

50 x 100 mm



Tørretid ca. **40 dage**

TRÆ 45

79

Træinformation

**TRÆ**

79

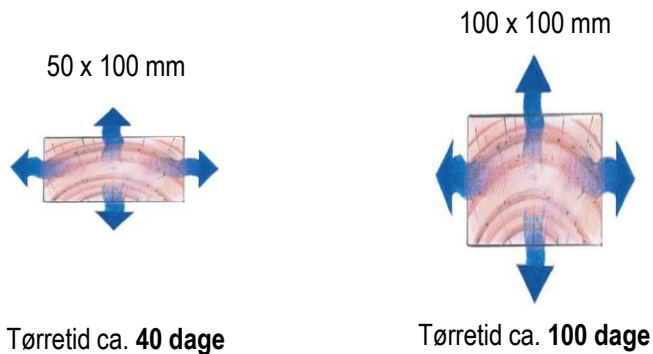


# Hvad er tørretiden ?

## Eksempel 4 – Udtørring af granplanke og grantømmer

Træfugtindhold fra 18 % (lagertørt) → 8 % (møbeltørt)

Klima 50 % RF og 20 °C (centralopvarmet rum/værksted)



TRÆ 45

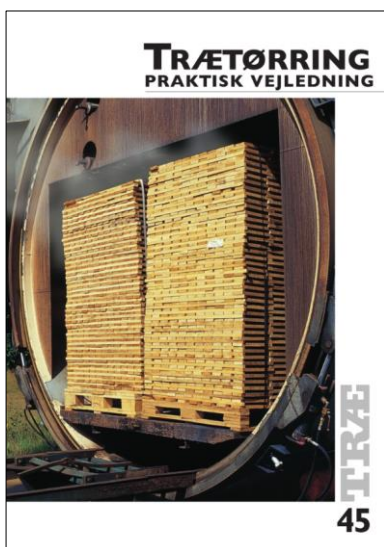
80

Træinformation

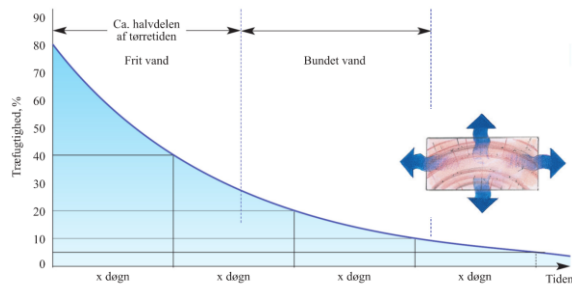
**TRÆ**

80

## Læs mere i *TRÆ 45 Trættørring*



- Trættørringsmetoder og skemaer med orienterende tørretider



**Figur 33** Træ tørrer naturligt efter halveringstidsreglen i et luftskiftesystem. Går der x døgn for at tørre fra 80% til 40%, går der også x døgn fra 40% til 20% osv. Cirka halvdelen af tørretiden fra frisk til møbeltørt

81

Træinformation

**TRÆ**

81

## Sæt tid af udtørring

Opfugtning er hurtig → udtørring sker kun langsomt

82

Træinformation  
**TRÆ**

82

## Formændringer

(Fugtbetingede dimensionsændringer)  
(Fugtrelaterede bevægelser)  
(Fugtdeformationer)

....

