

Akademie zatepování 2017 je nově ON - LINE



7. ročník

Dřevostavby

Ing. et Ing. Richard Hlaváč

Akademie • zateplování • 2017

Část první
KNAUFINSULATION
čas chránit energii

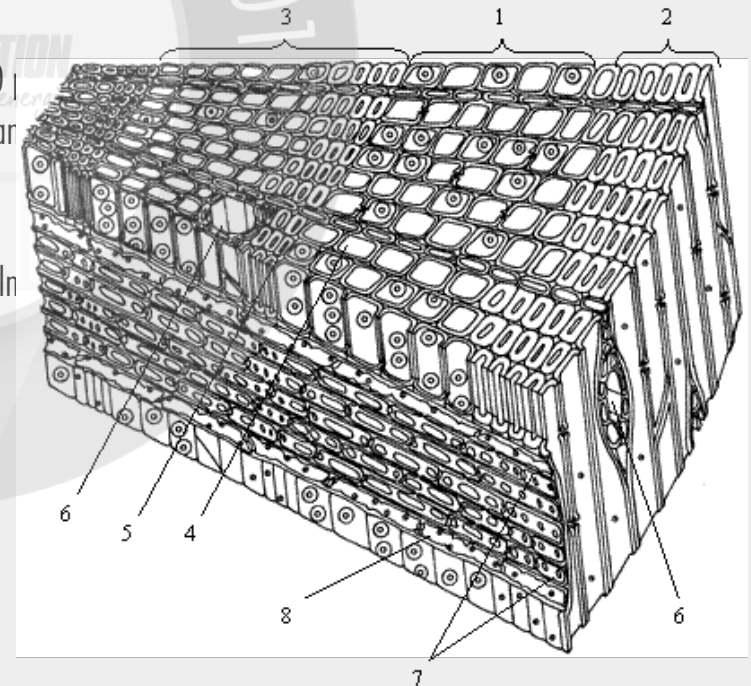
0 dřevě a jeho vlastnostech

ON - LINE

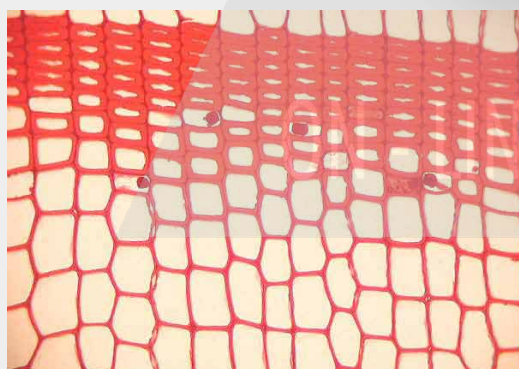
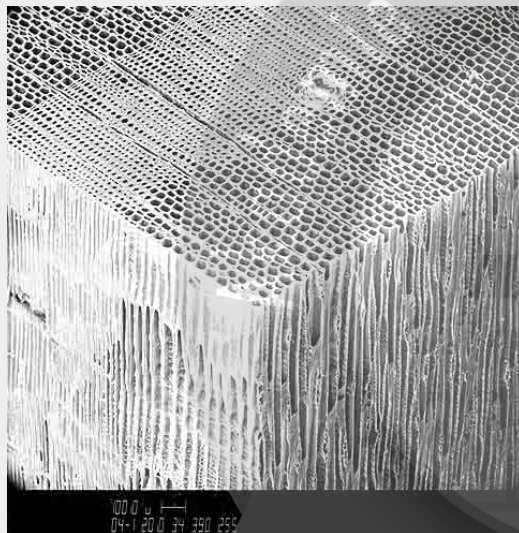
Dřevo jako materiál (jehličnaté)

Charakteristické rysy kmene stromu:

- **letokruh** je tvořený buňkami jarního a letního dřeva
- **jarní dřevo**: tenkostěnné buňky, **vodivá funkce**, délka 2-6 mm, profil čtverec ≈ 40 μ , tloušťka buněčných stěn v rozmezí 2-3 μ , hustá tangenciální propojenost dvojtečkami (70-90/tracheidu)
- **letní dřevo**: tlustostěnné buňky, **mechanická (vyztužovací) funkce**, délka 2-7 mm, profil obdélník 20×40 μ , tloušťka buněčných stěn v rozmezí 3-7 μ , nižší tangenciální propojenost dvojtečkami (8-24/tracheidu)

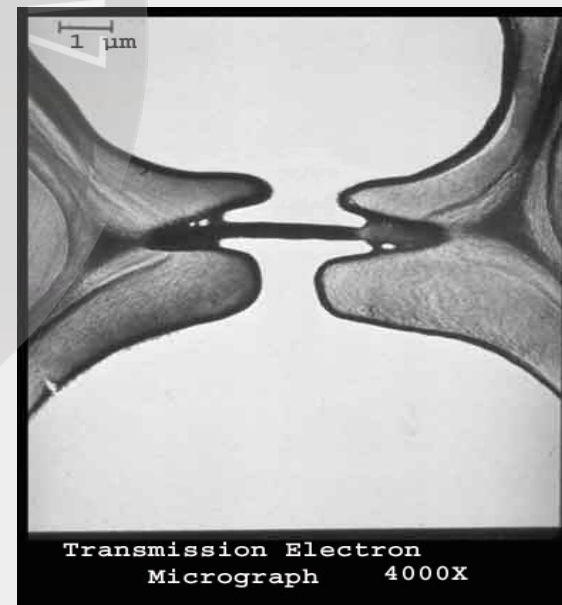
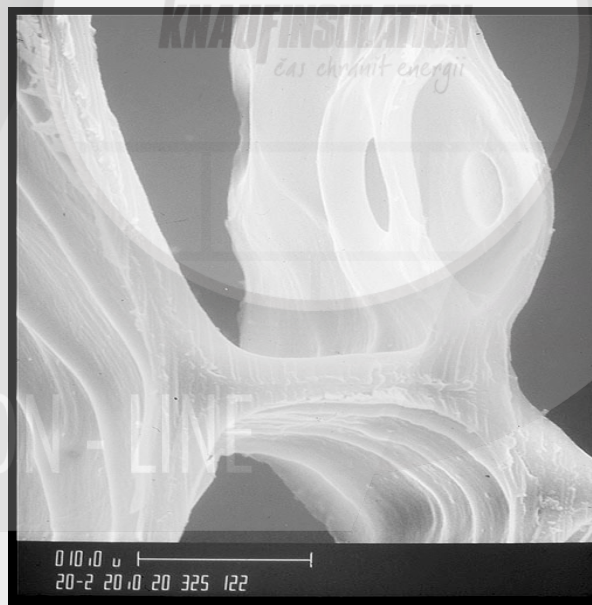
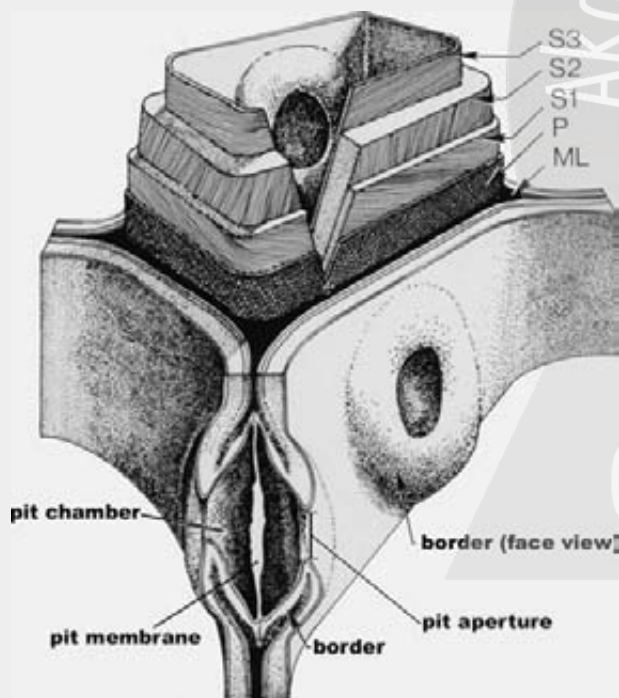


