

VYSOKÉ UČENÍ FAKULTA
TECHNICKÉ STAVEBNÍ
V BRNĚ



STAVEBNÍ LÁTKY A GEOLOGIE

CVIČEBNICE K PŘEDMĚTU BIA011

kolektiv autorů

Student: _____

Studijní skupina: _____

Školní rok: _____

ZKRATKA	NÁZEV CVIČENÍ	DATUM	PODPIS
U+D	Úvod a dřevo		
K	Kamenivo		
G	Geologie		
M+P	Malty a pojiva		
B+C	Beton a cihly		
O+P	Ocel a plasty		

Stavební látky – cvičebnice k předmětu BIA011
kolektiv autorů

© Ondřej Anton, Petr Cikrle, Věra Heřmánková, Dalibor Kocáb,
Barbara Kucharczyková, Petr Misák, Tomáš Vymazal, Petr Žítt

Vysoké učení technické v Brně
Fakulta stavební
Ústav stavebního zkušebnictví

ISBN 978-80-214-4047-0

Sedmé aktualizované vydání
Brno, leden 2024

Tato publikace neprošla redakční ani jazykovou úpravou

OBSAH

OBSAH	3
1 ÚVOD A DŘEVO.....	5
1.1 Veličiny a jednotky	5
1.2 Vyhodnocování výsledků měření	6
1.3 Měřicí přístroje	7
1.4 Protokol, 1. část (úvod do měření).....	8
1.5 Zkoušení dřeva	9
1.6 Stanovení vlhkosti dřeva	9
1.7 Stanovení objemové hmotnosti dřeva	10
1.8 Stanovení pevnosti v tlaku rovnoběžně s vlákny konstrukčního dřeva	11
1.9 Stanovení pevnosti v ohybu konstrukčního dřeva	11
1.10 Protokol, 2. část (dřevo)	13
2 ZKOUŠENÍ KAMENIVA PRO STAVEBNÍ ÚČELY	15
2.1 Stanovení objemové hmotnosti kameniva ve válci	15
2.2 Stanovení sypané hmotnosti a mezerovitosti volně sypaného a zhutněného kameniva	16
2.3 Stanovení zrnitosti kameniva	17
2.4 Protokol	20
3 ZKOUŠENÍ MALT A POJIV	23
3.1 Výroba čerstvé malty ze suché maltové směsi	23
3.2 Stanovení konzistence čerstvé malty s použitím střešacího stolku	24
3.3 Stanovení objemové hmotnosti čerstvé malty	24
3.4 Stanovení dob tuhnutí cementové kaše	26
3.5 Stanovení objemové hmotnosti zatvrdlé malty	28
3.6 Stanovení pevnosti zatvrdlé malty v tahu za ohybu	28
3.7 Stanovení pevnosti zatvrdlé malty v tlaku	30
3.8 Protokol	31
4 ZKOUŠENÍ ZTVRDLÉHO BETONU A CIHLÁŘSKÝCH VÝROBKŮ	35
4.1 Stanovení objemové hmotnosti různých druhů betonu	35
4.2 Stanovení pevnosti betonu v tlaku.....	35
4.3 Stanovení pevnosti betonu v tahu ohybem	36
4.4 Zkoušení cihlářských výrobků.....	37
4.5 Stanovení skutečných rozměrů cihlářského výrobku.....	37
4.6 Stanovení objemové hmotnosti cihlářského výrobku	38
4.7 Stanovení pevnosti v tahu za ohybu	38
4.8 Stanovení pevnosti v tlaku	39
4.9 Protokol	40
5 ZKOUŠENÍ STAVEBNÍ OCELI A PLASTŮ	45
5.1 Stanovení jmenovitého průměru vzorku z hladké oceli.....	45
5.2 Stanovení jmenovitého průměru vzorku z žebírkové oceli.....	45
5.3 Zkouška tahem za okolní teploty	46
5.4 Stanovení objemové hmotnosti vybraných vzorků plastů.....	48
5.5 Tahová zkouška plastu	48

5.6 Protokol.....	49
6 POUŽITÁ LITERATURA.....	54

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 EN ISO 80000-1).

Tabulka 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	-
hustota	ρ	kilogram na metr krychlový	kg/m ³	
síla (zatížení)	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	1 °C = 1 K

Tabulka 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

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 , 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 nepostižitelných 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. Nejčastěji 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

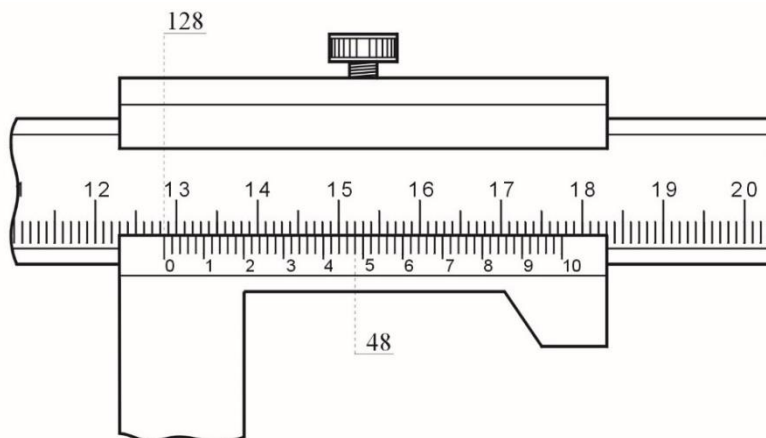
1.3.1 Posuvné měřítko

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 měřítka 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:

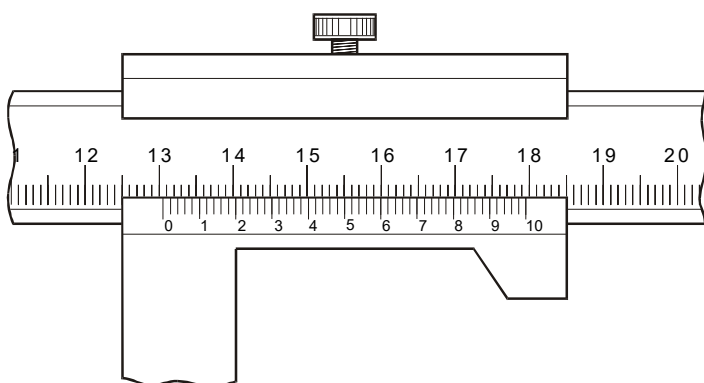
- Hmotnost váženého vzorku **nesmí přesáhnout** tzv. **váživost**, což je zatížení vah, do kterého výrobce zaručuje, že váhy nezmění své měrové vlastnosti.
- Přesnost vážení, která je u většiny zkoušek předepsána. Pokud předepsána není, měli bychom vážit s přesností alespoň 0,1 % (např. těleso o hmotnosti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

1.4 PROTOKOL, 1. ČÁST (ÚVOD DO MĚŘENÍ)

Převeďte:

