

1 ÚVOD A DŘEVO

1.1 VELIČINY A JEDNOTKY

1.1.1 Základní přehled

Přehled veličin, jednotek a jejich násobků, se kterými budeme ve cvičeních pracovat, je obsažen v následujících tabulkách (úplný přehled lze najít v ČSN ISO 80000-1).

Tab. 1: Vybrané jednotky SI.

Veličina, charakteristika		Jednotka		
Název	Obvyklé značení	Název	Značení	Jiné vyjádření
délka	a, b, c, d, h, l, L	metr	m	-
plocha	A, S	metr čtverečný	m ²	-
objem	V	metr krychlový	m ³	-
průřezový modul	W	metr na třetí	m ³	-
hmotnost	m	kilogram	kg	-
objemová hmotnost	ρ, D	kilogram na metr krychlový	kg/m ³	-
síla (zatižení)	F	newton	N	kg·m/s ²
moment síly	M	newton metr	N·m	kg·m ² /s ²
energie, práce	W, Q	joule	J	N·m
mechanické napětí	R, f, σ	pascal	Pa	N/m ²
čas	t	sekunda	s	-
kmitočet	f	hertz	Hz	1/s
nasákavost	A, w, ω	(bez rozměru, uvádí se v %)		
vlhkost	ω, W	(bez rozměru, uvádí se v %)		
teplota	t	Celsiův stupeň	°C	°C = 1 K

Tab. 2: Předpony SI.

Předpona		Znamená	
Název	Značka	Násobek	Činitel
giga	G	1 000 000 000	10 ⁹
mega	M	1 000 000	10 ⁶
kilo	k	1 000	10 ³
hekto	h	100	10 ²
deka	dk	10	10 ¹
deci	dc	0,1	10 ⁻¹
centi	c	0,01	10 ⁻²
mili	m	0,001	10 ⁻³
mikro	μ	0,000 001	10 ⁻⁶
nano	n	0,000 000 001	10 ⁻⁹

Výběr násobku jednotky SI se řídí jeho vhodností. Násobek se volí obvykle tak, aby číselné hodnoty byly mezi 0,1 a 1000, např.: $1,2 \cdot 10^5$ N lze zapsat jako 120 kN, nebo 0,0258 m lze zapsat jako 25,8 mm. V tabulkách hodnot téže veličiny je však obecně lepší používat stejné násobky i v případě, že některá z hodnot vybočí z rozmezí 0,1 a 1000.

1.2 VYHODNOCOVÁNÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ

1.2.1 Zásady výpočtu bez přesného určení chyb

Ve cvičeních se nebudeme zabývat přesným určením chyb (nejistot) měření. Aby se zachovala věrohodnost výsledků měření, musí se dodržovat následující zásady při měření a zapisování hodnot, provádění výpočtů, a nakonec při zaokrouhlování výsledků:

- Naměřené hodnoty zapíšeme na tolik míst, kolik nám umožňuje citlivost přístroje.
Příklad: na posuvném měřítku jsme naměřili 102,4 mm, měřili jsme v setinách milimetrů, máme tedy 5 hodnotných číslic: 102,40 mm.
- Při výpočtech počítáme všechny mezivýsledky s plným počtem míst, do protokolu zapíšeme u mezivýsledku o 1 číslici více, než je požadavek na konečný výsledek.
- Teprve konečný výsledek zaokrouhlíme na požadovaný počet platných míst.

Příklad: máme určit hodnotu objemové hmotnosti betonu na tři platné číslice. Při výpočtu vyšly dílčí hodnoty tří vzorků 2225 kg/m^3 , $2238,4215 \text{ kg/m}^3$, $2205,75 \text{ kg/m}^3$. Do protokolu zapíšeme 2225 kg/m^3 , 2238 kg/m^3 a 2206 kg/m^3 . Průměrná hodnota z dílčích hodnot s plným počtem míst vyšla $2223,0572 \text{ kg/m}^3$, do protokolu zaokrouhlíme na 2220 kg/m^3 .

1.2.2 Pravděpodobný výsledek měření

Jak jsme si řekli v předcházejícím odstavci, skutečnou hodnotu měřené veličiny vlastně neznáme. Měření je navíc ovlivněno řadou nepostizitelných vlivů, z tohoto důvodu budeme pro určení pravděpodobného výsledku měření a pravděpodobné chyby měření používat základních metod matematické statistiky.