Mikrostruktura (jehličnatého) dřeva



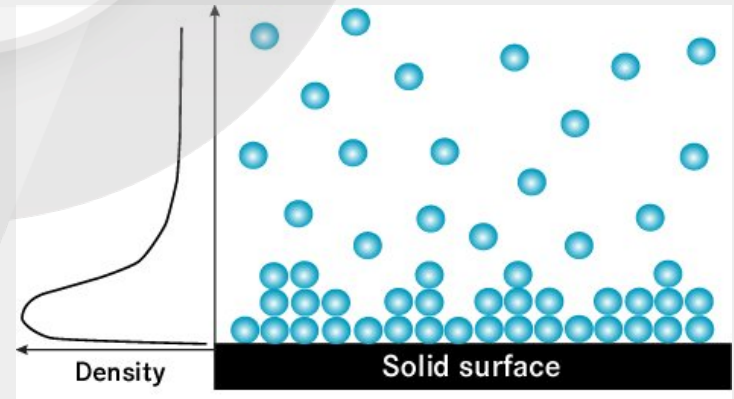
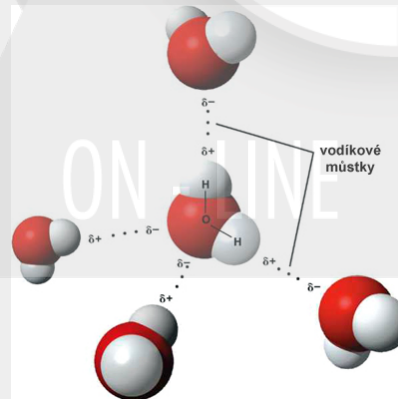
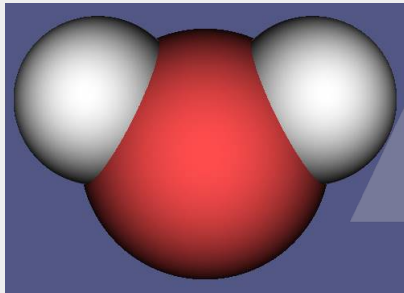
Transport živin a vlhkosti ve dřevě

- Mezi buňkami dřeva existují mezibuněčná propojení, která zabezpečují transport vody a živin. U jehličnatého dřeva se tato propojení nazývají dvojtečky.



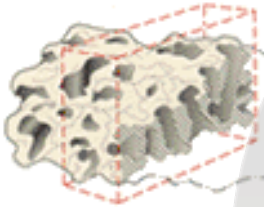
Voda a adsorpce vody

- Voda je **polární molekula** (vytváří dipól, asociace molekul pomocí vodíkového můstku)
- Na površích pevné i kapalně fáze existují částice (atomy nebo molekuly), které mají **nevykompenzovaná silová pole** (součet interakčních sil není nulový).
- Dosah interakčních sil je velmi malý, asi do 100 Å; pole zasahuje do **sousedního prostředí** a snaží se **vykompenzovat tím, že na sebe naváže částice z tohoto prostředí**.
- Při povrchu pevné fáze tak vzniká **vrstvička** (tzv. **adsorbát**), která má odlišné vlastnosti. Říkáme, že adsorbát vzniká z důvodů **povrchových interakcí**.

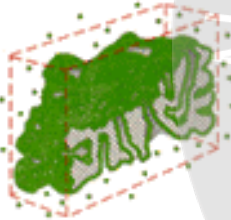


Adsorpce vodní páry na povrchu

1) A section of one greatly enlarged particle of a solid



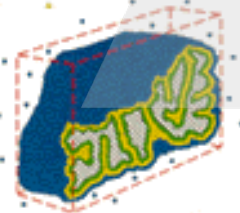
2) The monolayer of adsorbed molecules; approximately 30% saturation.



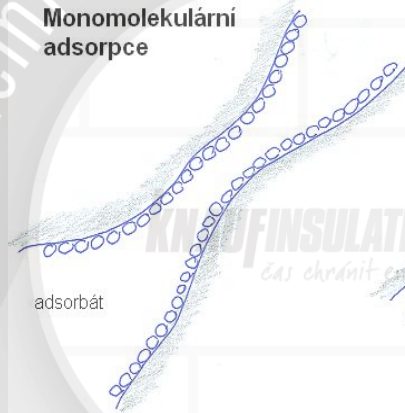
3) The multilayer/capillary condensation stage; approximately 70% saturation.



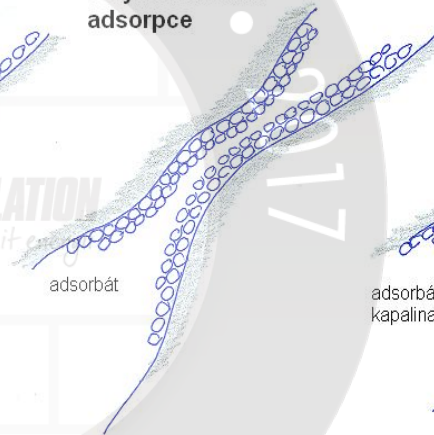
3) Total pore volume filling; approximately 100% saturation.



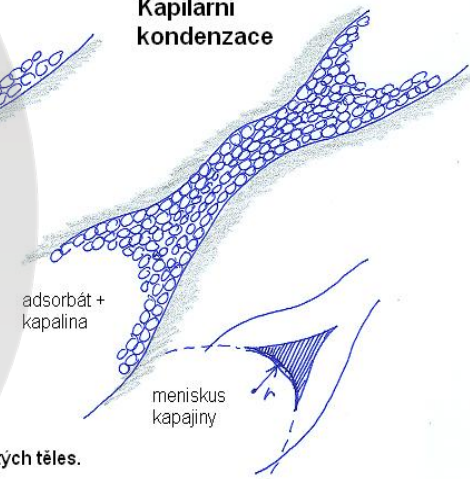
Monomolekulární adsorpce



Polymolekulární adsorpce



Kapilární kondenzace

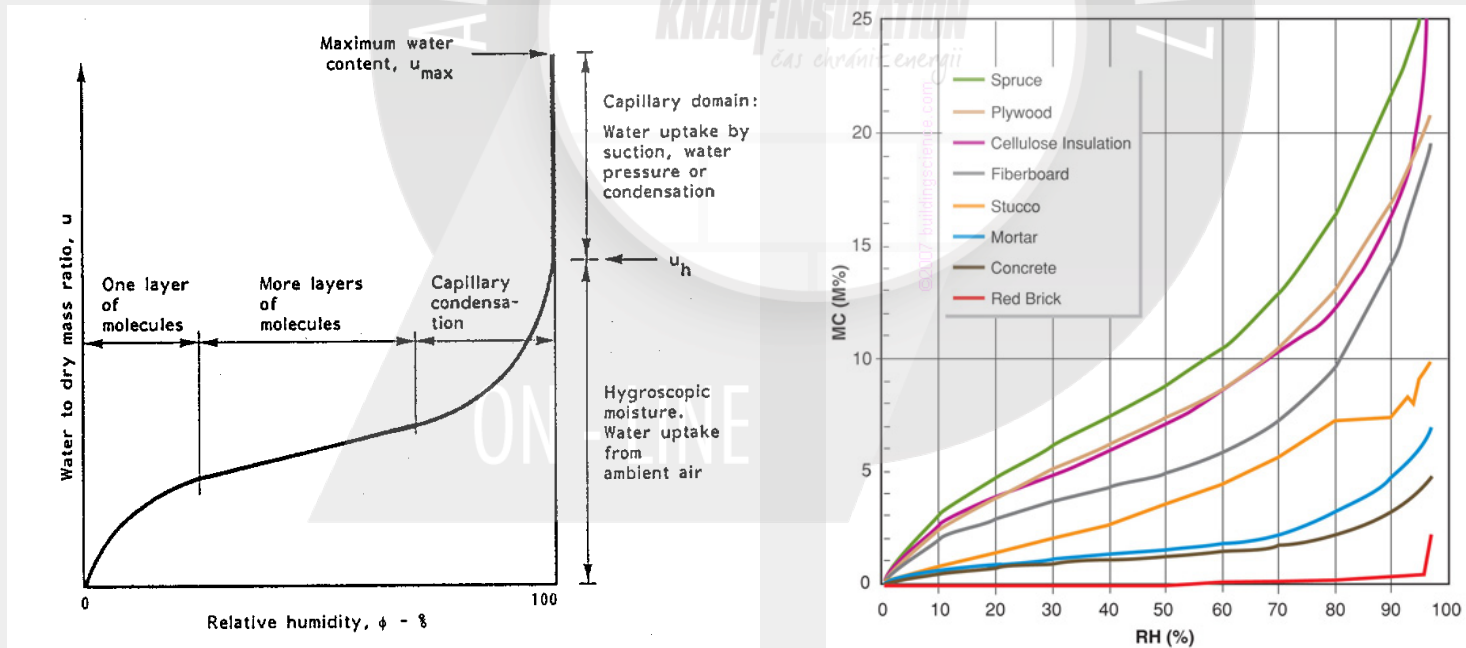


Monomolekulární adsorpce nabízí možnost stanovení vnitřního povrchu pórovitých těles.