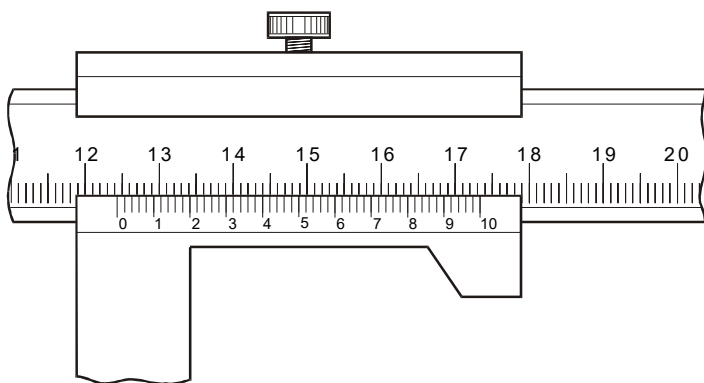
149,58 mm =	.....	m	0,0994 m =	.....	mm
22489 mm ² =	.....	m ²	0,009702 m ² =	.....	mm ²
3352351 mm ³ =	.....	m ³	0,0039102 m ³ =	.....	mm ³
6023 g =	.....	kg	9,55 kg =	.....	g
1,250 Mg/m ³ =	.....	kg/m ³	2360 kg/m ³ =	.....	g/mm ³
33,5 kN =	.....	N	465 N =	.....	kN
26,4 MPa =	.....	N/mm ²	538,3 N/m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

Odečtěte hodnoty na posuvných měřících a číselníkových úchylkoměrech:



Hodnota čtení na posuvném měřítku:

..... mm

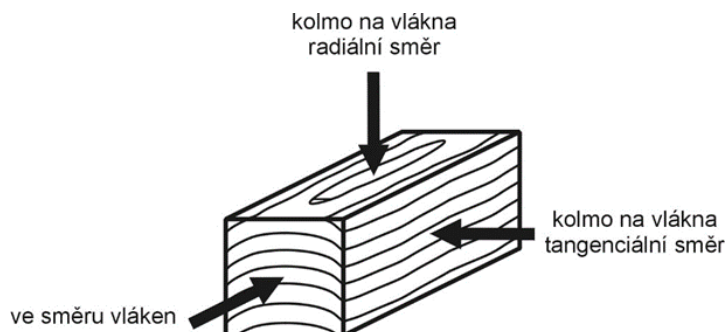


Hodnota čtení na posuvném měřítku:

..... mm

1.5 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 se liší z hlediska průběhu vláken ve dřevě, a proto se mnohé zkoušky provádějí ve více směrech, viz Obr. 2. Na výsledky zkoušek má velký vliv také vlhkost dřeva.



Obr. 2.: Směry zkoušení vlastností dřeva.

1.6 STANOVENÍ VLHKOSTI DŘEVA

1.6.1 Podstata zkoušky

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

1.6.2 Zkušební zařízení a pomůcky

- Váhy s přesností 0,01 g.
- Sušička umožňující regulování teploty v rozmezí (103 ± 2) °C.
- Exsikátor s hygroskopickou látkou.

1.6.3 Měřené a stanovené veličiny

m_1	hmotnost zkušební tělesa ve stavu vlhkém v g.
m_2	hmotnost zkušební tělesa po vysušení v g.
W	vlhkost dřeva v %.

1.6.4 Zkušební postup

Norma předepisuje pro zkušební tělesa tvar pravoúhlého hranolu o objemu (10 ± 2) cm³, přednostně pak se základnou 20 × 20 mm a délkou podél vláken (25 ± 5) mm.

Vlhké zkušební těleso se zváží s přesností 0,01 g. Zkušební těleso se vysuší při teplotě (103 ± 2) °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:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100$$

1.6.5 Vyhodnocení

Výsledek zkoušky vlhkosti 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 (v % hmotnosti), která má pro stavební praxi největší význam.

1.7.2 Zkušební zařízení a pomůcky

- Posuvné měřítko.
- Analytické váhy.

1.7.3 Měřené 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. Poté se odečte maximální zatížení F_{\max} .

Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny se vypočítá dle vztahu:

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

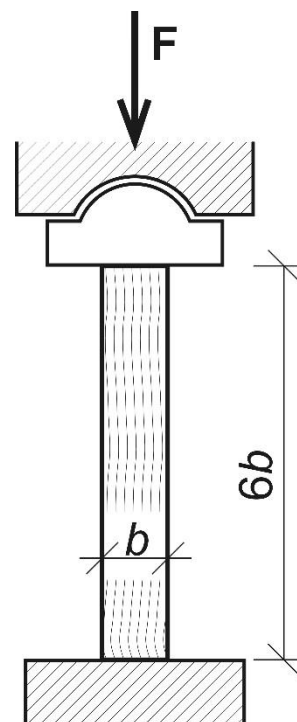
1.8.5 Vyhodnocení

Pevnost v tlaku se uvádí s přesností **0,1 N/mm²**.

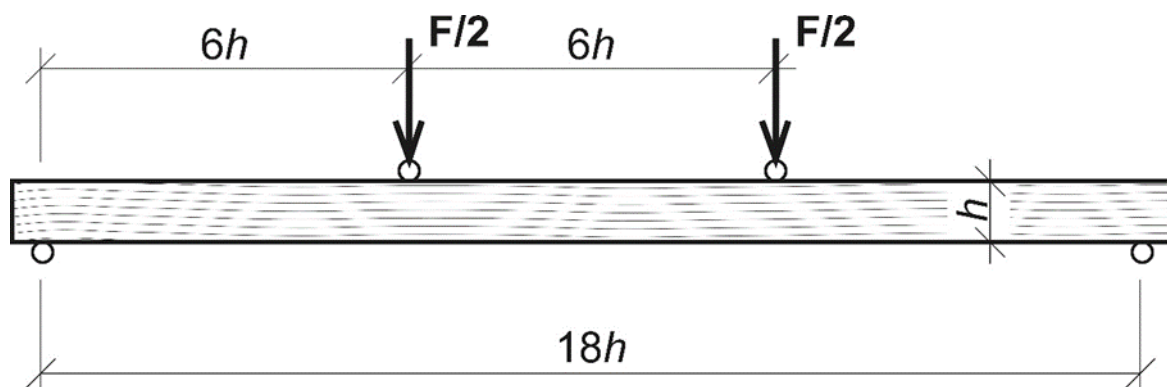
1.9 STANOVENÍ PEVNOSTI V OHYBU KONSTRUKČNÍHO DŘEVA

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.



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



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

1.9.2 Měření a stanovené veličiny

F_{\max}	největší zatížení v N.
$L = 18 \cdot h$	vzdálenost podpor v mm.
$a = 6 \cdot h$	vzdálenost mezi působištěm zatížení a nejbližší podporou 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:

$$f_m = \frac{\frac{F_{\max}}{2} \cdot \frac{L}{3}}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2} = \frac{F_{\max} \cdot L}{b \cdot h^2} = \left(\frac{18 \cdot F_{\max}}{b \cdot h} \right)$$

1.9.5 Vyhodnocení

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

1.10 PROTOKOL, 2. ČÁST (DŘEVO)

1.10.1 Aktuální vlhkost vzorků dřeva

Proveďte 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_1	[]		
m_2	[]		
Výpočet:			
W	[%]		

1.10.2 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					
LISTNATÉ DŘEVO					

1.10.3 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]		

1.10.4 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 ± 2) °C a relativní vlhkostí (65 ± 5) %.

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

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

1.10.5 Celkový závěr

2 ZKOUŠENÍ KAMENIVA PRO STAVEBNÍ ÚČELY

2.1 STANOVENÍ OBJEMOVÉ HMOTNOSTI KAMENIVA VE VÁLCI

2.1.1 Podstata zkoušky

Podstatou zkoušky je zjištění objemu, který zaujímá vzorek kameniva o známé hmotnosti. Objem zrn kameniva určíme podle množství vzorkem vytěsněné vody v odměrném válci. Metoda dává pouze orientační, ale pro potřeby technické praxe zpravidla dostačující výsledky. Je použitelná pro drobné i hrubé kamenivo.