Při opakovaném měření jedné veličiny zjistíme, že jednotlivá měření x_i se od sebe liší. Nejhezpečěji se seskupují kolem jisté (střední) hodnoty, dále od této hodnoty výskyt jednotlivých měření klesá. Z těchto poznatků odvodil C. F. Gauss **Zákon normálního rozložení četnosti chyb**: Pro dostatečně velký počet měření n je aritmetický průměr $\bar{x}$ přibližně roven nejpravděpodobnějšímu výsledku měření x_0 :

$$\bar{x} \cong x_0$$

Aritmetický průměr $\bar{x}$ z n měření $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ se vypočte ze vztahu:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Při odhadu nejpravděpodobnější chyby výsledku měření se nejčastěji používá **směrodatná odchylka** s , která je dána vztahem:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

Nejpravděpodobnější hodnota výsledku V se uvádí jako násobek k směrodatné odchylky s ve tvaru:

$$V = x_0 \pm k \cdot s$$

Čím větší pravděpodobnost výskytu měření se v daném intervalu požaduje, tím je hodnota k větší. Ve stavební praxi se pravidla používá hodnota $k = 2$, což odpovídá pravděpodobnosti přibližně 95 %.

1.3 MĚŘICÍ PŘÍSTROJE

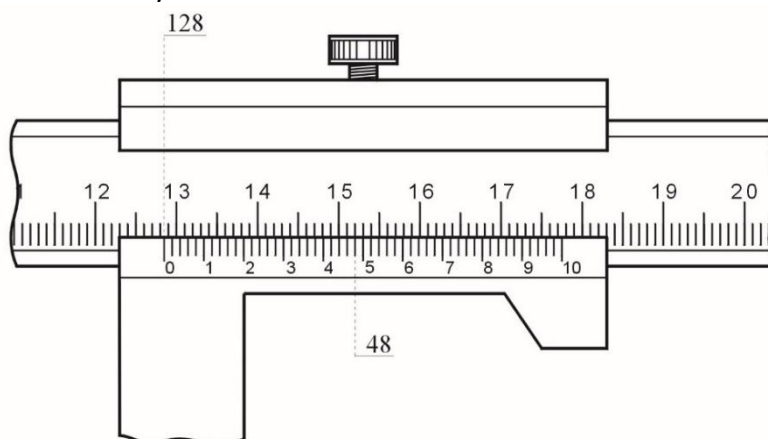
1.3.1 Posuvné měřítko

Jedná se o délkové měřidlo se dvěma měřicími čelistmi, z nichž jedna je pevná a druhá pohyblivá. Pevná je spojena s vodící tyčí. Existují posuvná měřítka mechanická a digitální.

U mechanického posuvného měřítka je na vodící tyči nanesena milimetrová stupnice. Po vodící tyči se posouvá pohyblivá čelist s noniem, což je pomocné krátké měřítko. Platí, že n dílků na noniu představuje stejnou vzdálenost jako $n-1$ dílků na hlavním měřítku (např. 50 dílků nonia odpovídá 49 dílkům hlavní stupnice, tzn. citlivost $1/50$ mm). Celé milimetry čteme na základním měřítku podle nuly nonia. Části milimetru čteme tak, že hledáme rysku nonia, která se naprosto přesně kryje s některou ryskou hlavního měřítka. Hodnota rysky nonia udává části milimetru. Na Obr. 1. je znázorněn příklad měření, které čteme jako 128,48 mm.

U digitálního posuvného měřítka se čtení zobrazí přímo na displeji posuvného měřítka.

Měřicí čelisti jsou opatřeny měřicími hroty k měření vnitřních rozměrů. Součástí některých posuvných měřetek je hloubkoměrná tyčka spojená s posuvnou čelistí. Tato posuvná měřítka lze používat také jako hloubkoměry.



Obr. 1: Příklad čtení mechanického posuvného měřítka: 128,48 mm.