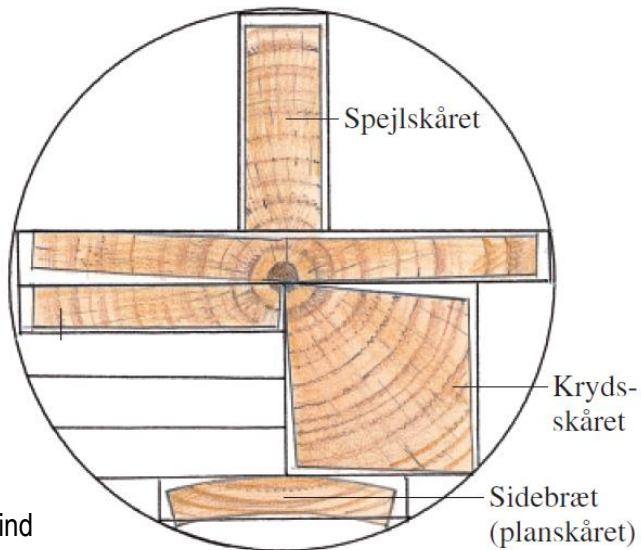
Salen

Træinformation  
**TRÆ**

83

## Formændringer

Deformering af tværsnit fordi  
tangentielt svind er større end radiale svind



TRÆ 70 84

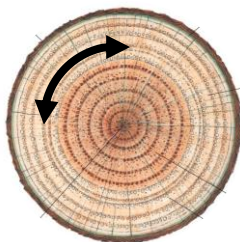
Træinformation

**TRÆ**

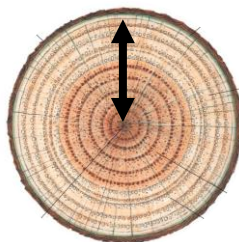
84

## Formændringer

Fugtrelateret svind og udvidelse



Tangentielt svind  
er størst



Radiale svind  
~ 50 % x Tangentielt



Aksiale svind  
~ 5 % x Tangentielt

85

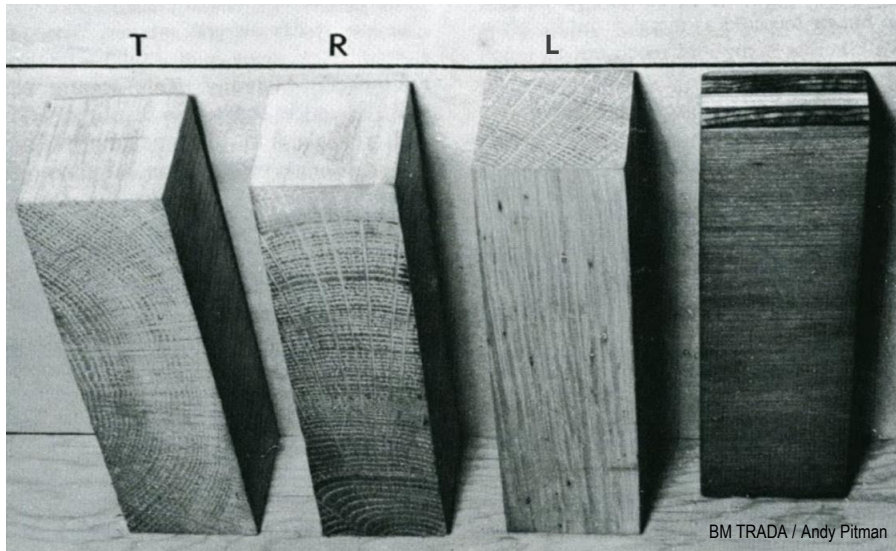
Træinformation

**TRÆ**

85

# Formændringer

Fugtrelateret svind og udvidelse

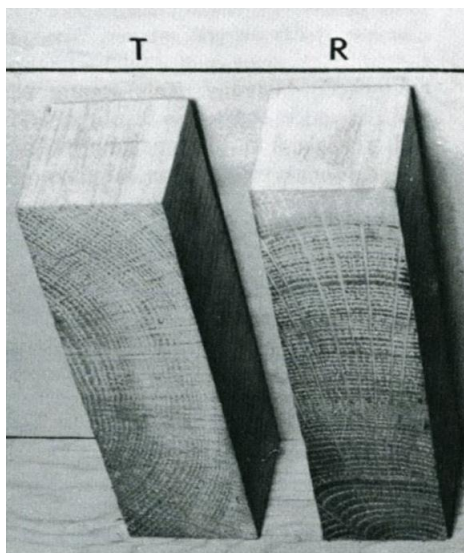


86

Træinformation  
**TRÆ**

# Formændringer

Fugtrelateret svind og udvidelse



87

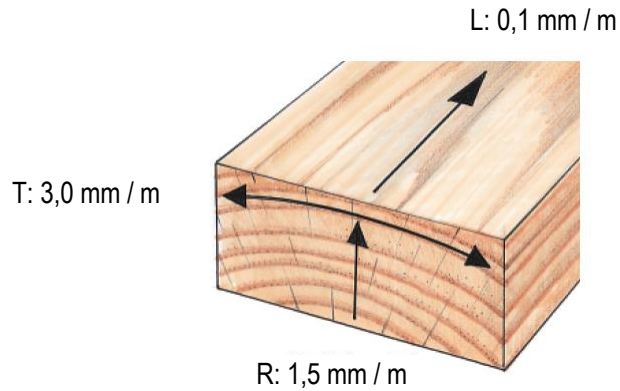
Tangentielt svind er størst

- Høstvedets tykkere cellevægge dominerer svindet
- Ingen armerende fibre i tangentiell retning

Træinformation  
**TRÆ**

## Hvor store formændringer ?

Ved ændring af træfugtindhold på 1 %:



Typiske værdier for fyr, gran og eg, se TRÆ 70

88

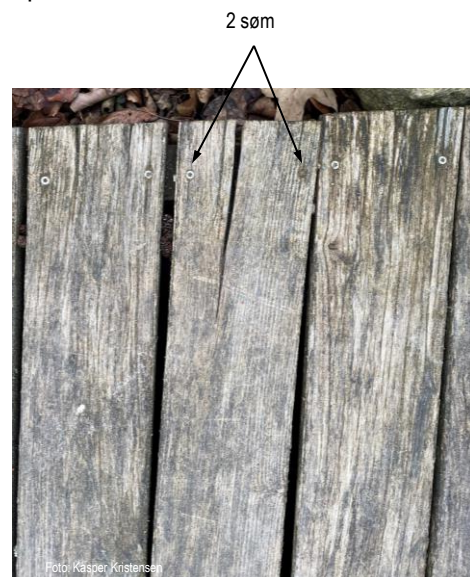
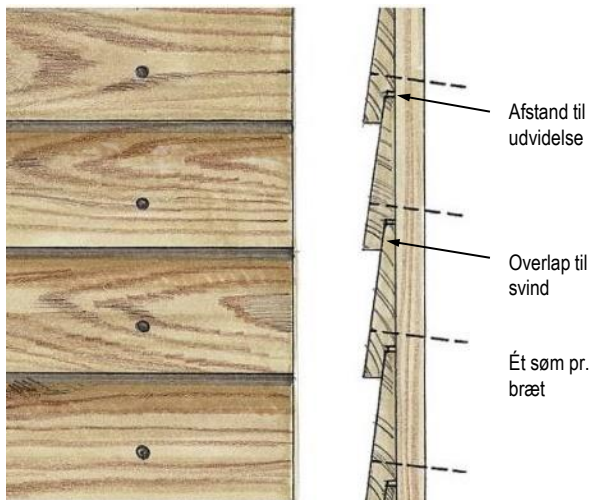
Træinformation

**TRÆ**

88

## Formændringer

Giv plads til udvidelse og svind, undgå revner med kun 1 søm pr. bræt



Træinformation

**TRÆ**

89

## Hvor store formændringer ?

Fx ændring af træfugtindhold på 5 % i årsvariation, indendørs i opvarmede rum:

T: 15,0 mm / m

L: 0,5 mm / m

R: 7,5 mm / m

- 20 m lang bjælke kan ved udtørring på 5 % fugtindhold blive 10 mm kortere

- 333 mm høj bjælke kan ved udtørring på 5 % fugtindhold blive 5 mm lavere.

Svind skal kunne optages uden der opstår skader.

Samlinger fx fugebånd og membraner skal kunne optage fugtdeformationer.