2.1.2 Zkušební zařízení a pomůcky

- Váhy s váživostí 10 kg.
- Kalibrovaný odměrný válec o velikosti odpovídající rozměrům zrn a množství kameniva.
- Miska na kamenivo.
- Násypka.
- Míchací tyčinka.

2.1.3 Měření a stanovené veličiny

m_s hmotnost navážky vysušené při 105 °C do ustálené hmotnosti, nebo povrchově oschlé v kg.

V_w objem vody v odměrném válci před vsypáním kameniva v m³.

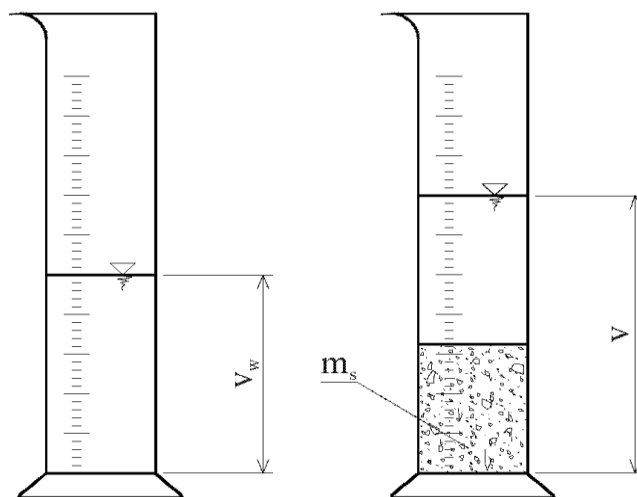
V společný objem vsypaného kameniva a vody v m³.

2.1.4 Zkušební postup

K provedení zkoušky se odebere asi 1 kg vzorku kameniva vysušeného při teplotě 105 °C a přesně se zváží. Pokud se zkouší kamenivo s velkou nasákavostí (zpravidla kamenivo pórovité), je nutné vzorek předem nasáknout. U drobného kameniva a velmi hutného hrubého kameniva, která mají malou nasákavost, lze od nasakování vodou upustit, zkušební vzorky se nechají pouze oschnout volně na vzduchu. Odměrný válec se naplní přibližně do poloviny kalibrovaného objemu vodou a odečte se hodnota V_w s přesností na 0,5 dílku stupnice. Navážka kameniva se opatrně vsype s pomocí násypky do odměrného válce. Aby se odstranily vzduchové bubliny, promíchá se obsah tyčinkou. Po uklidnění hladiny se zjistí na dělení stupnice válce společný objem kameniva a vody V s přesností na 0,5 dílku (Obr. 5.).

Objemová hmotnost kameniva ρ_v v **Mg/m³** se vypočítá ze vzorce:

$$\rho_v = \frac{m_s}{V - V_w}$$



Obr. 5.: Schéma stanovení objemové hmotnosti v odměrném válci.

2.1.5 Vyhodnocení

Hodnota objemové hmotnosti kameniva uvedená v Mg/m^3 se zaokrouhlí na 3 platné číslice.

2.2 STANOVENÍ SYPNÉ HMOTNOSTI A MEZEROVITOSTI VOLNĚ SYPANÉHO A ZHUTNĚNÉHO KAMENIVA

2.2.1 Podstata zkoušky

Sypná hmotnost je hmotnost objemové jednotky kameniva s dutinami a póry včetně mezer mezi zrny.

Mezerovitost kameniva je pak poměr objemu mezer mezi zrny k celkovému objemu, který kamenivo zaujímá.

2.2.2 Zkušební zařízení a pomůcky

- Vodotěsná nádoba z nerezavějícího kovu, nejmenší objem nádoby je určen dle horního zrna zkoušeného kameniva.
- Váhy.
- Lopatky.
- Lžíce.
- Pravítko.
- Sušárna s nucenou cirkulací vzduchu a s termoregulací.

2.2.3 Měření a stanovené veličiny

m_1 hmotnost prázdné nádoby v kg.

m_2 hmotnost nádoby se zkušební navážkou v kg.

V objem nádoby v l.

ρ_v objemová hmotnost zrn kameniva v Mg/m^3 (stanoveno v předchozí úloze).

ρ_b sypná hmotnost volně sypaného/zhutněného kameniva v Mg/m^3 .

M mezerovitost volně sypaného/zhutněného kameniva v %.

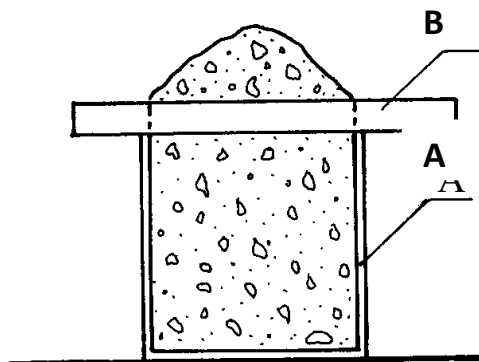
2.2.4 Zkušební postup

Pro zkoušku se připraví dílčí navážka. Vzorek se vysuší v sušárně při teplotě $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ do ustálené hmotnosti. Každá dílčí navážka musí mít 120 % až 150 % hmotnosti potřebné pro naplnění nádoby. Nejmenší rozměr nádoby je určen v závislosti na zrnění zkoušeného kameniva dle Tabulky 3.

Tabulka 3.: Nejmenší objem nádoby v závislosti na zrnění kameniva.

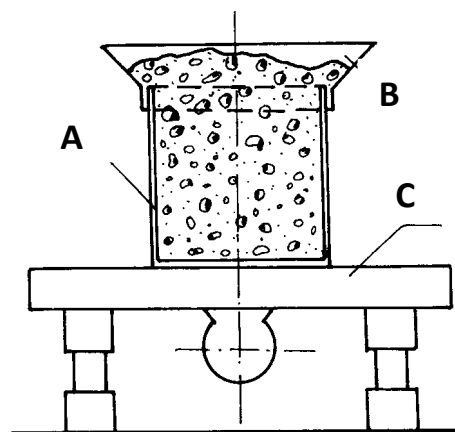
Horní zrno kameniva (D) [mm]	Objem nádoby [l]
Do 4	1,0
Do 16	5,0
Do 31,5	10,0
Do 63	20,0

Nejdříve se zváží čistá prázdná nádoba – m_1 . Nádoba se umístí na vodorovnou plochu a lopatkou se přeplní kamenivem. Při plnění je nutné zabránit segregaci kameniva opřením lopatky o horní okraj nádoby. Opatrně se odstraní přebytečné kamenivo nad horním okrajem nádoby, přičemž je nutno zabránit segregaci kameniva na povrchu. Povrch kameniva se opatrně zarovná pravítkem tak, aby nedošlo ke zhutnění jakékoliv části povrchu. Poté se zváží naplněná nádoba a zaznamená se její hmotnost – m_2 . Pokud se jedná o určení sypané hmotnosti zhutněného kameniva, pak se obsah kameniva v nádobě před vážením zhutní předepsaným způsobem a u výsledku se uvede způsob hutnění. V případě sypané hmotnosti volně sypaného/zhutněného kameniva s přirozenou vlhkostí je nutno vedle výsledku uvést vlhkost kameniva v okamžiku zkoušení.



Obr. 6.: Sypaná hmotnost volně sypaného kameniva.

A – válcová nádoba,
B – ocelové pravítko.



Obr. 7.: Sypaná hmotnost zhutněného kameniva.

A – válcová nádoba,
B – snímatelný nástavec,
C – vibrační stůl.