1.3.2 Váhy

Váhy jsou přístroj k měření hmotnosti těles. Principem měření hmotnosti tělesa je porovnání jeho tíhového účinku se známým silovým účinkem (závaží, pružiny, vztlaku elektrického nebo magnetického pole aj.). Při vážení musíme dbát zejména na dvě věci:

- Hmotnost váženého vzorku **nesmí přesáhnout** tzv. **váživost**, což je zatížení vah, do kterého výrobce zaručuje, že váhy nezmění své měrové vlastnosti.
- Přesnost vážení, která je u většiny zkoušek předepsána. Pokud předepsána není, měli bychom vážit s přesností alespoň 0,1 % (např. těleso o hmotnosti 1 kg s přesností alespoň 1 g).

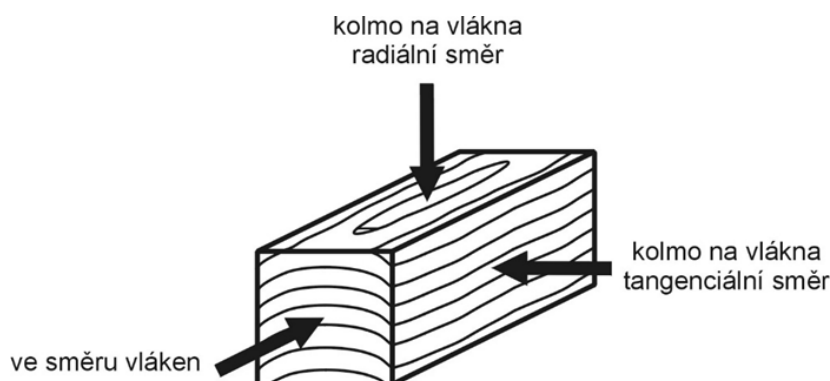
1.4 ZKOUŠENÍ DŘEVA

Zkoušky přírodního (rostlého) dřeva se provádí na rozměrově přesně určených vzorcích bez suků, smolnatosti, dřenež a jiných vad. Z výsledků těchto zkoušek je možné usuzovat na vlastnosti dřeva

i s vadami. U dřeva určeného pro stavební konstrukce se zjišťují hlavně jeho fyzikálně mechanické vlastnosti. Tyto vlastnosti jsou různé z hlediska průběhu vláken ve dřevě, a proto se mnohé zkoušky provádějí ve více směrech, viz Obr. 2. **Základní anatomické směry ve dřevě** jsou:

- **axiální směr** (AS, ve směru vláken), který je rovnoběžný s podélnou osou kmene,
- **radiální směr** (RS, kolmo na vlákna), který je vedený ve směru dřeňových paprsků a je kolmý na plochu tangenciálního řezu,
- **tangenciální směr** (TS, kolmo na vlákna), který má směr tečny k letokruhům a je kolmý na plochu radiálního řezu.

Na výsledky zkoušek má velký vliv také **vlhkost** dřeva.



Obr. 2: Základní anatomické směry ve dřevě.

1.5 STANOVENÍ VLHKOSTI DŘEVA

1.5.1 Podstata zkoušky

Hmotnostní vlhkost dřeva se stanoví jako procentuální podíl hmotnosti vody obsažené ve vlhkém vzorku k hmotnosti téhož vzorku ve stavu vysušeném.

1.5.2 Zkušební zařízení a pomůcky

- Váhy s přesností 0,01 g.
- Sušička umožňující regulování teploty v rozmezí $(103 \pm 2) ^\circ\text{C}$.
- Exsikátor s hygroskopickou látkou.

1.5.3 Měřené a stanovené veličiny

m_w	hmotnost zkušebního tělesa ve stavu vlhkém v g.
m_s	hmotnost zkušebního tělesa po vysušení v g.
W	vlhkost dřeva v %.

1.5.4 Zkušební postup

Norma předepisuje pro zkušební tělesa tvar pravoúhlého hranolu o objemu $(10 \pm 2) \text{ cm}^3$, přednostně pak se základnou $20 \times 20 \text{ mm}$ a délkou podél vláken $(25 \pm 5) \text{ mm}$.

Vlhké zkušební těleso se zváží s přesností 0,01 g. Zkušební těleso se vysuší při teplotě $(103 \pm 2) ^\circ\text{C}$ do ustálené hmotnosti (tj. změna hmotnosti mezi dvěma váženími prováděnými po dvou hodinách

nepřekročí 0,01 g). Poté se zkušební těleso ochladí v exsikátoru a vzápětí rychle zváží (aby přírůstek vlhkosti nebyl větší než 0,1 %) s přesností 0,01 g.