Kapilární kondenzaci vzniká vyduť meniskus kapaliny, nad nímž je v porovnání s rovným povrchem silnější přitažlivé pole kapaliny. Proto na něm kondenzuje více molekul vody než na rovném povrchu. Při kapilární kondenzaci se proto póry zaplňují rychleji. Kapilární kondenzaci se zaplňují póry o maximálním průměru 1000-2000 Å, tj. 100-200 nm, tj. 0,1-0,2 mikronu.

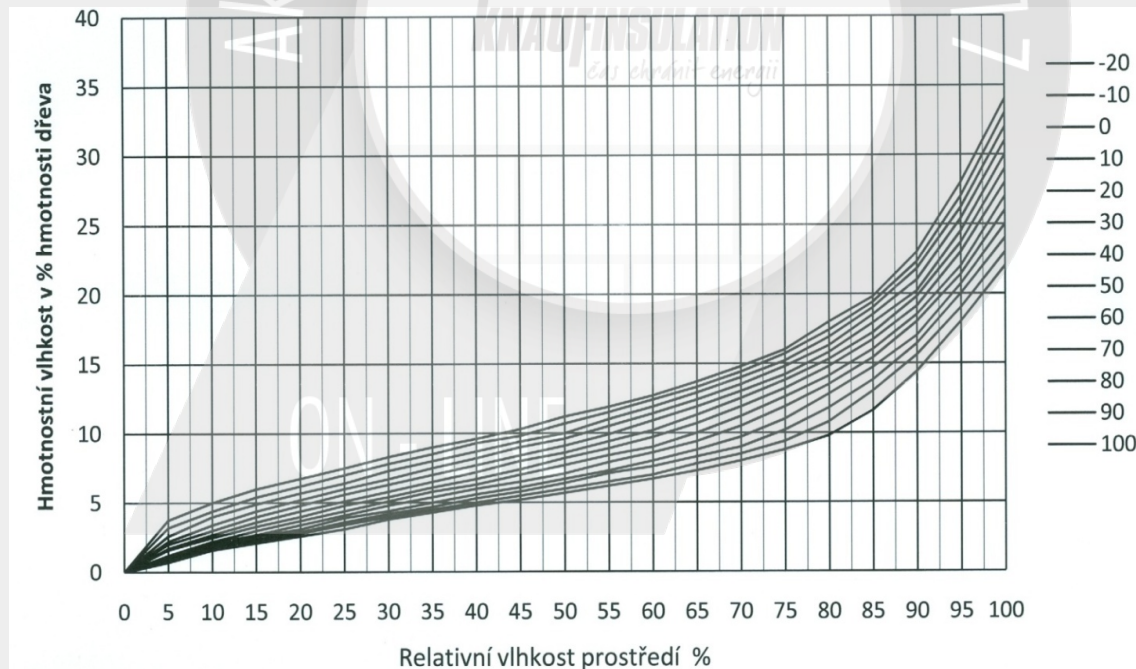
Sorpční izoterma

- Křivka udávající závislost hmotnostní vlhkosti na relativní vlhkosti při konstantní teplotě a tlaku se nazývá sorpční izoterma.
- Převážná část stavebních materiálů má sorpční izoterma typu „S“.
- Tato izoterma má tři charakteristické oblasti s důležitou fyzikální interpretací.



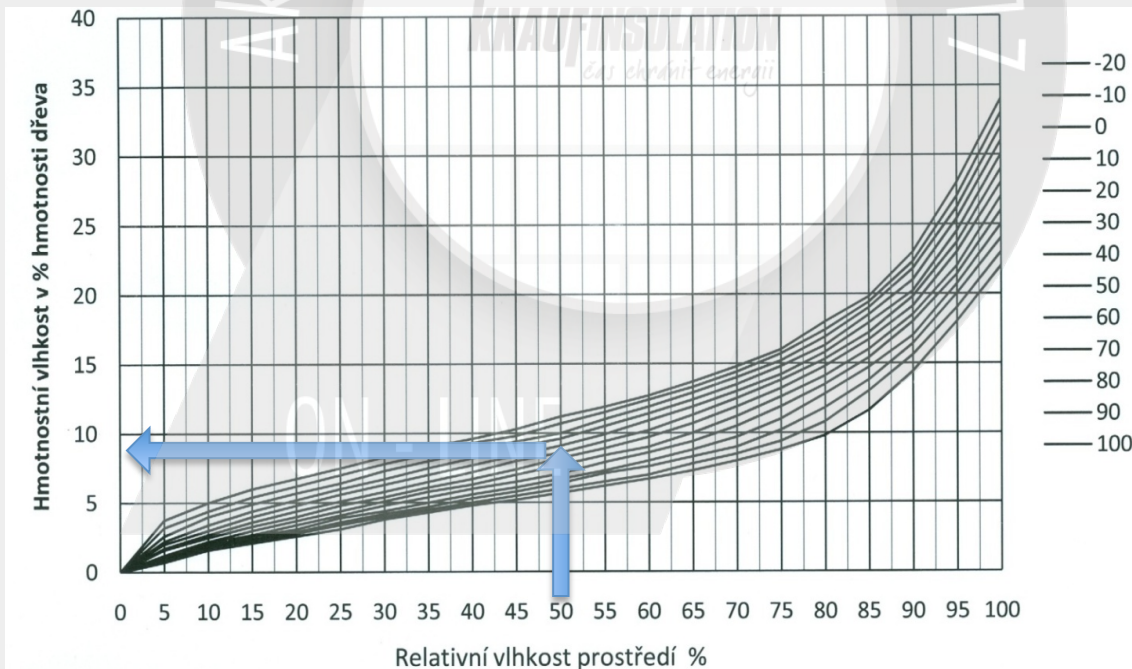
Sorpční izoterma pro smrkové dřevo

- Vodní pára se do materiálu „dopravuje“ převážně difúzí → pomalý proces: čím větší objem materiálu, tím déle se uvádí do **rovnovážného stavu**.
- Množství adsorbované vody s teplotou mírně klesá (frekvence kmitání povrchových molekul s teplotou roste, „zrcadlový efekt“)



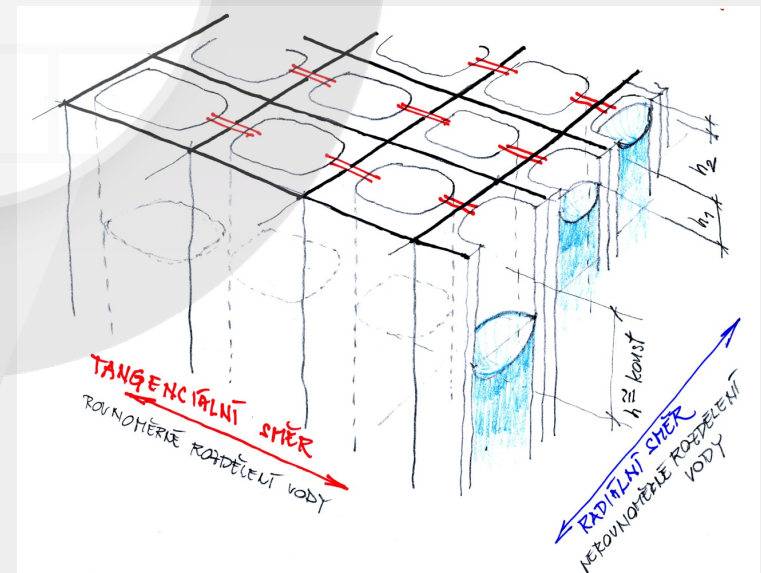
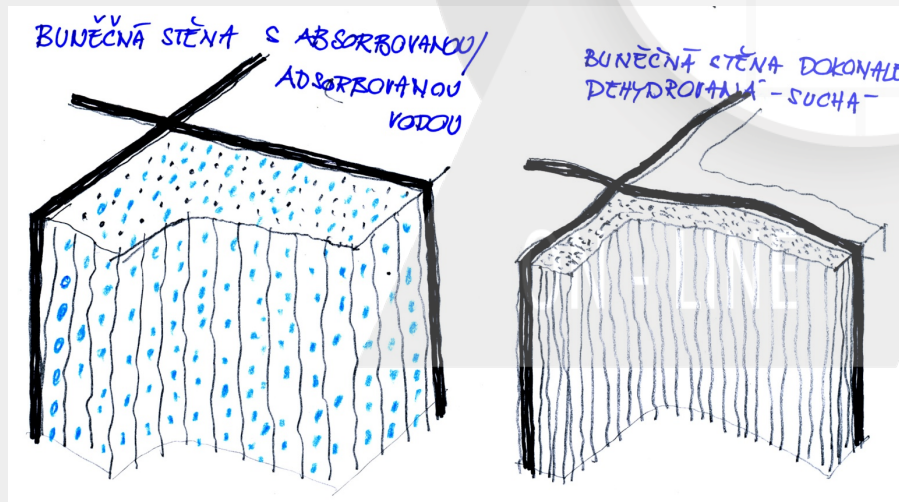
Rovnovážná vlhkost materiálů

- Rovnovážná vlhkost je hmotnost vody, kterou si materiál na sebe naváže z okolního ovzduší („vzduchosuché materiály“, hygroskopická vlhkost).
- Rovnovážná vlhkost je inženýrské označení hmotnosti vody adsorbované (a kapilárně kondenzované) pro dané podmínky prostředí.