Sypaná hmotnost volně sypaného/zhutněného kameniva ρ_b v Mg/m^3 se vypočte ze vztahu:

$$\rho_b = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

Mezerovitost kameniva se pak vypočte ze stanovené sypané hmotnosti ρ_b a příslušné objemové hmotnosti ρ_p zjištěné v předchozí úloze.

Mezerovitost kameniva M se stanoví v % dle vztahu:

$$M = \frac{\rho_v - \rho_b}{\rho_v}$$

2.2.5 Vyhodnocení

Konečný výsledek sypané hmotnosti kameniva v Mg/m^3 se zaokrouhlí na **3 platné číslice** a mezerovitosti se zaokrouhlí na **0,1 %**.

2.3 STANOVENÍ ZRNITOSTI KAMENIVA

2.3.1 Podstata zkoušky

Zrnitost je poměrné zastoupení zrn o určité velikosti v celkovém množství kameniva.

Zkouška se skládá z roztřídění a oddělení materiálu pomocí sady sít do několika frakcí se sestupnou velikostí otvorů. Hmotnost částic, které zůstanou na jednotlivých sítích, se porovnává s původní hmotností materiálu. Výsledkem je součet propadu jednotlivými sítí v procentech, pokud se to vyžaduje, vyjádří se výsledek prosévací zkoušky graficky.

2.3.2 Zkušební zařízení a pomůcky

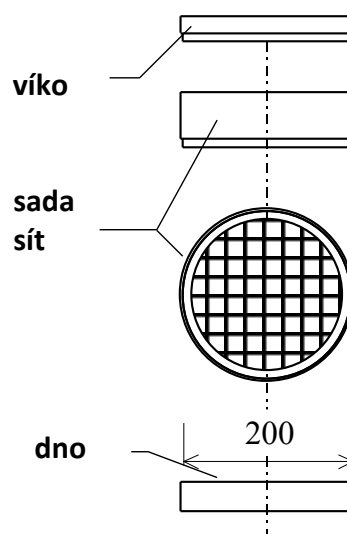
- Zkušební síta v souladu s ČSN EN 933-2, pevně líčující víko a dno sady sít, viz Obr. 8.
- Sušárna s nucenou cirkulací vzduchu s automatickým udržováním a kontrolou teploty (110 ± 5) °C.
- Váhy s přesností $\pm 0,1$ % hmotnosti zkušební navážky vyhovující požadavkům ČSN EN 932-5.
- Nádoby.
- Kartáče.
- Štětce.
- Prosévací přístroj.

2.3.3 Měřené a stanovené veličiny

M_1	hmotnost vysušené zkušební navážky v g.
M_2	hmotnost proseté zkušební navážky (součet zůstatků na všech sítích) v g.
P	hmotnost jemných částic na dně prosévací sady v g.
$R_1 \dots R_n$	hmotnost zůstatků na jednotlivých sítích prosévací sady v g.

Tabulka 4.: Rozměry otvorů základní sady kontrolních sít.

125 mm
63 mm
31,5 mm
16 mm
8 mm
4 mm
2 mm
1 mm
0,500 mm
0,250 mm
0,125 mm
0,063 mm



Obr. 8.: Normová sada sít.

2.3.4 Zkušební postup

Zkušební navážka se vysuší při teplotě (110 ± 5) °C do ustálené hmotnosti. Nechá se vychladnout, zváží se a zaznamená se hmotnost M_1 . Vysušený materiál se nasype na síta, která jsou sestavena do sloupce, přičemž síto nahoře má největší otvory a postupně dolů jsou síta s menšími otvory. Na horním sítu je víko a pod dolním je dno. Soustavou sít otřásáme strojně nebo ručně. Prosévání je možno ukončit, když zůstatek na sítě se během prosévání po dobu 1 minuty nemění o více než 1,0 %. Po provedení prosévání se zváží zůstatek na každém sítu a označí se R_1, \dots, R_n , přičemž R_1 je hmotnost zůstatku na sítu s největšími otvory, R_n je hmotnost navážky na sítu s nejmenšími otvory. Pokud jemné částice propadly síty na dno, zaznamená se jejich hmotnost jako P.

Všechny hmotnosti se zaznamenají ve zkušebním protokolu. Vypočtou se hmotnosti zůstatků na každém síti jako procento hmotnosti proseté navážky M_2 . Vypočtou se součtová procenta hmotnosti původní navážky, které propadly každým sítem od shora dolů. Hmotnost každé zkušební navážky kameniva se řídí maximálním zrnem zkoušeného kameniva. Navážky kameniva s objemovou hmotností zrn mezi $2,00 \text{ Mg/m}^3$ a $3,00 \text{ Mg/m}^3$ jsou uvedeny v Tabulce 5.

Tabulka 5.: Hmotnost zkušebních navážek pro hutné kamenivo.

Velikost zrna kameniva D (největší) [mm]	Hmotnost zkušební navážky (nejmenší) [kg]
90	80
63	40
32	10
16	2,6
8	0,6
≤ 4	0,2

Hmotnosti zůstatků na každém síti se vypočtou jako procento hmotnosti proseté navážky M_2 dle vztahu:

$$\frac{R_i}{M_2} \cdot 100$$

Součtová procenta zůstatků vypočteme jako součet zůstatku na síti a zůstatků na všech sítích s většími otvory použité prosévací sady:

$$100 - \sum \left(\frac{R_i}{M_2} \cdot 100 \right)$$

2.3.5 Vyhodnocení

Všechna vypočtená procenta zůstatků a propadů se zaokrouhlují na 0,1 %.

2.4 PROTOKOL

2.4.1 Objemová hmotnost

Proveďte zkoušku stanovení objemové hmotnosti kameniva ve válci na připraveném vzorku kameniva. Hodnotu objemové hmotnosti kameniva zaokrouhlete **na 3 platné číslice**.

Zkušební vzorek:	
m_s []	
V []	
V_w []	
Výpočet:	
ρ_v [Mg/m ³]	

2.4.2 Sypná hmotnost a mezerovitost

Proveďte zkoušku stanovení sypné hmotnosti a mezerovitosti kameniva na připraveném vzorku kameniva. Zkoušku nejdříve proveďte na volně sypaném kamenivu a poté na zhutněném kamenivu. Sypné hmotnosti kameniva zaokrouhlete **na 3 platné číslice** a mezerovitosti kameniva zaokrouhlete na **0,1 %**.

Kamenivo volně sypané	
Zkušební vzorek:	
m_1 []	
m_2 []	
V []	
Výpočet:	
ρ_b [Mg/m ³]	
ρ_v [Mg/m ³] (z 2.4.1)	
Výpočet:	
M [%]	

Kamenivo zhutněné	
Zkušební vzorek:	
m_1 []	
m_2 []	
V []	
Výpočet:	
ρ_b [Mg/m ³]	
ρ_v [Mg/m ³] (z 2.4.1)	
Výpočet:	
M [%]	