Vlhkost zkoušeného vzorku dřeva W v % se vypočte ze vztahu:

$$W = \frac{m_w - m_s}{m_s} \cdot 100$$

1.5.5 Vyhodnocení

Výsledek zkoušky vlhkosti se uvede s přesností **0,1 %**.

1.6 STANOVENÍ NASÁKAVOSTI DŘEVA

1.6.1 Podstata zkoušky

Při zkoušce nasákavosti zjišťujeme největší množství vody, které je zkušební těleso schopné přijmout při dlouhodobém uložení ve vodě. Nasákavost udáváme v procentech hmotnosti úplně vysušeného tělesa.

1.6.2 Zkušební zařízení a pomůcky

- Váhy s přesností 0,01 g.
- Nádoba s destilovanou vodou.
- Sušička umožňující regulování teploty v rozmezí $(103 \pm 2) ^\circ\text{C}$.
- Exsikátor s hygroskopickou látkou.

1.6.3 Měření a stanovené veličiny

m_n hmotnost zkušebního tělesa po máčení v g.

m_s hmotnost zkušebního tělesa po vysušení v g.

$W_{\max}$ nasákavost dřeva v %.

1.6.4 Zkušební postup

Normová zkušební tělesa mají tvar pravoúhlého hranolu se základnou 20×20 mm a výškou (20 ± 10) mm. Úhel sklonu letokruhů ke dvěma protilehlým stranám nesmí být větší než 10° .

Zkušební těleso vysušíme při teplotě $(103 \pm 2) ^\circ\text{C}$ do ustálené hmotnosti a rozměrů tak, aby nevznikaly trhliny, a ochladíme v exsikátoru. Ihned poté těleso zvážíme (m_s). Zkušební těleso potom namáčíme v destilované vodě o teplotě $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ do ustálené hmotnosti a následně těleso zvážíme (m_n).

Nasákavost zkoušeného vzorku dřeva $W_{\max}$ v % se vypočte ze vztahu:

$$W_{\max} = \frac{m_n - m_s}{m_s} \cdot 100$$

1.6.5 Vyhodnocení

Výsledek zkoušky nasákavosti se uvede s přesností **0,1 %**.

1.7 STANOVENÍ OBJEMOVÉ HMOTNOSTI DŘEVA

1.7.1 Podstata zkoušky

Měřením rozměrů a vážením tělesa s přirozenou vlhkostí W zjistíme jeho objem a hmotnost. Protože dřevo snadno přijímá vodu, rozlišujeme tři různé objemové hmotnosti dřeva:

- objemová hmotnost při vlhkosti W – je hmotnost objemové jednotky dřeva při vlhkosti W ,
- objemová hmotnost v suchém stavu – je hmotnost objemové jednotky zcela vysušeného dřeva,
- redukovaná objemová hmotnost – je hmotnost zcela suchého dřeva v objemové jednotce dřeva o vlhkosti nad mezí nasycení buněčných stěn, která činí přibližně 30 %.

Ve cvičení se bude zjišťovat objemová hmotnost dřeva s přirozenou vlhkostí W , která má pro stavební praxi největší význam.

1.7.2 Zkušební zařízení a pomůcky

- Posuvné měřítko.
- Analytické váhy.

1.7.3 Měření a stanovené veličiny

m_w	hmotnost zkušební tělesa při vlhkosti W v kg.
a_w, b_w	příčné rozměry zkušební tělesa při vlhkosti W v m.
l_w	délka zkušební tělesa při vlhkosti W v m.
ρ_w	objemová hmotnost zkušební tělesa při vlhkosti W v kg/m ³ .

1.7.4 Zkušební postup

Norma předepisuje pro zkušební tělesa tvar pravoúhlého hranolu se základnou 20 × 20 mm a délkou podél vláken (25 ± 5) mm. Ve cvičení použijeme tělesa ve tvaru krychle o hraně 100 mm, pro každou dřevinu jedno těleso. Hmotnost zkušební tělesa se zváží s přesností 0,01 g.