90

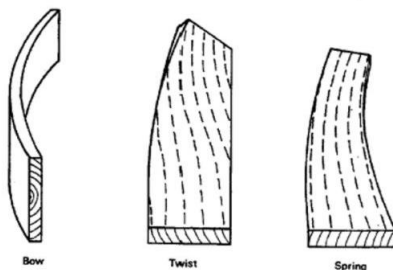
Træinformation



90

## Formændringer ved tørring

Unge træer har snoet fiberforløb



- Savskårne emner af unge træer vrider sig mest ved tørring
- Store dimensioner fra træ af ældre og tykke stammer (fuldmodent træ) forbliver rette ved tørring

91

Træinformation



91

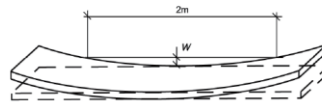


# Krav til tolerancer - Formændringer ved tørring

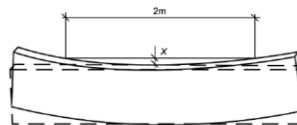
## Rette træmner

Sorteringsregler indeholder værdier for fugtindhold og maksimale tilladte formændringer fx krumning og vindskevhed:

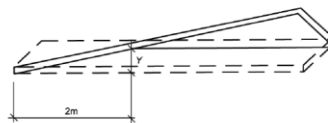
- Savet nåletræ (DS 146)
- Høvlet nåletræ (DS 1002)
- Snedkertræ (DS/EN 942)
- Konstruktionstræ (DS/INSTA 142)
- Limtræ (DS/EN 14080)
- CLT (DS/EN 16351)



Bredsidekrumning W



Smalsidekrumning X



Vindskevhed Y

92

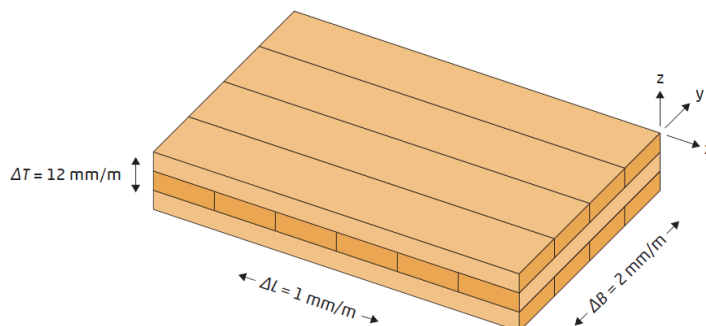
Træinformation

TRÆ

92

## Dimensionsændring af CLT-elementer

pr. m ved 5 % ændring i fugtindhold:



- Et 5 m langt element kan efter indbygning og udtørring blive ca.  $\Delta L \times 5 \text{ m} = 1 \text{ mm/m} \times 5 \text{ m} = 5 \text{ mm}$  kortere
- Er elementet 240 mm tykt, kan det blive ca.  $\Delta T \times 0,24 \text{ m} = 12 \text{ mm/m} \times 0,24 \text{ m} = 3 \text{ mm}$  tyndere.

TRÆ 80

93

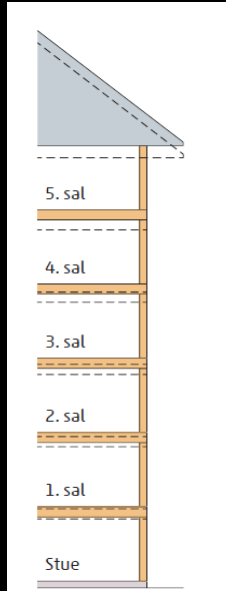
Træinformation

TRÆ

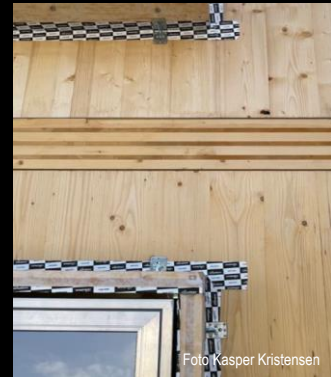
93



## Lodrette deformationer i etagebyggeri



Etagebyggeri i træ kan typisk "sætte sig" ca. op 5 mm pr. etage efter udtørring



Træinformation

TRÆ

Foto Kasper Kristensen

94

94

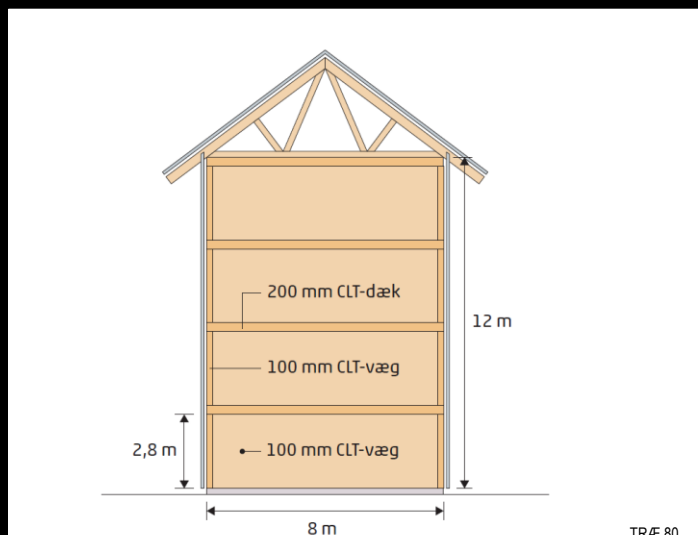
## Eksempel

### Lodret tørresvind i 4-etagers CLT-bygning

- CLT-elementerne monteres med et træfugtindhold på 12 % og forventes efter ibrugtagning at udtørre til 7 %
- 4-etagers bygning kan blive ca. 20 mm lavere efter udtørring:
 
$$= (12-7) \times 0,2 \text{ mm/m} \times 2,8 \text{ m} + (12-7) \times 2,4 \text{ mm/m} \times 0,2 \text{ m}$$