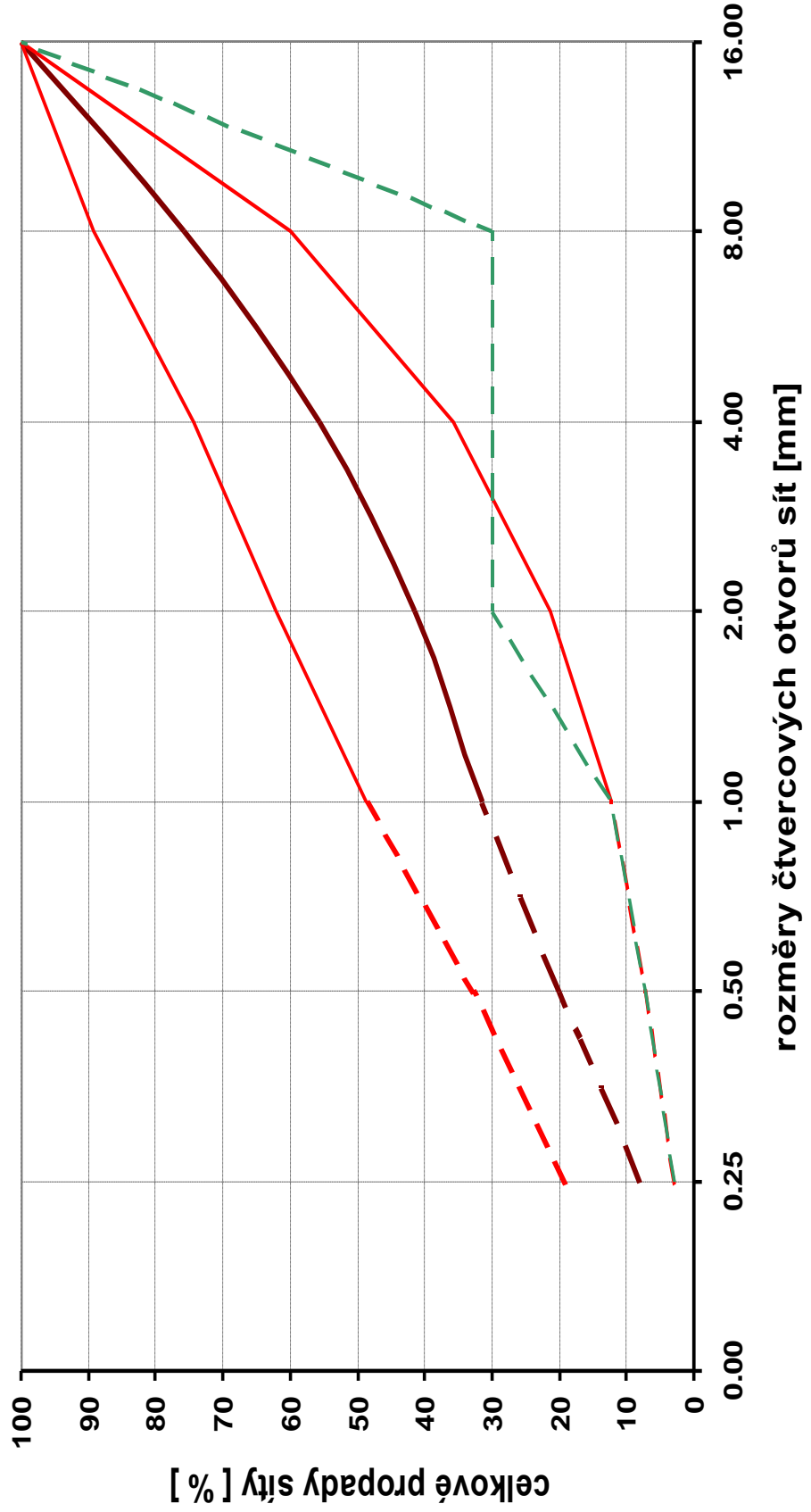
2.4.3 Úkol

Proveďte zkoušku stanovení zrnitosti kameniva na připraveném vzorku kameniva. Naměřené hodnoty včetně výsledků zaznamenejte do tabulky uvedené na další straně. Všechna vypočtená procenta zůstatků a propadů zaokrouhlete pro větší přesnost **na 0,1 %**.

Výsledky měření **zpracujte graficky** do grafu na další straně.

2.4.4 Celkový závěr

Rozměry ok na sítích [mm]	16	8	4	2	1	0,500	0,250	0,125	0,063	Dno	Σ
Hmotnost díličího zbytku R_i [g]											$M_2 =$
Díličí zbytek na síti [%]											
Celkový zbytek na síti [%]											-
Celkový propad sítem [%]											-



3 ZKOUŠENÍ MALT A POJIV

Malty pro zdivo se používají ke vzájemnému spojování stavebních prvků a dílců, pro vyrovnávání styčných ploch – **malty pro zdění** – a k úpravě povrchu stavebních konstrukcí – **malty pro vnitřní a vnější omítky**.

3.1 VÝROBA ČERSTVÉ MALTY ZE SUCHÉ MALTOVÉ SMĚSI

3.1.1 Podstata zkoušky

Čerstvá malta určená ke zkoušení a přípravě zkušebních těles musí mít vhodnou konzistenci. Pokud není uvedeno jinak, připraví se vzorek čerstvé malty s předepsanou hodnotou rozlití dle Tabulky 6.

Tabulka 6.: Předepsaná hodnota rozlití pro malty s různou objemovou hmotností.

Objemová hmotnost čerstvé malty [kg/m ³]	Hodnota rozlití [mm]
> 1200	175 ± 10
> 600 až ≤ 1200	160 ± 10
> 300 až ≤ 600	140 ± 10
≤ 300	120 ± 10

Obsah vody potřebný k dosažení této konzistence se stanovuje pomocí pokusných záměsí.

3.1.2 Měření a stanovené veličiny

m množství suché maltové směsi (hodnotu vám sdělí vyučující) v kg.

v/m poměr vody a maltové směsi pro zdění dle výrobce.

v množství vody v l.

3.1.3 Zkušební zařízení a pomůcky

- Nádoba na suchou maltovou směs.
- Lopatka.
- Váha s váživostí nejméně 5 kg s přesností 1 g.
- Odměrný válec.
- Míchačka specifikovaná podle EN 196-1.

3.1.4 Postup

Výroba čerstvé malty ze suché maltové směsi se provede podle pokynů výrobce malty. Nejsou-li takové pokyny k dispozici, provede se míchání následujícím způsobem: do míchačky se vlije voda a zapne se míchání nízkou rychlostí. Do vody se vsypává suchá maltová směs po dobu 30 s, míchání se pak dokončí stejnou rychlostí v dalších 60 s.

3.2 STANOVENÍ KONZISTENCE ČERSTVÉ MALTY S POUŽITÍM STŘÁSACÍHO STOLKU

3.2.1 Podstata zkoušky

Hodnota rozlití se stanoví změřením průměru rozlitého zkušební vzorku čerstvé malty po předepsaném počtu svislých pádů, při nichž se deska střešacího stolku zvedá a pak volně padá z dané výšky.

3.2.2 Měřené a stanovené veličiny

d_1 , d_2 průměr koláče z čerstvé malty v mm.

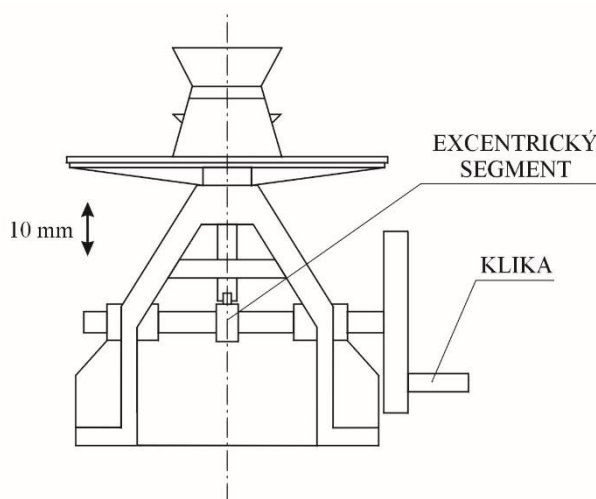
3.2.3 Zkušební zařízení a pomůcky

- Kovový střešací stolek, viz Obr. 9.
- Komolý kovový kužel vysoký 60 mm s vnitřním průměrem 100/70 mm s nástavcem.
- Dusadlo o průměru 40 mm.
- Vhodné měřidlo s přesností 1 mm.
- Lopatka.
- Špachtle.