Objemová hmotnost ρ_w dřeva při vlhkosti v době zkoušky W v kg/m³ se vypočítá podle vzorce:

$$\rho_w = \frac{m_w}{a_w \cdot b_w \cdot l_w}$$

1.7.5 Vyhodnocení

Vypočtené hodnoty objemové hmotnosti ρ_w se zaokrouhlí **na 3 platné číslice**.

Jednotlivé vzorky dřeva lze rozdělit podle objemové hmotnosti na dřeviny:

- s nízkou hustotou dřeva $\rho_{12} < 540$ kg/m³.
- se střední hustotou dřeva $\rho_{12} = 540 - 750$ kg/m³.
- s vysokou hustotou dřeva $\rho_{12} > 750$ kg/m³.

1.8 STANOVENÍ PEVNOSTI V TLAKU ROVNOBĚŽNĚ S VLÁKNY KONSTRUKČNÍHO DŘEVA

1.8.1 Podstata zkoušky

Podstatou stanovení pevnosti v tlaku je zjištění maximálního zatížení při zatěžování zkušebního tělesa v tlaku a výpočet tlakového napětí v průřezu při tomto zatížení.

1.8.2 Měřené a stanovené veličiny

$F_{\max}$ největší zatížení v N.

a, b rozměry průřezu zkušebního tělesa v mm.

A plocha průřezu zkušebního tělesa v mm^2 .

$f_{c,0}$ pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny tělesa v N/mm^2 .

1.8.3 Zkušební zařízení a pomůcky

- Posuvné měřítko.
- Hydraulický lis potřebného rozsahu.

1.8.4 Postup

Nejdříve se zkušební těleso z konstrukčního dřeva klimatizuje do konstantní hmotnosti ve standardním prostředí s teplotou $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ a relativní vlhkostí $(65 \pm 5)\%$. Poté se změří v polovině výšky s přesností alespoň 0,1 mm. Zkušební těleso musí mít plný průřez konstrukčního prvku a délku odpovídající 6násobku menšího průřezového rozměru. Čelní plochy musí být rovinné, vzájemně rovnoběžné a kolmé k ose tělesa.

Zkušební těleso se zatěžuje v lisu dostředně, pomocí tlačné desky opatřené kulovým kloubem. Zatěžování se provádí rovnoměrně konstantní rychlostí až do porušení vzorku, viz Obr. 3. Poté se odečte maximální zatížení $F_{\max}$.

Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny se vypočítá dle vztahu:

$$f_{c,0} = \frac{F_{\max}}{A} = \frac{F_{\max}}{a \cdot b}$$

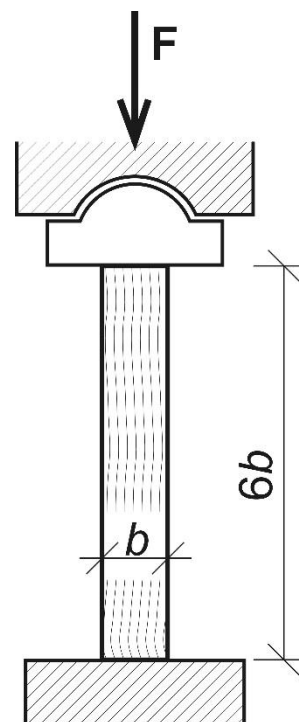
1.8.5 Vyhodnocení

Pevnost v tlaku se uvádí s přesností **0,1 N/mm^2** .

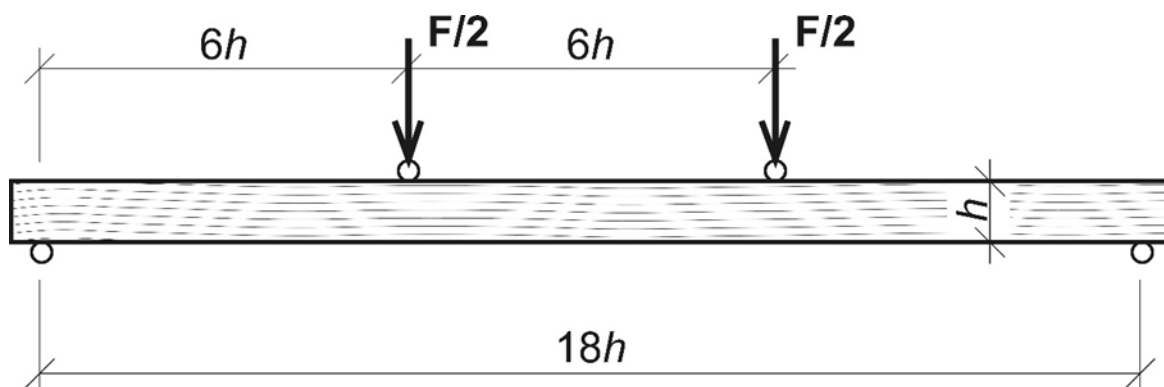
1.9 STANOVENÍ PEVNOSTI V OHYBU KONSTRUKČNÍHO DŘEVA