$$= (2,8 \text{ mm} + 2,4 \text{ mm}) \times 4 \text{ etager}$$

$$= \text{ca. } 20 \text{ mm}$$



TRÆ 80

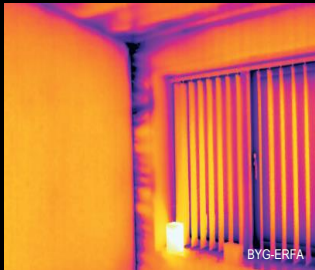
Træinformation

TRÆ

95

## Tørresvind og tæthed af samlinger

- Stiller krav til samlinger forbliver tætte



Træinformation  
**TRÆ**

96

## Tæthed af facader



Træinformation  
**TRÆ**

97

## Tørresvind og detaljer

- Facader og detaljer skal kunne optage bevægelserne



Træinformation

**TRÆ**

98

98

## Tørresvind og detaljer

- Detaljer skal kunne optage bevægelser



Foto: Kasper Kristensen

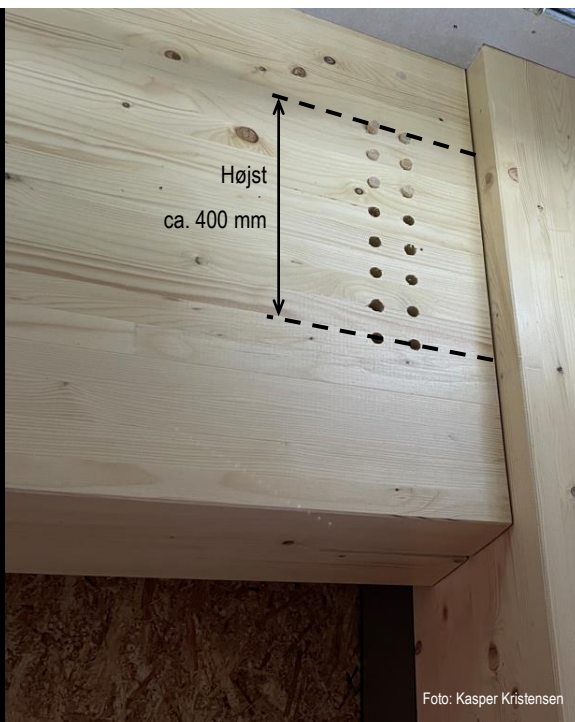


Foto: Kasper Kristensen

Træinformation

**TRÆ**

99

99

## Tørresvind og detaljer

Design med tolerancer, der kan optage differensbevægelser fx ved overgange mellem materialer, gulve, facader osv.

- Aptering når træfugt er så lavt som muligt
- Elementer med overhøjde ved meget høje bygninger



foto: Kasper Kristensen

100

Træinformation

**TRÆ**

100

## Holdbarhed og valg af træart ?

Salen

Træinformation

**TRÆ**

101



## Krav til holdbarhed

**DS/EN 1990, Eurocode 0: Projekteringsgrundlag for bærende konstruktioner:**

### 2.4 Holdbarhed

(1)P Konstruktionen skal projekteres således, at nedbrydning over den forventede levetid ikke vil forringe konstruktionens ydeevne til under det tilsigtede niveau under passende hensyntagen til påvirkningerne og det forudsatte vedligeholdelsesniveau.

(3)P Klima- og miljøforholdene skal identificeres på projekteringsstadiet, således at deres betydning kan vurderes i forhold til holdbarhed, og således at der kan træffes passende foranstaltninger til beskyttelse af de materialer, der indgår i konstruktionen.

102

Træinformation



102

## Klassificering af fugtforhold og holdbarhed

| Anvendelsesklasse                                                    | Brugsklasse                                                                                                                                                    | Holdbarhedsklasse                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Anvendelsesklasse 1-3                                                | Brugsklasse 1-5                                                                                                                                                | Holdbarhedsklasse 1-5                                                                                                                                                                 |
| Bruges til beregninger.<br>Relaterer sig til træfugt og tidsperiode. | Klassificerer risikoen for biologisk nedbrydning baseret på miljøpåvirkning og tilstedeværelse af Trænedbrydende svampe, biller, termitter og marine skadedyr. | Klassificerer holdbarheden overfor: <ul style="list-style-type: none"> <li>• nedbrydende svampe</li> <li>• træborebiller</li> <li>• termitter</li> <li>• marine organismer</li> </ul> |
| Eurocode 5 - DS/EN 1995                                              | DS/EN 335                                                                                                                                                      | DS/EN 350                                                                                                                                                                             |

103

Træinformation



103

## Hvad er holdbarheden ?

Naturlig holdbarhed overfor biologisk nedbrydning

|                  |                                                       |
|------------------|-------------------------------------------------------|
| Indendørs, tørt: | Flere hundrede år<br>Tørt træ er næsten uforgængeligt |
| Udendørs:        | 20 - 120 år<br>Afhængig af træart og kvalitet         |

Se mere: TRÆ 57, TRÆ 60, TRÆ 69, TRÆ 70, Teknologisk Institut, Norsk Institut for skov og landskab, BS/EN 350-2.

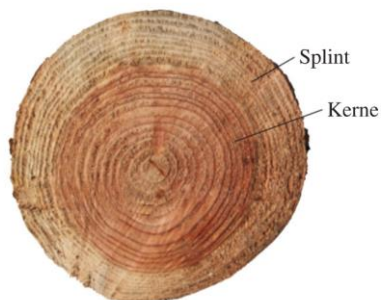
104

104

## Holdbarhedsklasser gælder for kerneved

TRÆ 70

Splintved har generelt ringe holdbarhed (gælder for alle træarter)



Skovfyr og lærk (billedet) har tydelig kerne

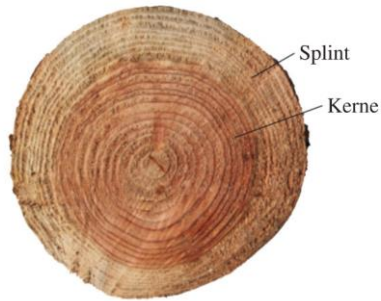
105

105

## Holdbarhedsklasser gælder for kerneved

TRÆ 70

Splintved har generelt ringe holdbarhed (gælder for alle træarter)



Skovfyr og lærk (billedet) har tydelig kerne

Indholdsstoffer har betydning for varigheden, nedsætter hastigheden af svampeangreb

- Vandafvisende harpiks / olier
- Kernestoffer ("giftstoffer")