Bod nasycení vláken

- Bod nasycení vláken nastává u dřevin přibližně v situaci, kdy jsou umístěny do prostředí se sytou vodní párou ($RH=100\%$)
- Je-li dosaženo bodu nasycení vláken, má dřevo asi 30% hmotnostní vlhkost (na 1 kg suchého dřeva je 0,3 kg vody)
- Všechny podstatné technické vlastnosti se u dřeva mění při hmotnostní vlhkosti od nuly do BNV. (tepelná vodivost, dilatometrie, pevnostní charakteristiky, ...)

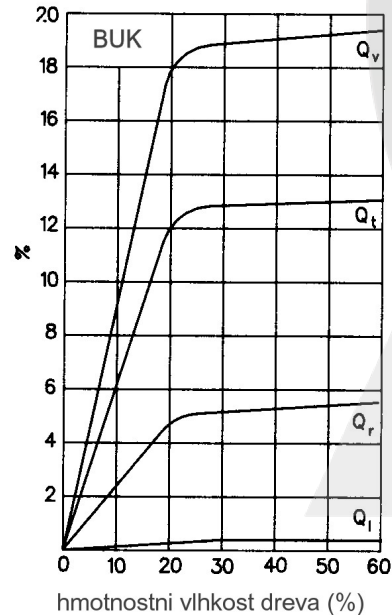


Charakteristické vlhkostní stavy dřeva

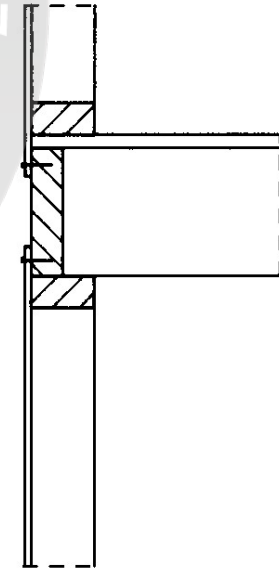
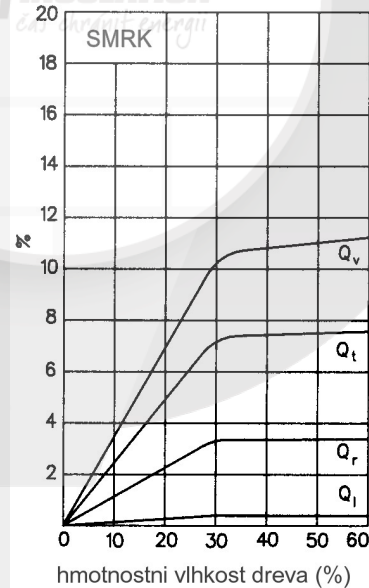
- **Hustota dřevní substance** prakticky nezávisí na druhu dřeva, bere se **střední hodnota 1530 kg.m³** (jehličnany i listnáče).
- Objemová hmotnost suchého dřeva → typ dřeviny
- Výchozí dřevina: **smrk**
 - Objemová hmotnost suchého dřeva $\rho_s \approx 420 - 450 \text{ kg/m}^3$
 - O. hmotnost konstrukčního dřeva ($\approx 12\%$) $\rho_K \approx 500 \text{ kg/m}^3$
 - Objemová hmotnost na BNV ($\approx 30\%$) $\rho_{BNV} \approx 600 \text{ kg/m}^3$
 - Objemová hmotnost těžného dřeva $\rho_T \approx 800-850 \text{ kg/m}^3$
 - Objemová hm. plně nasáklého dřeva $\rho_S \approx 1150 \text{ kg/m}^3$
- Rovnovážná vlhkost dřeva do BNV (ze vzduchu) → sorpční izoterma

Vlhkostní dilatometrie dřeva

- Rozhodující je oblast suché dřeva - BNV.
- Nevýznamná dilatometrie podélného směru (vliv orientace mikrofibril celulózy)
- U dřeva zásadní dilatometrie kolmo k ose tracheidy → dilatometrie příčného řezu



Q_v změna objemu (%)
 Q_t tangenciálně k vláknům
 Q_r radiálně k vláknům
 Q_l podél vláken



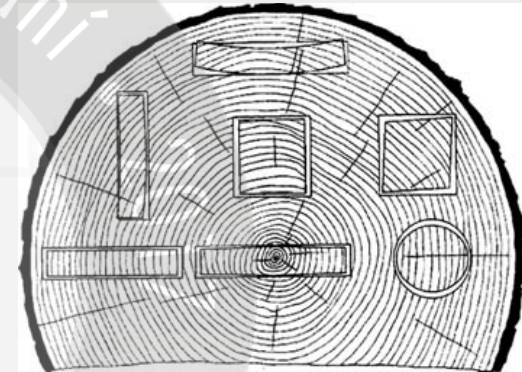
Další projevy vlhkostní dilatometrie

Volné vysychání → deformace

- Konstantní deformace podél letokruhu
- Letokruhy se snaží zkrátit a „narovnat“
 - odhad volné deformace výřezů z kmene

Zamezení bobtnání → tlaky

- Sorpce vlhkosti do struktury, snaha po objemové změně
- V konstrukcích (makroskopické měřítko) bobtnací tlaky nezachytitelné
- V historii (starověk, středověk) odlamování kamenných bloků pomocí dubových kolíků zalévaných vodou
- „zatahování“ dřeva (výroba sudů, lodní trupy, topůrka nářadí) proti opásání

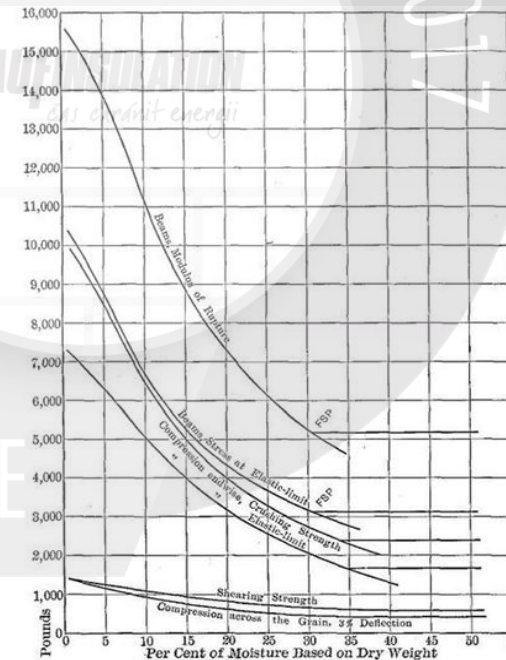
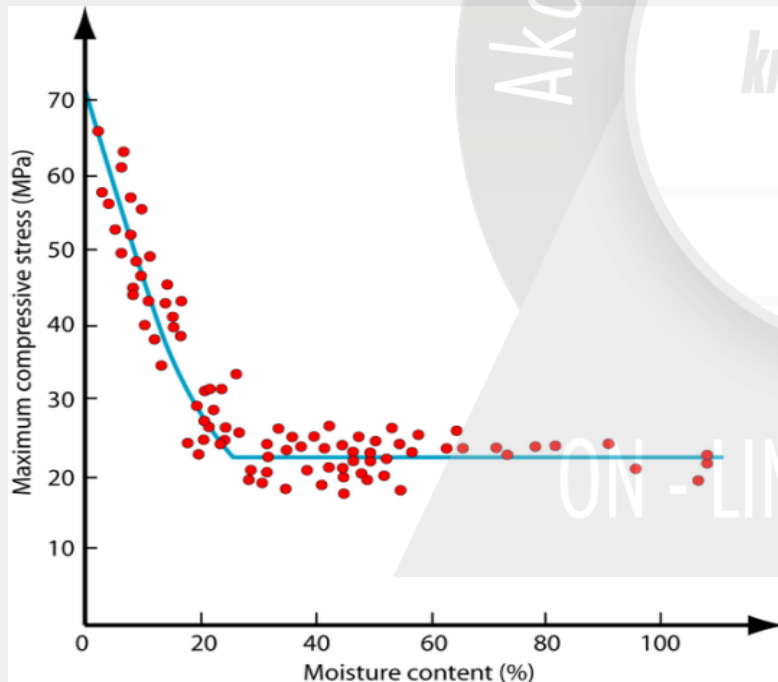