3.2.4 Postup

Zkušební vzorek čerstvé malty musí mít objem minimálně 1,5 l. Před každou zkouškou se deska střešacího stolku a kovový kužel očistí vlhkou tkaninou. Kovový kužel se umístí do středu desky střešacího stolku a naplní se maltou ve dvou vrstvách. Každá vrstva se rozprostře nejméně 10 lehkými údery dusadla tak, aby byl kužel rovnoměrně naplněn. Po odstranění nástavce a seříznutí přebývající malty se přebytečná malta setře pomocí špachtle a volná plocha desky se pečlivě otre. Asi po 15 s se kovový kužel opatrně zvedne. Ihned poté se malta rozlije pomocí 15 rovnoměrných zdvihů střešacího stolku (do výše 10 mm) po dobu 15 s.

Průměr vzniklého koláče se změří ve dvou navzájem kolmých směrech s přesností 1 mm. Výsledkem zkoušky je průměrná hodnota ze dvou měření. Výsledky těchto měření se nesmí lišit o více než 10 %, jinak se musí zkouška opakovat. Výsledek se zaokrouhlí na **nejbližších 10 mm**.



Obr. 9.: Střešací stolek pro stanovení konzistence čerstvé malty dle ČSN EN 1015-3.

3.3 STANOVENÍ OBJEMOVÉ HMOTNOSTI ČERSTVÉ MALTY

3.3.1 Podstata zkoušky

Objemová hmotnost čerstvé malty se stanoví jako poměr její hmotnosti a objemu, který zaujímá, je-li vnesena nebo vnesena a zhuťněna předepsaným způsobem do měřicí nádoby daného objemu.

3.3.2 Zkušební zařízení a pomůcky

- Měřicí nádoba válcového tvaru z korozivzdorného kovu. Objem měřicí nádoby je 1 l.
- Lopatka.
- Špachtle.
- Vibrační stolek.
- Váha s váživostí nejméně 5 kg s přesností 1 g.

3.3.3 Postup

Zkušební vzorek musí mít objem minimálně 3 l nebo 1,5násobek množství malty potřebného ke zkoušce – používá se vždy vzorek, který je větší. Stanoví se hmotnost m_1 měřicí nádoby s přesností na 1 g. Způsob plnění nádoby čerstvou maltou se stanoví podle Tabulky 7. v závislosti na její konzistenci, pokud není výrobcem předepsáno jinak.

Tabulka 7.: Postupy pro stanovení objemové hmotnosti malt.

Konzistence při použití	Hodnota rozlité [mm]	Postup
Hustá malta	< 140 mm	Plnění a hutnění vibrační metodou
Plastická malta	140 mm až 200 mm	Plnění a hutnění rázovou metodou
Řídká malta	> 200 mm	Plnicí metoda

Plnění a hutnění vibrační metodou

Měřicí nádoba se naplní maltou pomocí lopatky, až malta přesáhne okraje. Měřicí nádoba se umístí na vibrační stolek a vibruje se tak dlouho, až nedochází k dalšímu sesedávání malty. Během vibrování se přidává další malta tak, aby přesahovala nádobu. Pomocí špachtle se přebytečná malta setře a povrch malty se urovná s horním okrajem měřicí nádoby. Nádoba se očistí vlhkou tkaninou.

Plnění a hutnění rázovou metodou

Měřicí nádoba se naplní asi do poloviny její výšky maltou pomocí lopatky. Hutní se 10 rázy z výšky cca 30 mm na pevnou tuhou podložku. Poté se naplní další maltou až po okraj a hutní se stejným způsobem. Postupně se přidává další malta, až přesáhne okraj nádoby. Pomocí špachtle se přebytečná malta setře a povrch malty se urovná s horním okrajem měřicí nádoby. Nádoba se očistí vlhkou tkaninou.

Plnicí metoda

Měřicí nádoba se pomocí lopatky plní maltou tak, aby malta stékala od středu nádoby k jejím stěnám. Malta se přidává, až přesáhne okraj nádoby. Pomocí špachtle se přebytečná malta setře a povrch malty se urovná s horním okrajem měřicí nádoby. Nádoba se očistí vlhkou tkaninou. Poté se stanoví se celková hmotnost m_2 měřicí nádoby naplněné maltou s přesností na 1 g.

3.3.4 Měřené a stanovené veličiny

- m_1 hmotnost prázdné měřicí nádoby v kg.
 m_2 hmotnost měřicí nádoby naplněné maltou v kg.
 V_v objem měřicí nádoby v m^3 .

3.3.5 Vyhodnocení

Objemová hmotnost čerstvé malty se vypočítá v kg/m^3 :

$$\rho_m = \frac{m_2 - m_1}{V_v}$$

Objemová hmotnost se vypočítá jako průměrná hodnota ze dvou měření (ve cvičení ale budeme provádět jen jedno měření) a zaokrouhlí se na **10 kg/m^3** . Výsledky těchto dvou měření se nesmí lišit o více než 10 %, jinak se musí zkouška opakovat.

3.4 STANOVENÍ DOB TUHNUTÍ CEMENTOVÉ KAŠE

3.4.1 Podstata zkoušky

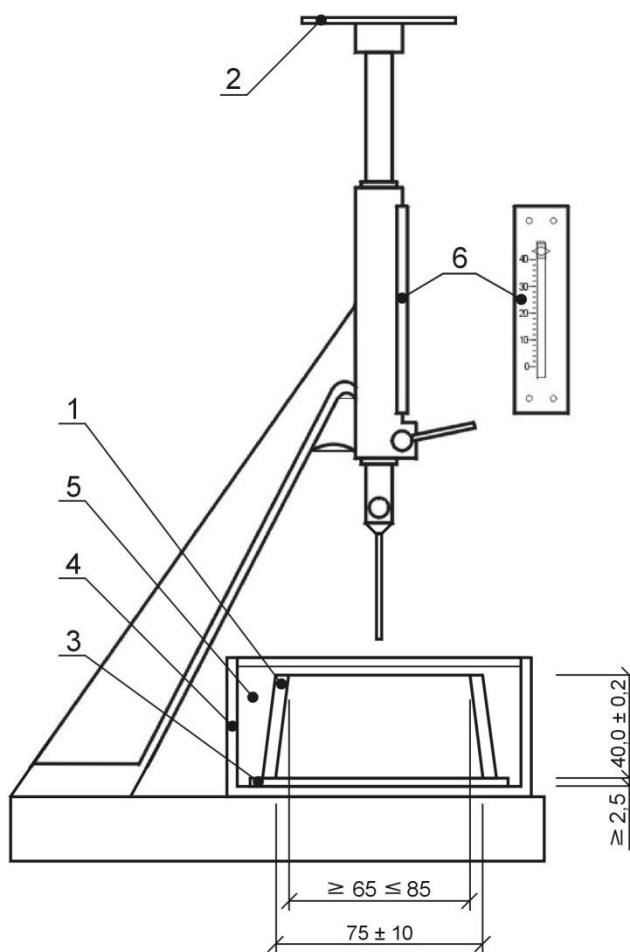
Tuhnutí se sleduje pomocí hloubky vnikání jehly do cementové kaše normální konzistence. Za dobu tuhnutí je považován časový úsek, po němž jehla vnikne do stanovené hloubky cementové kaše normální konzistence.