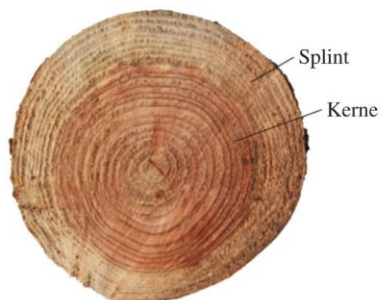
106

Træinformation  
**TRÆ**

106

## Holdbarhedsklasser gælder for kerneved

TRÆ 70



Skovfyr og lærk (billedet) har tydelig kerne



Rødgran har ikke aftegning mellem splint- og hjerteved

107

Træinformation  
**TRÆ**

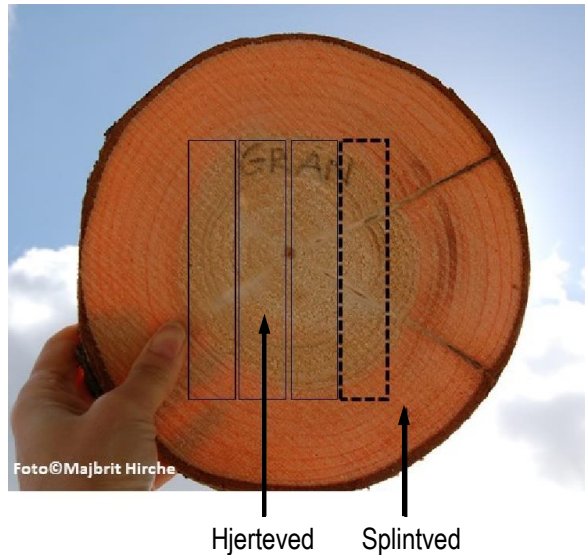
107



## Holdbarhedsklasser gælder for kerneved

Udvælgelse ved opskæring

- Hjerteved i granbrædder til facadebeklædning



108

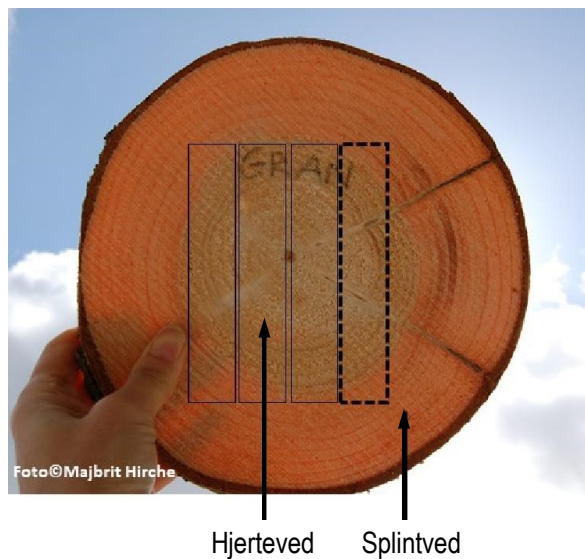
Træinformation

TRÆ

## Holdbarhedsklasser gælder for kerneved

Udvælgelse ved opskæring

- Hjerteved i granbrædder til facadebeklædning
- Grans kerne (hjerteved) er ikke naturligt beskyttet som fyrs
- Til gengæld har gran lukkede porer, der gør vandoptag langsommere end i splintved af fyr.



109

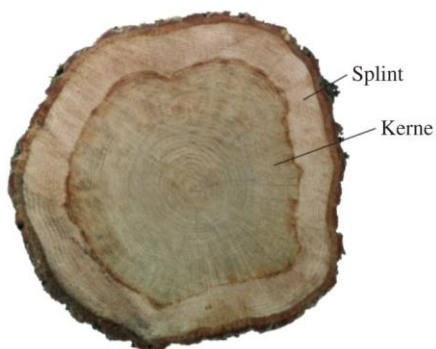
Træinformation

TRÆ

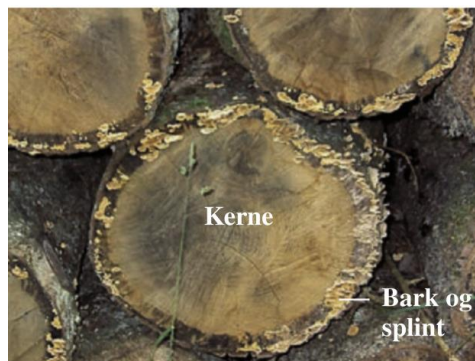
## Holdbarhedsklasser gælder for kerneved

TRÆ 70

Splintved har generelt ringe holdbarhed



Eg med tydeligt kerne



110

Træinformation

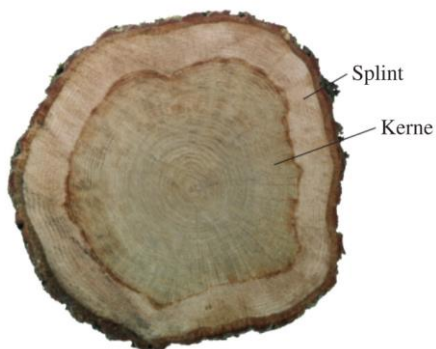
**TRÆ**

110

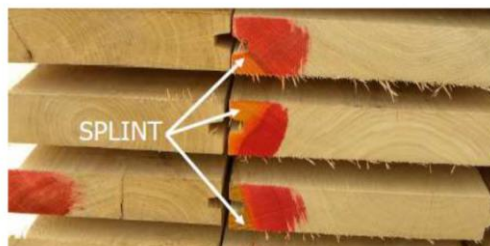
## Holdbarhedsklasser gælder for kerneved

TRÆ 70

Splintved har generelt ringe holdbarhed



Eg med tydeligt kerne



111

Træinformation

**TRÆ**

111

# Fugteksponerering og valg af træmaterialer

Brugsklasser (DS/EN 335) og Holdbarhedsklasse for træ (DS/EN 350)

| Brugsklasse                | Fugteksponerering |
|----------------------------|-------------------|
| 1 Indendørs, tørt          | ingen             |
| 2 Over jord, afdækket      | lejlighedsvis     |
| 3 Over jord, ikke afdækket | hyppigt           |
| 4 I jord eller ferskvand   | konstant          |
| 5 I salt havvand           | konstant          |

| Holdbarhedsklasse | Levetid i jord |
|-------------------|----------------|
| 5 Ikke varig      | 0-5 år         |
| 4 Ringe varighed  | 5-10 år        |
| 3 Mindre varig    | 10-15 år       |
| 2 Varig           | 15-25 år       |
| 1 Meget varig     | 25+ år         |

112

Træinformation



112

# Fugteksponerering og valg af træmaterialer

Brugsklasser (DS/EN 335) og Holdbarhedsklasse for træ (DS/EN 350)



| Brugsklasse<br>EN 335 | Vejrpåvirkning                                                                                    |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2                     | Træ, udendørs men overdækket. Mulighed for kortvarig opfugtning.                                  |
| 3                     | Træ, som er direkte påvirket af udendørs klimaet, men ikke i kontakt med jord. Hyppig opfugtning. |

113

Træinformation



113

Valg af træart - brugsklasse

TRÆ 69 Træarter, tabel 2

Tabel 2 Fysiske egenskaber

Tabellens værdier er middelværdier. Afstanden fra mindste- til største-værdier kan meget vel være 50 % til begge sider for middeltallet. U = træfugtighed. 1 N/mm² = 1 MPa.