KNAUFINSULATION
čas chránit energii

ON - LINE

Pevnostní vlastnosti dřeva a vlhkost

- S výjimkou pevnosti v tahu se všechny ostatní pevnosti s vlhkostí zhoršují, rovněž tak modul pružnosti E
- Pokles pevností nastává pouze v rámci sorpční vlhkosti (0-100% RH)



lom trámy za ohybu

mez pružného přetvoření, ohyb
tlak podél vláken, drcení dřeva
mez pruž. přetvoření, tlak

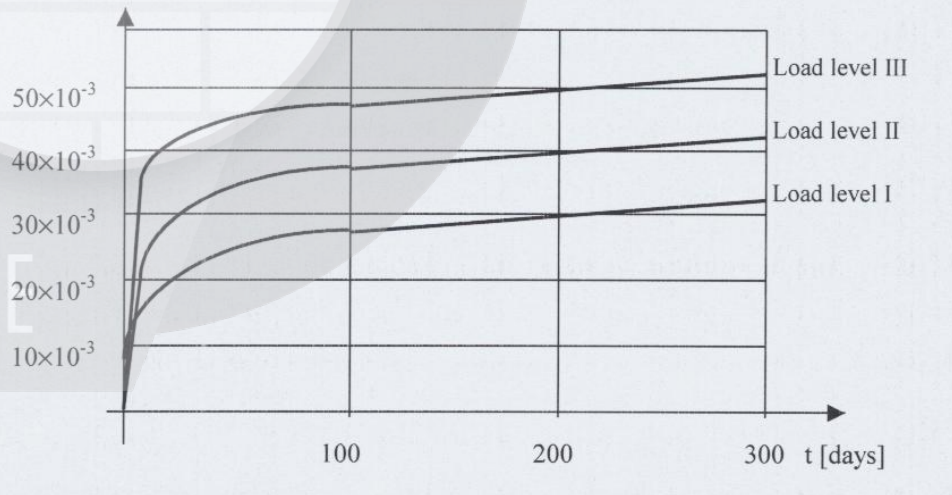
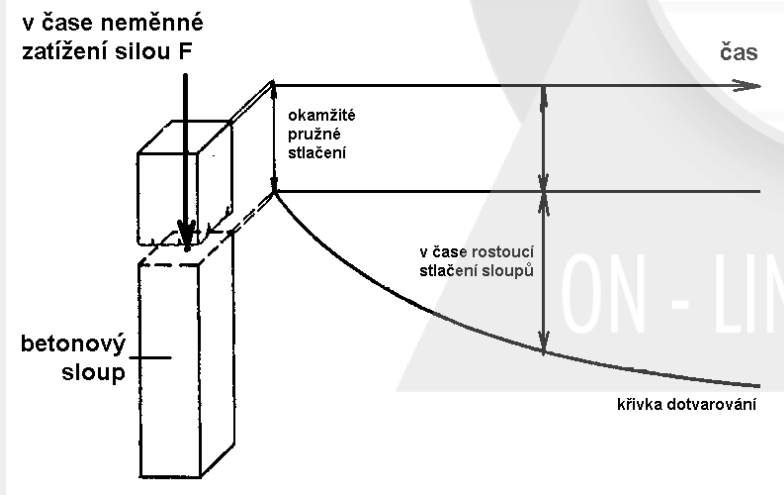
pevnost ve smyku
pevnost v otláčení, kolmo k vl.

Dotvarování dřeva (tzv. creeping)

Creep: růst deformací při konstantní síle

Příčiny creepu dřeva (dlouhodobé působení):

- **Teplota** (creep roste s teplotou)
- **Vlhkost** (roste s vlhkostí do BNV)
- **Úroveň zatížení** (roste s velikostí zatížení)



Teplotní vlastnosti dřeva a vlhkost

Růst vlhkosti dřeva

růst tepelné vodivosti
růst tepelné kapacity

Suché dřevo

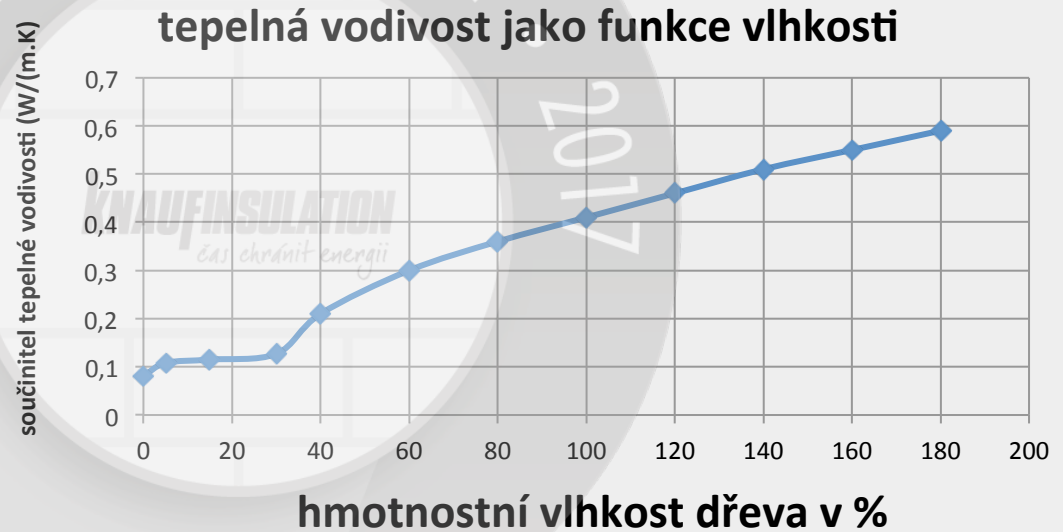
$\lambda = 0,08 \text{ W}/(\text{m.K})$
 $c = 1900 \text{ J}/(\text{kg.K})$

Voda

$\lambda = 0,6 \text{ W}/(\text{m.K})$
 $c = 4200 \text{ J}/(\text{kg.K})$

Obvyklé hodnoty zaváděné pro dřevo

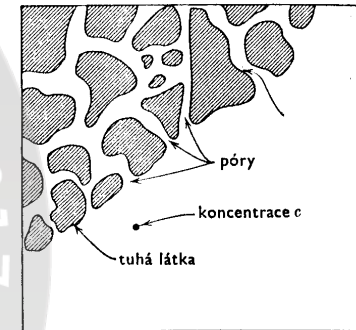
$\lambda = 0,15 - 0,18 \text{ W}/(\text{m.K})$
 $c = 2100 \text{ J}/(\text{kg.K})$



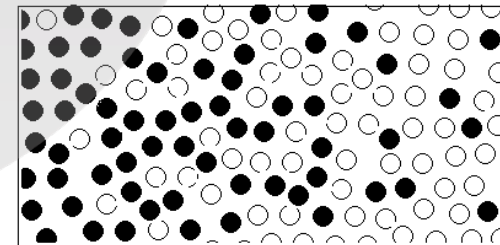
Difúzní vlastnosti dřeva a vlhkost

Malá fyzikální vsuvka: konvekce a difúze?!?

- **Difúze:** hnací silou je rozdíl hustot složek ve směsi (např. rozdíl hustoty páry v interiéru a exteriéru), objem jako celek se nepohybuje
- **Konvekce:** hnací silou je rozdíl celkových tlaků směsi plynů (přirozená konvekce, nucená konvekce), objem jako celek se pohybuje.
- Nutnou podmínkou difúze i konvekce v materiálech je existence otevřeného pórového systému.