1.9.1 Podstata zkoušky

Prostě podepřené zkušební těleso se zatěžuje na ohyb až do porušení dvěma symetricky umístěnými břemeny při rozpětí rovnajícím se 18násobku výšky tělesa, viz Obr. 4.



Obr. 3: Schéma zkoušky pevnosti v tlaku rovnoběžně s vlákny.



Obr. 4: Schéma zkoušky pevnosti v ohybu konstrukčního dřeva.

1.9.2 Měřené a stanovené veličiny

$F_{\max}$	největší zatížení v N.
$L = 18 \cdot h$	vzdálenost podpor v mm.
h, b	výška a šířka průřezu zkušební tělesa v mm.
W	průřezový modul v mm^3 ; pro obdélníkový průřez je roven: $W = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2$.
f_m	pevnost v ohybu v N/mm^2 .

1.9.3 Zkušební zařízení a pomůcky

- Posuvné měřítko.
- Zkušební lis se zatěžovacím přípravkem pro čtyřbodový ohyb.

1.9.4 Postup

Nejdříve se zkušební těleso z konstrukčního dřeva klimatizuje do konstantní hmotnosti ve standardním prostředí s teplotou $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ a relativní vlhkostí $(65 \pm 5)\%$. Poté se změří v polovině délky s přesností alespoň 0,1 mm. Nejmenší dovolená délka zkušební tělesa je zpravidla 19násobek výšky průřezu.

Zkušební těleso se zatěžuje symetricky čtyřbodovým ohybem při rozpětí rovnajícím se 18násobku výšky. Zatěžování se provádí rovnoměrně konstantní rychlostí až do porušení vzorku. Poté se odečte maximální zatížení $F_{\max}$.

Pevnost v ohybu se vypočítá dle vztahu:

$$f_m = \frac{\frac{F_{\max}}{2} \cdot \frac{L}{3}}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2} = \frac{F_{\max} \cdot L}{b \cdot h^2}$$

1.9.5 Vyhodnocení

Pevnost v ohybu uvádíme s přesností **0,1 N/mm²**.

1.10 PROTOKOL

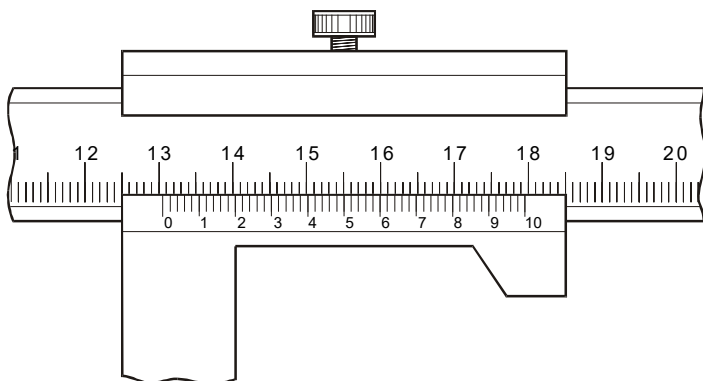
1.10.1 Jednotky

Převeďte:

149,58 mm =	 m	0,0994 m =	 mm
22489 mm ² =	 m ²	0,009702 m ² =	 mm ²
3352351 mm ³ =	 m ³	0,0039102 m ³ =	 mm ³
6023 g =	 kg	9,55 kg =	 g
1,250 Mg/m ³ =	 kg/m ³	2360 kg/m ³ =	 g/mm ³
33,5 kN =	 N	465 N =	 kN
26,4 MPa =	 N/mm ²	538,3 N/m ² =	 MPa