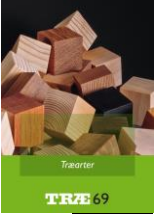
For de træarter, hvor styrketal ikke er opgivet, henvises til emnet af den enkelte træart, hvor styrke-egenskaberne er sat i forhold til mere kendte træarter.

| Træart                          | Densitet ved U = 0 % | Densitet ved U = 12 % | Trækstyrke i fiberretning U = 12 % | Trykstyrke i fiberretning U = 12 % | Bøjningsstyrke U = 12 % | Elasticitetsmodul (nedbøjning) | Hårdhedstal for endretre U = 12 % | Hårdhedstal for sidetre U = 12 % | Svind fra frisk til absolut tør tilstand |         |        | Naturlig varighed overfor |           | Impregnerbarhed |           | Brugsklasse |
|---------------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------|---------|--------|---------------------------|-----------|-----------------|-----------|-------------|
|                                 | kg/m³                | kg/m³                 | N/mm²                              | N/mm²                              | N/mm²                   | N/mm²                          | N/mm²                             | N/mm²                            | rad. %                                   | tang. % | vol. % | Svampe                    | Termitter | Kerne-træ       | Split-træ |             |
| Nåletræ, den nordlige halvkugle |                      |                       |                                    |                                    |                         |                                |                                   |                                  |                                          |         |        |                           |           |                 |           |             |
| Skovfyr                         | 490                  | 500-520-540           | 104                                | 55                                 | 100                     | 12000                          | 30                                | –                                | 4,0                                      | 7,7     | 12,1   | 3-4                       | S         | 3-4             | 1         | 2-3         |
| Rødgran                         | 430                  | 440-460-470           | 90                                 | 50                                 | 78                      | 11000                          | 27                                | 18                               | 3,6                                      | 7,8     | 11,9   | 4                         | S         | 3-4             | 3v        | 2           |
| Sitkagran                       | 420                  | 400-440-450           | 78                                 | 39                                 | 72                      | 11000                          | 35                                | 23                               | 4,3                                      | 7,5     | 12,2   | 4-5                       | S         | 3               | 2-3       | 2           |
| Ædelgran                        | 410                  | 440-460-480           | 84                                 | 47                                 | 73                      | 11000                          | 34                                | 23                               | 3,8                                      | 7,6     | 11,5   | 4                         | S         | 2-3             | 2v        | 1           |
| Douglas, Amr.                   | 470                  | 510-530-550           | 105                                | 55                                 | 79                      | 12500                          | 37                                | 32                               | 4,4                                      | 7,4     | 12,0   | 3                         | S         | 4               | 3         | 3           |
| Lærk, europæisk                 | 550                  | 470-600-650           | 107                                | 55                                 | 99                      | 13800                          | 38                                | 35                               | 3,3                                      | 7,8     | 11,4   | 3-4                       | S         | 4               | 2v        | 3           |
| Lærk, sibirisk                  | 640                  | 650-700-755           | 125                                | 65                                 | 111                     | 14000                          | 40                                | 38                               | 5,3                                      | 10,1    | 15,6   | 3                         | S         | 4               | 3v        | 3           |
| WRC (Thuja)                     | 340                  | 330-370-390           | 50                                 | 35                                 | 54                      | 7900                           | 30                                | 16                               | 2,4                                      | 5,0     | 7,6    | 2                         | S         | 3-4             | 3         | 3           |
| Pitch pine                      | 620                  | 650-660-670           | 105                                | 42                                 | 76                      | 10000                          | 32                                | 28                               | 4,5                                      | 7,4     | 12,2   | 3                         | M-S       | 3-4             | 1         | 3           |
| Redwood                         | 390                  | 450                   | 77                                 | 37                                 | 58                      | 7900                           | 32                                | 18                               | 2,4                                      | 5,0     | 7,7    | 2                         | S         | 3               | 2v        | 3-(4)       |
| Western hemlock                 | 440                  | 470-490-510           | 69                                 | 44                                 | 71                      | 10500                          | 43                                | 24                               | 4,3                                      | 7,9     | 12,4   | 4                         | S         | 3               | 1-2       | 2           |
| Løvtræ, den nordlige halvkugle  |                      |                       |                                    |                                    |                         |                                |                                   |                                  |                                          |         |        |                           |           |                 |           |             |
| Bøg                             | 680                  | 690-710-750           | 135                                | 62                                 | 123                     | 16000                          | 83                                | 65                               | 5,8                                      | 11,8    | 17,9   | 5                         | S         | 1               | 1         | 2           |
| Elg                             | 650                  | 670-710-760           | 90                                 | 65                                 | 110                     | 12500                          | 69                                | 53                               | 4,0                                      | 7,8     | 12,2   | 2                         | M         | 4               | 1         | 3-(4)       |
| Amr. hvidbøg                    | 640                  | 670-730-770           | –                                  | 52                                 | 111                     | 12300                          | 69                                | 60                               | 5,5                                      | 9,8     | 15,6   | 2-3                       | M         | 4               | 2         | 2           |
| Ask                             | 650                  | 680-700-750           | 165                                | 52                                 | 120                     | 13400                          | 74                                | 50                               | 4,8                                      | 8,2     | 13,2   | 5                         | S         | 2               | 2         | 1           |
| Amr. hvidask                    | 640                  | 690                   | –                                  | 53                                 | 109                     | 12000                          | 74                                | 59                               | 5,0                                      | 7,8     | 13,1   | –                         | –         | –               | –         | 1           |
| Elm                             | 640                  | 630-650-680           | 80                                 | 46                                 | 89                      | 11000                          | 64                                | 51                               | 4,6                                      | 8,3     | 13,2   | 4                         | S         | 2-3             | 1         | 2           |
| Ahorn (Ær)                      | 590                  | 610-640-680           | 98                                 | 58                                 | 112                     | 9400                           | 67                                | 52                               | 3,0                                      | 8,0     | 11,6   | 5                         | S         | 1               | 1         | 1           |
| Fuglekirsebær                   | 570                  | 630                   | 98                                 | 50                                 | 95                      | 11000                          | 59                                | –                                | 5,0                                      | 8,7     | 14,0   | 5                         | S         | –               | –         | 1           |
| Amr. kirsebær                   | 545                  | 580                   | –                                  | 49                                 | 85                      | 10300                          | 42                                | –                                | 5,3                                      | 7,3     | 12,3   | 5                         | S         | –               | –         | 1           |
| Birk                            | 610                  | 640-660-670           | 137                                | 51                                 | 147                     | 16500                          | 59                                | –                                | 5,3                                      | 7,8     | 13,7   | 5                         | S         | 1-2             | 1-2       | 1           |
| Avnbøg (Hvidbøg)                | 760                  | 750-800-850           | 135                                | 82                                 | 160                     | 16200                          | 89                                | –                                | 6,8                                      | 11,5    | 18,8   | 5                         | S         | 1               | 1         | 1           |
| Rødel                           | 510                  | 500-530-550           | 94                                 | 55                                 | 97                      | 9700                           | 44                                | 29                               | 4,5                                      | 8,3     | 13,4   | 5                         | S         | 1               | 1         | 1           |
| Skovlind                        | 490                  | 520-540-560           | 85                                 | 52                                 | 106                     | 7400                           | 31                                | –                                | 5,5                                      | 9,1     | 14,9   | 5                         | S         | 1               | 1         | 1           |
| Bævreasp (Poppel)               | 410                  | 420-440-480           | 77                                 | 35                                 | 65                      | 7800                           | 32                                | 29                               | 5,2                                      | 8,3     | 13,5   | 5                         | S         | 3v              | 1v        | 1           |
| Valnød                          | 640                  | 630-670-680           | 100                                | 72                                 | 147                     | 12500                          | 70                                | –                                | 5,4                                      | 7,5     | 13,4   | 3                         | S         | 3               | 1         | 2           |
| Amr. valnød                     | 570                  | 550-620-660           | –                                  | 52                                 | 101                     | 12200                          | 72                                | 45                               | 5,1                                      | 7,4     | 12,6   | 3                         | –         | 3-4             | 1         | 2           |
| Robinie                         | 720                  | 720-740-800           | 136                                | 73                                 | 136                     | 11300                          | 74                                | –                                | 4,4                                      | 6,9     | 11,4   | 1-2                       | D         | 4               | 1         | 4           |