Pohyb plynů difúzí



● směr difúze složky A

○ směr difúze složky B

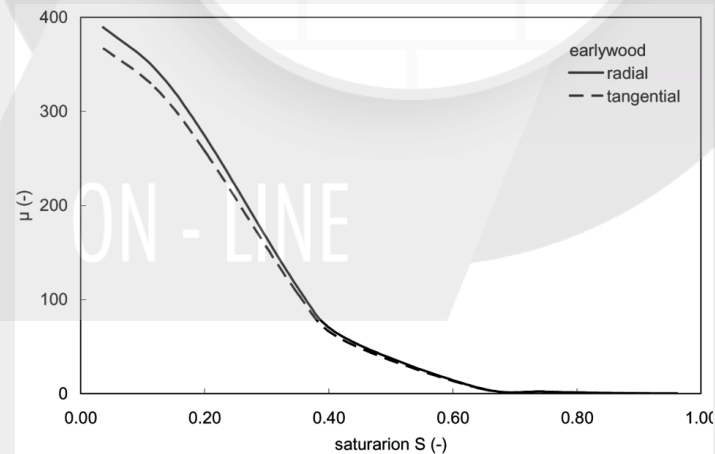
Difúzní vlastnosti dřeva a vlhkost

Faktor difúzního odporu (μ)

Říká, kolikrát je menší difúzní tok daným materiálem v porovnání se stejně silnou vrstvou vzduchu (vzduchu přisuzujeme hodnotu $\mu=1$)

„ μ “ pro dřevo:

- Vysoká závislost na vlhkosti (podstatné u dřevostaveb)
- U dřeva (a jeho derivátů) je chyba uvažovat stejný faktor difúzního odporu v interiéru a v exteriéru (vesměs interiér menší hodnoty než exteriér)





Koncept difúzně uzavřené skladby

1. Nesmím pustit do konstrukce vodní páru

Použití parozábrany

2. Symetrický obvodový plášť – statika

Symetrická konstrukce nutí k použití parozábrany

3. Každá vrstva má svou funkci

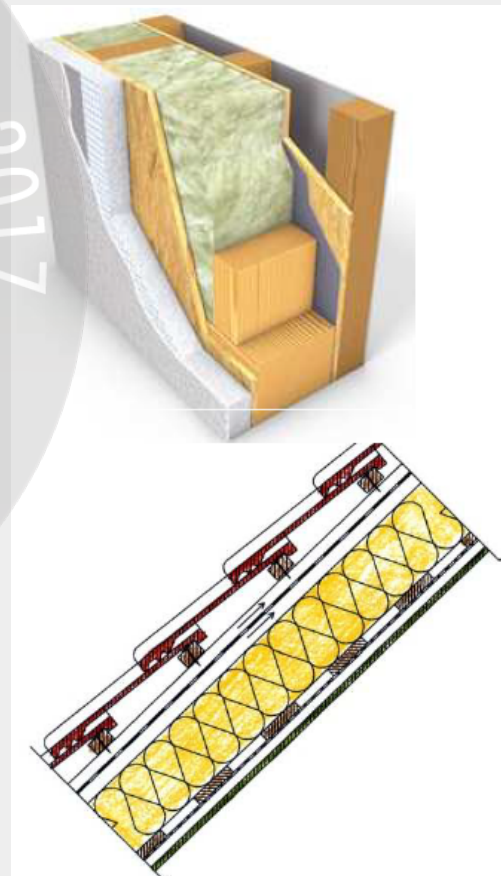
Pracnost a cena práce, chybovost

4. Volba materiálu podle ceny domu

Materiály nesourodé se dřevem

Difúzně uzavřené skladby

- Hermetický vak se vzduchotěsnými okny
- Spolehlivost funkce skladby závisící na 0,5mm tl. fólii?
- Jaká je regenerační schopnost konstrukce? Havárie?
- Kvalita vnitřního prostředí a povrchů uvnitř obálky?



Koncept difúzně **otevřené** skladby

Nejedná se o nic nového! Difúzně otevřené konstrukce jsou všude kolem nás.

Nutnost difúzně uzavřené skladby jen u některých konstrukcích:

- Ploché střechy
- Plechové fasády
- Dřevěné fasády

Kde ale difúzně uzavřené skladby končí a difúzně otevřené skladby začínají?



Proč koncept difúzně otevřené skladby

Hygiena vnitřního prostředí:

- Vzájemný pohyb složek plynu při difuzi
- Citlivost mikroorganismů na „průvan“
- Zlepšení vlhkostní stability interiéru

Regenerační schopnost konstrukcí:

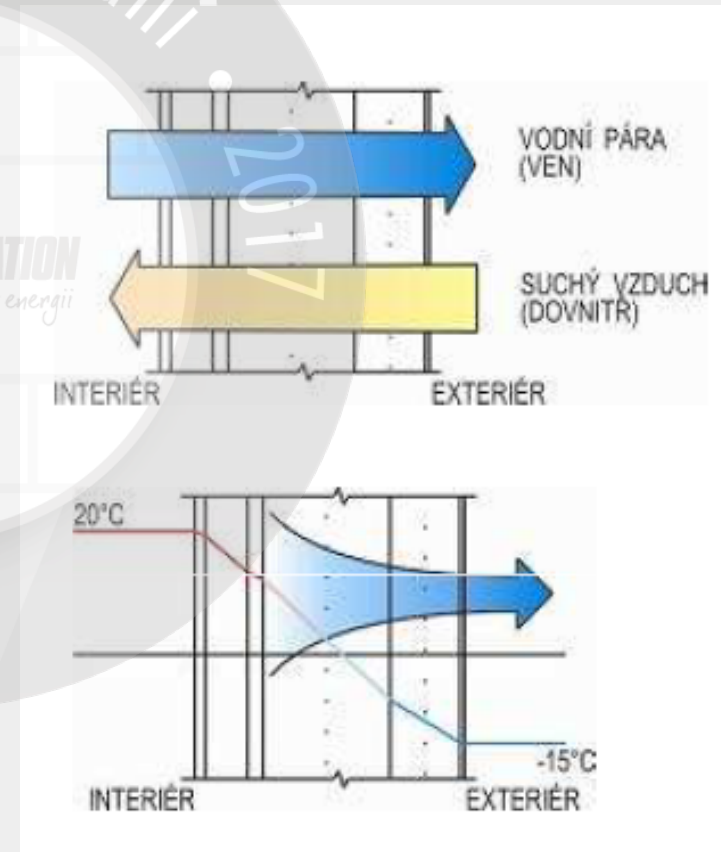
- Počáteční stav vlhkosti
- Vlhkostní havárie

Jednodušší konstrukční řešení:

- Menší počet materiálových vrstev
- Jednodušší detaily a provedení

Dřevostavby v pravém slova smyslu:

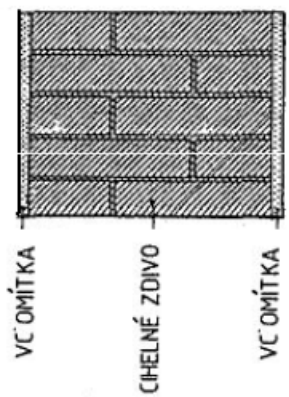
- Bez PPS, parozábran a dalšího



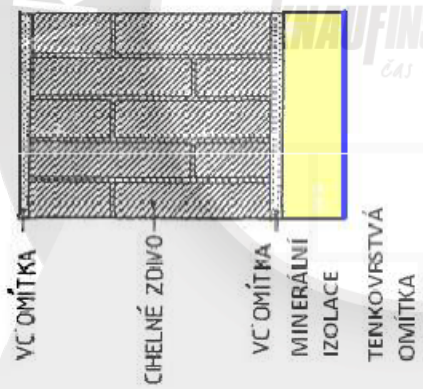
Porovnání **DOK** vs. **DUK**

Předpoklady výpočtu: $T_i = 20^\circ\text{C}$, $\phi_i = 60\% \rightarrow \rho_i = 10,8 \text{ g/m}^3$
 $T_e = 0^\circ\text{C}$, $\phi_e = 80\% \rightarrow \rho_e = 3,2 \text{ g/m}^3$

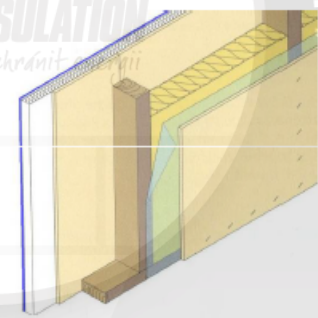
Zdivo z CP tl. 450 mm



Zateplení 140 mm



Současný plášť



Plášť difúzně otevřený



SK předstěna s ovčí vlnou
 OSB nebo SV deska
 vláknitá izolace [minerál, vlna]
 cířevláknitá deska
 omítka

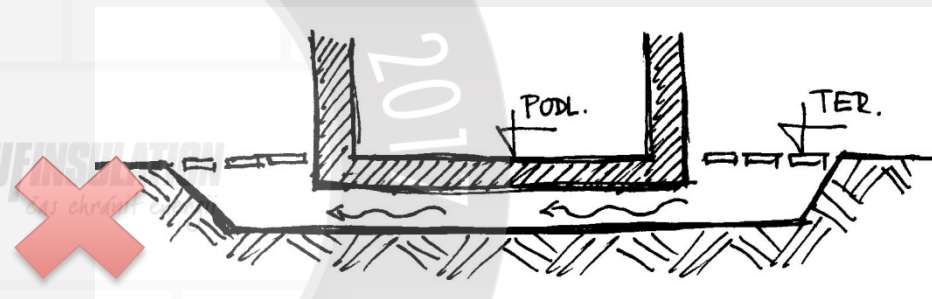
Tabulka doby průchodu páry a hustoty difúzního toku