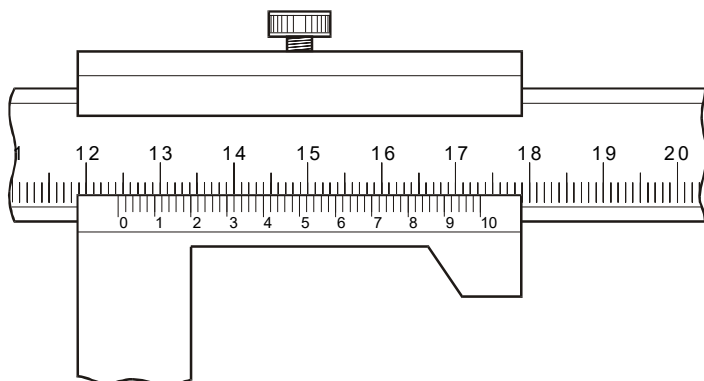
1.10.2 Posuvné měřítko

Odečtěte hodnoty na posuvných měřících:



Hodnota čtení na posuvném měřítku:

..... mm



Hodnota čtení na posuvném měřítku:

..... mm

1.10.3 Aktuální vlhkost vzorků dřeva

Provedte zkoušku stanovení vlhkosti na připravených vzorcích dřeva – jednoho z měkké dřeviny (jehličnaté) a jednoho z tvrdé dřeviny (listnaté). Výsledek uveďte s přesností **0,1 %**.

Zkušební vzorek		A – smrkové dřevo	B – dubové dřevo
m_w	[]		
m_s	[]		
Výpočet:			
W	[%]		

1.10.4 Nasákavost vzorků dřeva

Provedte zkoušku stanovení nasákavosti na připravených vzorcích dřeva – jednoho z měkké dřeviny (jehličnaté) a jednoho z tvrdé dřeviny (listnaté). Výsledek uveďte s přesností **0,1 %**.

Zkušební vzorek		A – smrkové dřevo	B – dubové dřevo
m_n	[]		
m_s	[]		
Výpočet:			
W_{max}	[%]		

1.10.5 Objemová hmotnost vybraných vzorků dřeva

Stanovte objemovou hmotnost vzorků dřeva při dané vlhkosti v době zkoušky na různých dřevinách. Výsledek zaokrouhlete **na 3 platné číslice**. Jednotlivé vzorky rozdělte podle objemové hmotnosti, viz 1.7.5.

Všechny vystavené vzorky jsou krychle o hraně 100 mm.

DRUH DŘEVINY		V_w	m_w	ρ_w	ZAŘAZENÍ
		[]	[]	[kg/m ³]	
JEHLIČNATÉ DŘEVO					

DRUH DŘEVINY		V_w	m_w	ρ_w	ZAŘAZENÍ
		[]	[]	[kg/m ³]	
LISTNATÉ DŘEVO					

1.10.6 Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

Stanovte pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny pro dva různé druhy dřevin (jehličnaté a listnaté). Předpokládejte, že připravená zkušební tělesa jsou již klimatizována do konstantní hmotnosti ve standardním prostředí s teplotou $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ a relativní vlhkostí $(65 \pm 5) \%$.

Pevnost v tlaku zaokrouhlete na **0,1 N/mm²**.

DRUH DŘEVINY		JEHLIČNATÉ DŘEVO	LISTNATÉ DŘEVO
a	[]		
b	[]		
$F_{\max}$	[]		
Výpočet:			
$f_{c,0}$	[N/mm ²]		

1.10.7 Pevnost v ohybu kolmo na vlákna

Stanovte pevnost v ohybu pro vybraný druh dřeviny. Předpokládejte, že připravené zkušební těleso je již klimatizováno do konstantní hmotnosti ve standardním prostředí s teplotou $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ a relativní vlhkostí $(65 \pm 5) \%$.

Pevnost v ohybu zaokrouhlete na **0,1 N/mm²**.

DRUH DŘEVINY		JEHLIČNATÉ NEBO LISTNATÉ DŘEVO
b	[]	
h	[]	
L	[]	
F _{max}	[]	
Výpočet:		
f _m	[N/mm ²]	

1.10.8 Celkový závěr