3.4.2 Měření a stanovené veličiny

Vzdálenost mezi jehlou a podložní destičkou v mm.

3.4.3 Zkušební zařízení a pomůcky

- Automatický nebo ruční Vicatův přístroj, viz Obr. 10.
- Jehla pro stanovení počátku tuhnutí o průměru $(1,13 \pm 0,05)$ mm, účinné délce minimálně 45 mm a celkové hmotnosti pohyblivé části (300 ± 1) g.
- Jehla pro stanovení konce tuhnutí s nástavcem o průměru 5 mm umožňující pozorovat malé vpichy o celkové hmotnosti pohyblivé části (300 ± 1) g.
- Vicatův prstenec (Obr. 10.) z tvrzené pryže, plastů nebo mosazi, do něhož se ukládá cementová kaše. Prstenec tvaru komolého kužele nebo válce musí mít výšku $(40,0 \pm 0,2)$ mm a vnitřní průměr (75 ± 10) mm.
- Podložní destička z nepropustného odolného materiálu, jejíž tloušťka musí být nejméně 2,5 mm a musí být větší než prstenec.
- Nádobka pro ponoření naplněných prstenců do vody.
- Prostředí s kontrolovanou teplotou (20 ± 1) °C.
- Váha s přesností vážení ± 1 g.



Obr. 10.: Vicatův přístroj s ručním ovládním.

- 1 – Prstenec,
- 2 – Ploška pro přídavné závaží,
- 3 – Podložní destička,
- 4 – Nádobka na vodu,
- 5 – Voda,
- 6 – Měřítka.

- Nádobka na vážení cementu.
- Plechová lopatka.
- Odměrný válec s přesností odměřování ± 1 ml.
- Míchačka podle ČSN EN 196-1.
- Stěrka z pryže nebo jiné hmoty nereagující s cementem.
- Stopky.

3.4.4 Postup

Ke zkoušce se používá Vicatův přístroj s ručním ovládáním s jehlou, resp. jehlou s nástavcem, lze však také použít automatický přístroj, u něhož je jehla použita pro stanovení počátku i konce tuhnutí.

Stanovení počátku tuhnutí

Ruční Vicatův přístroj osazený jehlou se nastaví do nulové polohy. Za tím účelem se jehla spustí na podložní destičku a pohyblivá stupnice se posune do takové polohy, aby ukazatel (ryška na tyčce) splýval s hodnotou 0 na stupnici. Nato se jehla zvedne do horní výchozí polohy.

Vicatův prstenec uložený na podložní destičku se naplní kaší normální konzistence. Naplněný prstenec se umístí do nádoby a doplní se do něj voda tak, aby povrch kaše byl nejméně 5 mm pod hladinou. Takto připravený vzorek se vloží do prostředí s kontrolovanou teplotou (20 ± 1) °C.

Po vhodné době se nádobka s podložní destičkou a prstencem postaví pod jehlu Vicatova přístroje. Jehla se posune dolů tak, aby byla ve styku s povrchem cementové kaše – takto se nechá 1 až 2 s. Nato se rychle uvolní pohyblivá část a jehla se nechá vnikat svisle do středu cementové kaše. Na stupnici se odečte hloubka vniknutí jehly po ustálení polohy, nejpozději však po 30 s. Po každé zkoušce se jehla ihned očistí.

Vpichy jehly se opakují na stejné cementové kaši v prstenci v různých místech, nejméně však 8 mm od okraje prstence, 10 mm od předchozího vpichu a 5 mm od ostatních vpichů ve vhodných časových intervalech. Mezi vpichy se vzorek se vloží do prostředí s kontrolovanou teplotou (20 ± 1) °C. Prstenec s kaší se uchová pro případné stanovení konce tuhnutí.

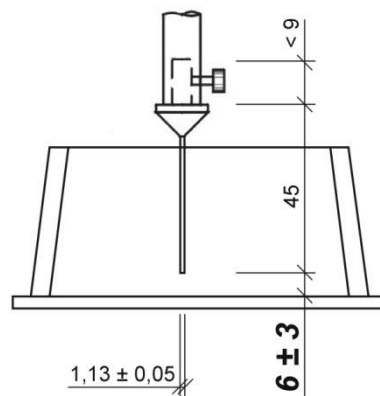
Doba, která uplyne od „nulového času“ do doby, kdy je poprvé vzdálenost mezi jehlou a podložní destičkou (6 ± 3) mm, je **počátkem tuhnutí cementu** (Obr. 11.) a určuje se s přesností 1 minuty.

Stanovení konce tuhnutí

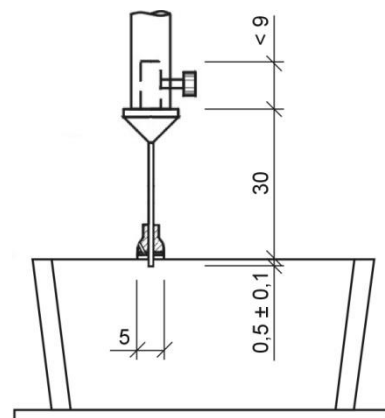
Ruční Vicatův přístroj se osadí jehlou s nástavcem umožňujícím pozorovat malé vpichy.

Vicatův prstenec použitý v předchozím bodě se na podložní destičce obrátí hladkou stranou nahoru, ponoří do nádoby s vodou a uloží do prostředí s kontrolovanou teplotou (20 ± 1) °C.

Po vhodné době se nádobka s podložní destičkou a prstencem postaví pod jehlu Vicatova přístroje. Jehla se posune dolů, tak aby byla ve styku s povrchem cementové kaše, takto se nechá 1 až 2 s. Nato se rychle uvolní pohyblivá část a jehla se nechá vnikat svisle do středu cementové kaše. Na stupnici se odečte



Obr. 11.: Jehla pro stanovení počátku tuhnutí cementové kaše.



Obr. 12.: Jehla s nástavcem pro stanovení konce tuhnutí cementové kaše.

hloubka vniknutí jehly po ustálení polohy, nejpozději však po 30 s. Po každé zkoušce se jehla ihned očistí.

Vpichy jehly se opakují na stejné cementové kaši v prstenci v různých místech, nejméně však 8 mm od okraje prstence, 10 mm od předchozího vpichu a 5 mm od ostatních vpichů ve vhodných časových intervalech. Mezi vpichy se vzorek se vloží do prostředí s kontrolovanou teplotou $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$. Prstenec s kaší se uchová pro případné stanovení konce tuhnutí.

Koncem tuhnutí je doba, která uplyne od „nulového času“ do doby, kdy jehla poprvé vnikla jen **0,5 mm pod povrch** cementové kaše, resp. do doby, kdy kruhový nástavec jehly poprvé nezanechal kružnicový obrys na povrchu tvrdnoucí cementové kaše (Obr. 12.). Potvrzení konce tuhnutí musí být provedeno vpichy na dalších dvou místech.

3.5 STANOVENÍ OBJEMOVÉ HMOTNOSTI ZATVRDLÉ MALTY

3.5.1 Podstata zkoušky

Objemová hmotnost daného zkušební tělesa ze suché zatvrdlé malty se stanoví jako poměr jeho hmotnosti a objemu. Zkušební tělesa z malt pro zdivo a malt pro vnitřní a vnější omítky se zkoušejí ve vysušeném stavu, zkušební tělesa z cementové malty (pro zkoušky pevnosti cementu) nasáklá vodou.