Kilder: Franz Kollmann, R. Wagenführ og Chr. Schreiber, J. B. Bouclje, R. Rydell, Cirad, Forest Products Laboratory og EN350-2.

Tabellforklaringer, se side 20-21.

114



Træinformation



Valg af træart - brugsklasse

Eksempler fra TRÆ 69 Træarter

Gælder for kernetræ

Brugsklasse 1

Brugsklasse 2

Brugsklasse 3

Brugsklasse 4

Brugsklasse 5

Ædelgran  
Ask  
Amr. Hvidask  
Ahorn  
Amr. Kirsebær  
Birk  
Avnbøg (Hvidbøg)  
Rødel  
Skovlind  
Bævreasp (Poppel)  
Gummitræ

Skovfyr  
Rødgran  
Sitkagran  
Western hemlock  
Bøg  
Amr. Hvideg  
Elm  
Valnød  
Amr. Valnød

Skovfyr  
Douglas Amr.  
Lærk, europæisk  
Lærk, sibirisk  
WRC (Thuja)  
Pitch Pine  
Redwood  
Eg  
Iroko  
Mahogni  
Jatoba (Courbaril)

Robinie  
Ibenholt

Teak (naturlig)  
Greenheart  
Azobé

Fotos Træinformation

115

Træinformation

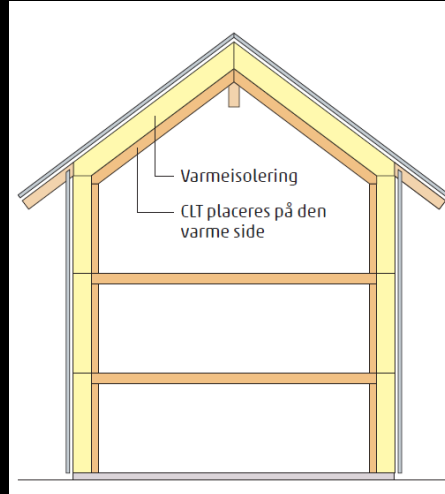


# Anvendelse af CLT

- CLT kan anvendes, hvor det kan "holdes tørt", dvs. i anvendelsesklasse 1 og 2
- CLT er normalt ikke egnet til brug i anvendelsesklasse 3

**Tabel 4.1** Anvendelsesklasser og fugtforhold for trækonstruktioner iht. Eurocode 5 og tilhørende dansk nationalt annek. **RF < 85 %**

|                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Anvendelsesklasse 1</b> | Indendørs tørre forhold, hvor den relative luftfugtighed sjældent overstiger 65 % svarende til et fugtindhold i almindeligt konstrukstræ omkring 12 %.<br>Fx konstruktioner i opvarmede bygninger, herunder boliger, kontorer og forretnings, hvor der ikke er risiko for kondens.                                                                                        |
| <b>Anvendelsesklasse 2</b> | Klimaforhold, hvor den relative luftfugtighed sjældent overstiger 85 %, og hvor fugtindholdet i almindeligt konstrukstræ ikke overstiger 20 %.<br>Fx konstruktioner i ventilerede, ikke-permanent opvarmede bygninger, herunder fritidshuse, uopvarmede garager og lagerbygninger, samt ventilerede konstruktioner beskyttet mod nedbør fx ventilerede tagkonstruktioner. |
| <b>Anvendelsesklasse 3</b> | Klimaforhold, der kan føre til højere fugtindhold end i anvendelsesklasse 2.<br>Fx konstruktioner i fugtige rum eller konstruktioner udsat for nedbør eller vand i øvrigt.                                                                                                                                                                                                |



TRÆ 60

116

Træinformation

TRÆ

116

# Anvendelse af CLT

- CLT kan anvendes, hvor det kan "holdes tørt", dvs. i anvendelsesklasse 1 og 2
- CLT er normalt ikke egnet til brug i anvendelsesklasse 3