17,8 hod.	23,5 hod (PPS 100 hod)	2,5 roku	9,77 hod
127,5 g/(m ² měsíc)	115,5 g/(m ² měsíc) (PPS 37,0)	0,1 g/(m ² měsíc)	91,7 g/(m ² měsíc)

Zakládání na větraných mezerách

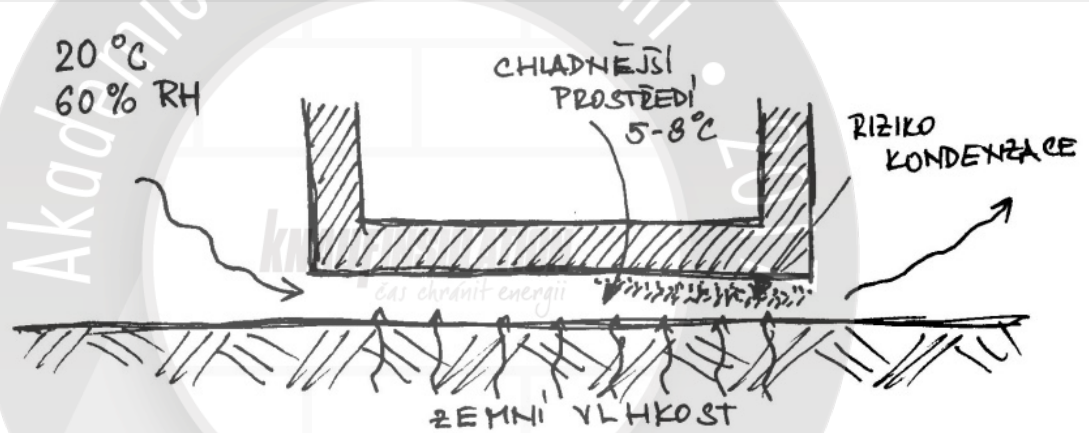
Oblíbený způsob „levného“ zakládání dřevostaveb, ale také velmi problematický.

- Nevhodné rozměry objektu
- „zahrabání domu“ pod zem
- Malá výška větrané mezery
- Není řešena zemní vlhkost
- Nevhodná geometrie konstrukce
- Překážky

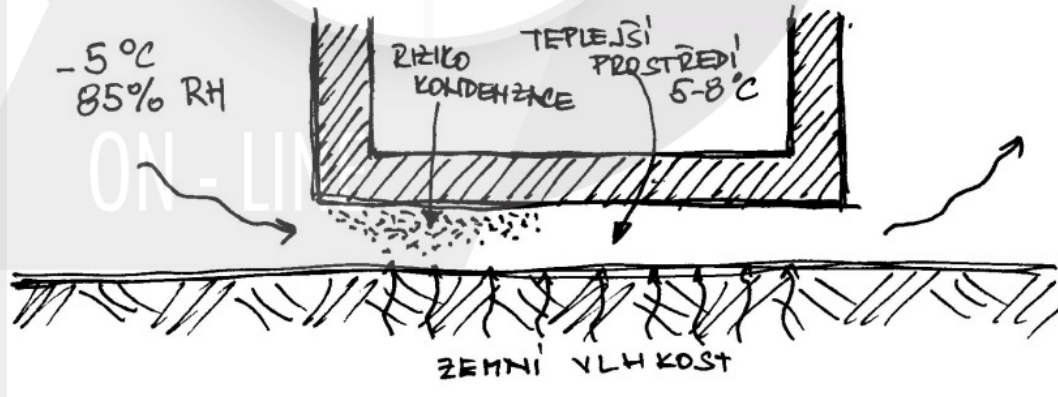


Zakládání na větraných mezerách

Letní stav



Zimní stav



Zakládání na větraných mezerách

Pro Crawl Space **neexistují žádné normy**, máme pouze doporučení ze zahraničí + vlastní zkušenosti.

Jak vhodně Crawl Space řešit? Nějaká doporučení...

- Minimální výška prostoru 60 cm
- Jednoduché tvary základové konstrukce
- Zabránit pronikání vlhkosti ze zeminy do vzduchové mezery
- Propustná zemina nebo položení obvodové drenáže
- Spádování terénu od domu pryč
- Mechanické odvětrání?!?

KNAUFINSULATION
čas chránit energii

ON - LINE

Problematika jednopl. plochých střech

Klasické jednoplášťové ploché střechy jsou vysoce rizikové

Z horní strany hydroizolace
(= dokonale paronepropustná vrstva)

Zimní období - v interiéru vodní pára
(= riziko difúze do jednoplášťové ploché střechy)

Tento problém **spolehlivě neřeší ani parozábrana**
(riziko proražení, nedokonalost provádění, perforace)



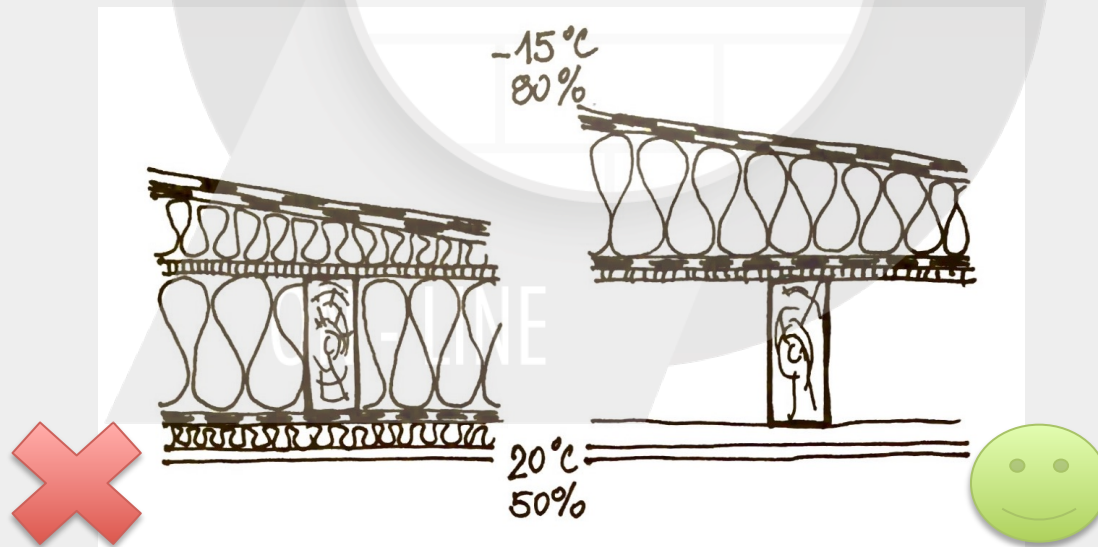
KNAUFINSULATION
čas chránit energii

ON - LINE

Problematika jednopl. plochých střech

Možná řešení:

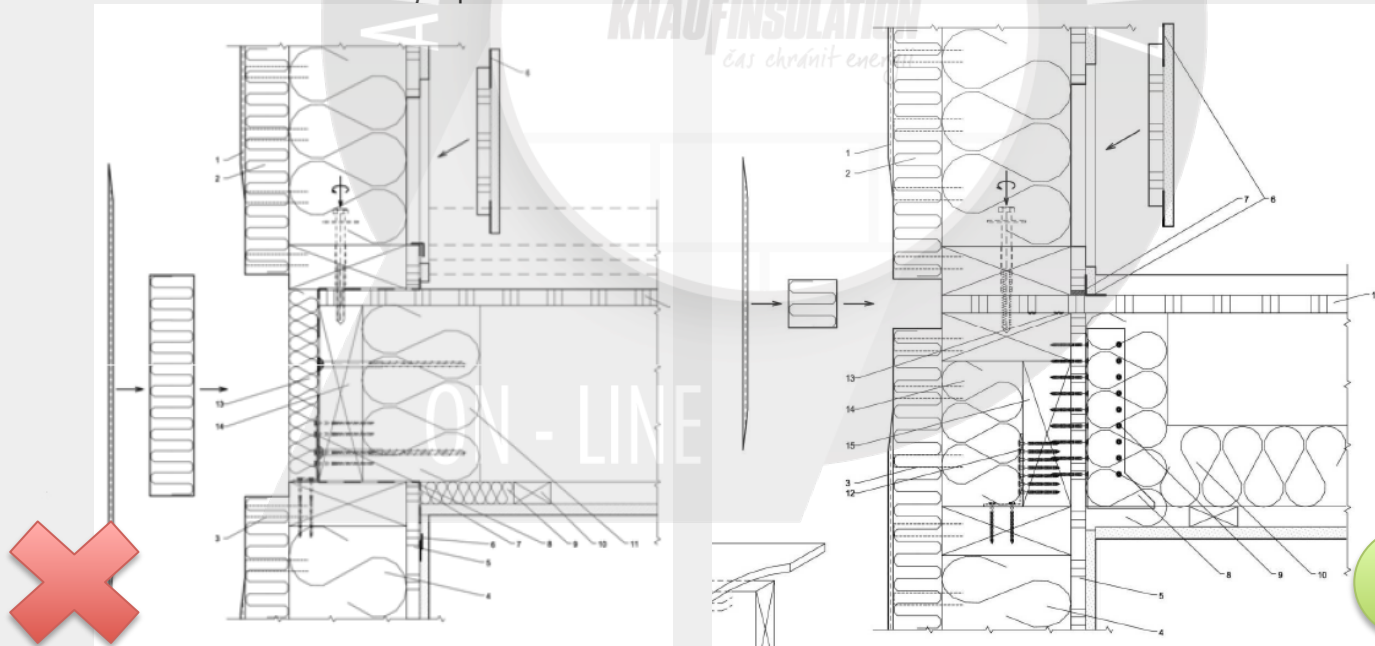
- Dvouplášťové ploché střechy
(již ale relativně zastaralý a nepoužívaný způsob)
- Jednoplášťové ploché střechy s nosnou konstrukcí pod parozábranou, tepelnými a hydroizolačními vrstvami
 - Můžeme použít principy tzv. duo střech, inverzních (obrácených) střech



Zhlaví trámu v obvodové stěně

Jaké problémy nás zde čekají:

- Tepelný a vlhkostní most
- Dilatace stavebních konstrukcí
- Riziko vzniku kondenzační zóny - plísně a hniloba



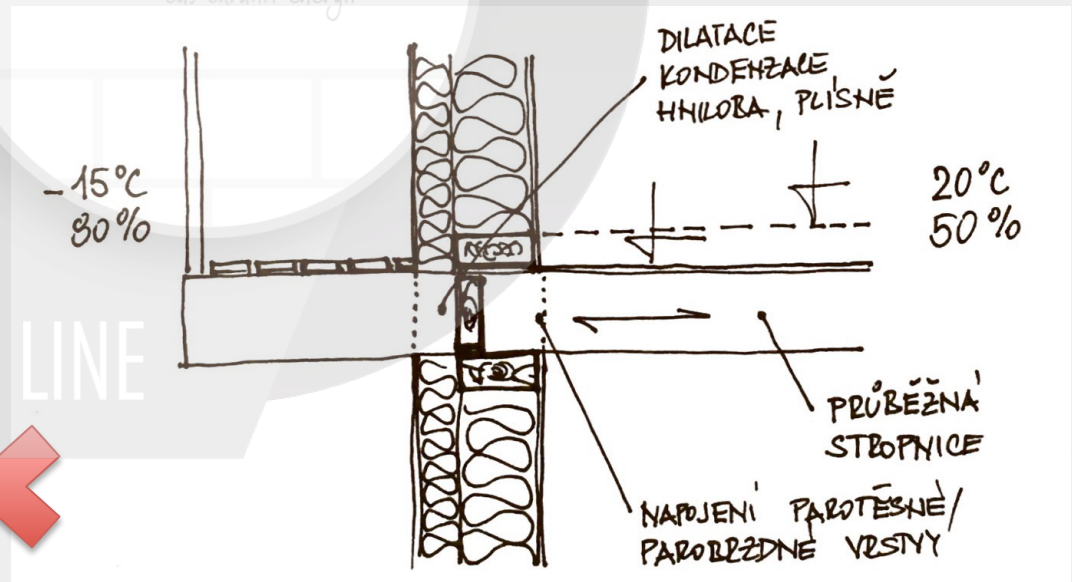
Balkon přes obvodovou stěnu

Řešíme zde naprosto stejný problém jako při uložení stropnice nad obvodovou stěnu v přízemí. Musíme opět řešit:

- Tepelný a vlhkostní most
- Dilatace stavebních konstrukcí
- Riziko vzniku kondenzační zóny - plísně a hniloba

Ideální řešení

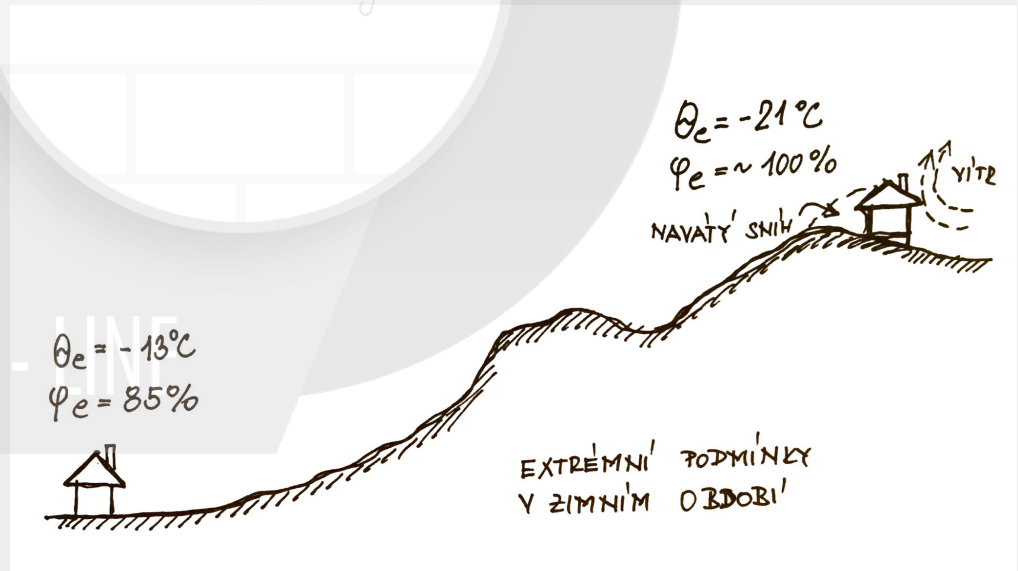
- Samostatná konstrukce balkonu



Pozor na „univerzální“ řešení

Odpovědnost za návrh konstrukce má stále projektant! Nikoliv technologické předpisy výrobců.

Každé řešení je platné pouze pro konkrétní podmínky! Dřevostavba stavěná podle technologického předpisu výrobců např. v nížině nemusí vyhovovat např. v horském prostředí!

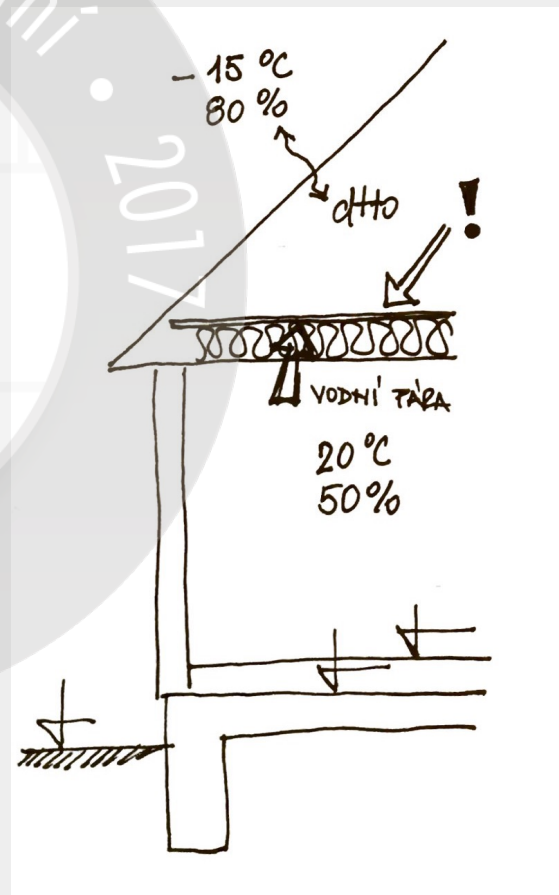


Provedení pochozí využívané půdy

Pozor na pronikání vlhkosti z interiéru!

Pochozí vrstva musí být:

- Z vlhkostně propustného materiálu
- Na větrané mezeře



Závěrem...

Dřevostavby jsou velmi rychle se rozvíjejícím oborem, který nyní představuje více jak 10% trhu s individuální výstavbou. Nekažme si to a navrhujeme a provádějme dřevostavby správně!



...děkuji vám za pozornost 😊