**Tabel 4.1** Anvendelsesklasser og fugtforhold for trækonstruktioner iht. Eurocode 5 og tilhørende dansk nationalt annek. **RF < 85 %**

|                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Anvendelsesklasse 1</b> | Indendørs tørre forhold, hvor den relative luftfugtighed sjældent overstiger 65 % svarende til et fugtindhold i almindeligt konstrukstræ omkring 12 %.<br>Fx konstruktioner i opvarmede bygninger, herunder boliger, kontorer og forretnings, hvor der ikke er risiko for kondens.                                                                                        |
| <b>Anvendelsesklasse 2</b> | Klimaforhold, hvor den relative luftfugtighed sjældent overstiger 85 %, og hvor fugtindholdet i almindeligt konstrukstræ ikke overstiger 20 %.<br>Fx konstruktioner i ventilerede, ikke-permanent opvarmede bygninger, herunder fritidshuse, uopvarmede garager og lagerbygninger, samt ventilerede konstruktioner beskyttet mod nedbør fx ventilerede tagkonstruktioner. |
| <b>Anvendelsesklasse 3</b> | Klimaforhold, der kan føre til højere fugtindhold end i anvendelsesklasse 2.<br>Fx konstruktioner i fugtige rum eller konstruktioner udsat for nedbør eller vand i øvrigt.                                                                                                                                                                                                |



Foto Steffan Iwersen

117

Træinformation

TRÆ

117



## Udendørs beklædning

Holdbarhedsklasser og tilhørende brugsklasser – for træplader se TRÆ 60



Fotos Kasper Kristensen

Limede plader på facade efter få år



Fotos Træinformation

Træfacade (Thuja) efter 35 år

118

Træinformation  
**TRÆ**

118

## Udendørs konstruktioner

Anvendelsesklasse 3 iht. DS/EN 1995

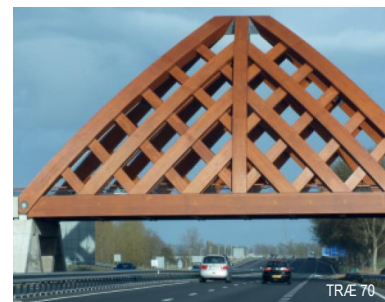
- Limtræ og træplader skal være egnet iht. producent, se også TRÆ 30 og TRÆ 60
- Konstruktiv træbeskyttelse, skrå overflader, forsegling af endetræ og pladekanter
- Træbeskyttelse, superkritisk imprægnering eller modificering



Foto: COWI / Bournville College



Foto: Kasper Kristensen



TRÆ 70

119

Træinformation  
**TRÆ**

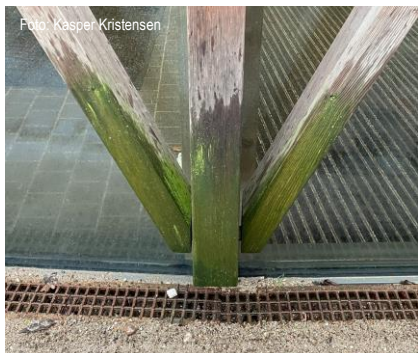
119



# Udendørs konstruktioner

Anvendelsesklasse 3 iht. DS/EN 1995

- Limtræ og træplader skal være egnet iht. producent, se også TRÆ 30 og TRÆ 60
- Konstruktiv træbeskyttelse, skrå overflader, forsegling af endetræ og pladekanter
- Træbeskyttelse, superkritisk imprægnering eller modificering



Træinformation

**TRÆ**

120

## Myndighedskrav

Salen

Træinformation

**TRÆ**

121

# Fugtkrav

- BR 18

## § 334 - § 338 Fugt

- |       |                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| § 334 | Bygninger skal projekteres, udføres og vedligeholdes, så vand og fugt ikke medfører risiko for personers sundhed eller skader på bygningen.                                                                                                                      |
| § 336 | Bygningskonstruktioner og –materialer må ikke have et fugtindhold, der ved indflytning medfører risiko for vækst af skimmelsvamp.                                                                                                                                |
| 1.2.  | Det skal sikres, at konstruktionerne ved indbygning ikke har et fugtindhold, der medfører risiko for vækst af skimmelsvamp. Ligeledes skal det sikres, at konstruktionerne ikke opfugtes i byggefasen eller at der indbygges materialer med synlig skimmelvækst. |

122

Træinformation



122

# Fugtkrav

- BR 18 Vejledning

Ifølge BR18 (Vejledning til kapitel 7, Byggepladsen og udførelsen af byggearbejder, § 161 - § 165) kan fugtfølsomme materialer fx beskyttes ved:

- "... at der anvendes hensigtsmæssig opbevaring på byggepladsen og kvalitetssikringsprocedure, totalinddækning under opførelsen, og at der i tidsplaner afsættes tid til den nødvendige udtørring af byggematerialer."

123

Træinformation



123

# Fugtkrav

- DS/EN 1995-1-1, Eurocode 5: Trækonstruktioner:

## 10 Udførelse og kontrol

### 10.2 Materialer

(2) Træ og træbaserede bygningsdele må ikke unødigt udsættes for klimatiske forhold, der er værre end dem, der forventes i den færdige konstruktion.

(3) Før indbygningen bør træet tørres, således at dets fugtindhold så nøje som muligt svarer til de klimatiske betingelser i den færdige konstruktion. Hvis virkningerne af svind ikke regnes vigtige, eller uacceptabelt beskadigede dele udskiftes, kan større fugtindhold accepteres under indbygningen, hvis det sikres, at træet kan tørre til det ønskede fugtindhold.

124

Træinformation

TRÆ

124

## Skimmel

Vil kunne forekomme på alt ikke-overfladebehandlet træ i udendørs miljø



Udendørs 1 år, foto Kasper Kristensen

Udendørs 2,5 år, Teknologisk Institut:



Ask



Rødgran



Western red cedar (Thuja)



Trykimprægneret (Cu) fyr

125

Træinformation

TRÆ

125

# Skimmel

Eksempel – Udendørs efter 1 år

Ubehandlede brædder

Største forekomst: fyr (splint)

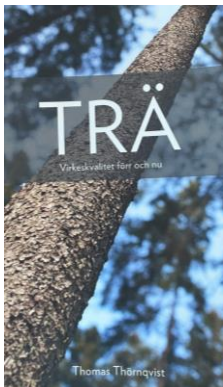
Mindste forekomst: fyr (kerne) og gran



126

# Skimmel

Eksempel – Gran, hjerteved og splintved



Hjerteved / Splintved

Splintved

Hjerteved

127

127

128

# TRF

129

# Tak for opmærksomheden

+45 2623 8672 / [kk@traeinfo.dk](mailto:kk@traeinfo.dk)



Træinformation Kasper Kristensen



130