3.5.2 Měřené a stanovené veličiny

m	hmotnost zkušební tělesa ze zatvrdlé malty v kg.
b, h, c	rozměry zkušební tělesa ze zatvrdlé malty v mm.
V	objem zkušební tělesa ze zatvrdlé malty v m^3 .

3.5.3 Zkušební zařízení a pomůcky

- Odvětrávaná sušárna.
- Mokrá tkanina.
- Váha s přesností alespoň 0,1 g.
- Posuvné měřítko.

3.5.4 Postup

Zkušební tělesa z malt pro zdivo a malt pro vnitřní a vnější omítky se vysuší v sušárně při teplotě $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$ do ustálené hmotnosti. Zkušební tělesa z cementové malty se vyjmou z vody 15 minut před provedením zkoušky a přikryjí se mokrou tkaninou.

Hmotnost zkušebních těles m se zaznamená s přesností alespoň 0,1 g. Změří se rozměry zkušebních těles (b – šířka, h – výška, c – délka). Objemová hmotnost ρ v kg/m^3 každého zkušební tělesa se vypočítá jako poměr zaznamenané hmotnosti m k objemu V. Pro každou maltu se spočítá průměrná hodnota objemové hmotnosti, která se zaokrouhlí na **10 kg/m^3** (výsledky jednotlivých zkušebních těles se zaokrouhlí na $1 \text{ kg}/\text{m}^3$).

3.6 STANOVENÍ PEVNOSTI ZATVRDLÉ MALTY V TAHU ZA OHYBU

3.6.1 Podstata zkoušky

Pevnost v tahu za ohybu se stanovuje tříbodovým zatěžováním do porušení zkušebních trámečků ze zatvrdlé malty. Zkušební tělesa z malt pro zdivo a malt pro vnitřní a vnější omítky se zkoušejí

ve vysušeném stavu, zkušební tělesa z cementové malty (pro zkoušky pevnosti cementu) nasáklá vodou.

3.6.2 Měření a stanovené veličiny

- F_f maximální zatížení na zkušební těleso v N.
 l = 100 mm; vzdálenost mezi osami podpěrných válců v mm.
 b šířka zkušební tělesa v mm.
 h výška zkušební tělesa v mm.

3.6.3 Zkušební zařízení a pomůcky

- Zkušební lis s rozsahem do 10 kN.
- Zatěžovací přípravek sestávající ze dvou válcových podpěr vzdálených od sebe 100 mm a jednoho zatěžovacího válce (Obr. 10.).
- Odvětrávaná sušárna.
- Mokrý tkanina.
- Posuvné měřítko.

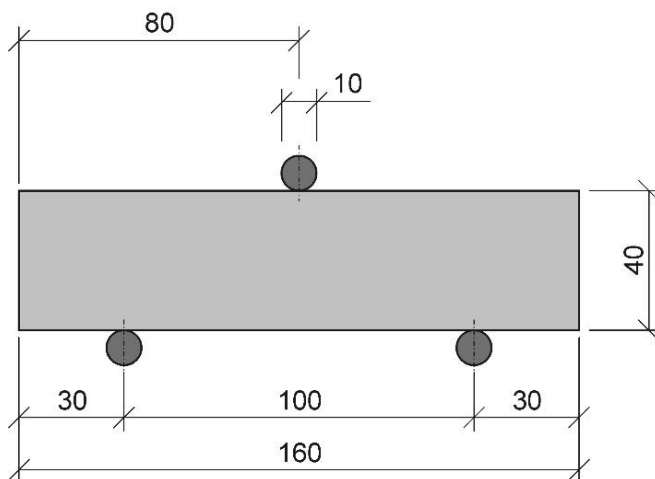
3.6.4 Postup

Zkušební tělesa z malt pro zdivo a malt pro vnitřní a vnější omítky se vysuší v sušárně při teplotě $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ do ustálené hmotnosti. Zkušební tělesa z cementové malty se vyjmou z vody 15 minut před provedením zkoušky a přikryjí se mokrou tkaninou.

Zkušební těleso se uloží na válcové podpěry zkušební stroje na jednu z bočních ploch tak, že jeho podélná osa je k válcovým podpěrám kolmá. Zatížení se zvyšuje rovnoměrnou rychlostí (50 ± 10) N/s až do zlomení. Pevnost v tahu za ohybu R_f v N/mm^2 se spočítá jako mezní hodnota napětí v tahu za ohybu podle vzorce:

$$R_f = \frac{M}{W} = \frac{\frac{F_f \cdot l}{4}}{\frac{b \cdot h^2}{6}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{F_f \cdot l}{b \cdot h^2}$$

Výsledkem zkoušky je aritmetický průměr ze tří pevností v tahu za ohybu, zaokrouhlený na **0,1 N/mm²**.



Obr. 13.: Uspořádání zkoušky pevnosti v tahu za ohybu.

3.7 STANOVENÍ PEVNOSTI ZATVRDLÉ MALTY V TLAKU

3.7.1 Podstata zkoušky

Pevnost malty v tlaku se zjišťuje na dvou částech trámečku po zkoušce pevnosti v tahu za ohybu. Nepožaduje-li se pevnost v tahu za ohybu, mohou být části pro stanovení pevnosti v tlaku připraveny z trámečků jakýmkoliv způsobem tak, aby nebyly poškozeny.

Zkušební tělesa z malt pro zdivo a malt pro vnitřní a vnější omítky se zkoušejí ve vysušeném stavu, zkušební tělesa z cementové malty (pro zkoušky pevnosti cementu) nasáklá vodou.

3.7.2 Měřené a stanovené veličiny

F_c nejvyšší zatížení při porušení v N.

$A = 1600 \text{ mm}^2$ plocha tlačných destiček v mm^2 .

3.7.3 Zkušební zařízení a pomůcky

- Zkušební lis o vhodném pracovním rozsahu.
- Přípravek pro zkoušení pevnosti v tlaku.
- Odvětrávaná sušárna.
- Mokrý tkanina.
- Posuvné měřítko.

3.7.4 Postup

Poloviny trámečků se vloží bočními plochami (kolmo na směr hutnění) mezi ocelové destičky, které přesně vymezují velikost tlačné plochy nepravidelného zlomku.

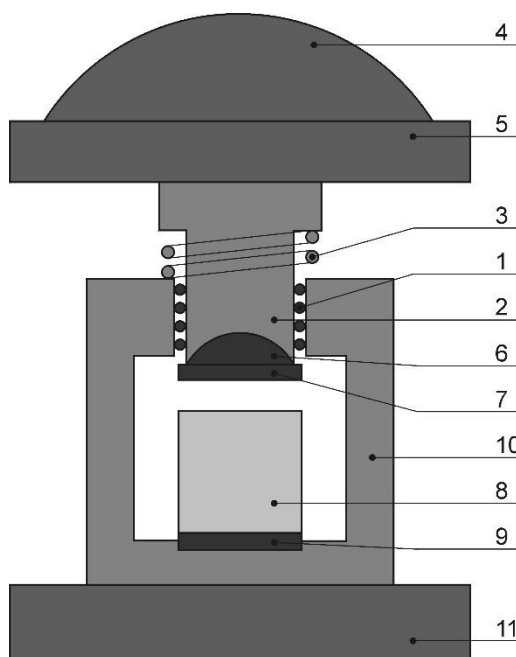
Podle ČSN EN 196-1 jsou rozměry destiček z tvrzené oceli $40 \times 40 \text{ mm}$ a tloušťka minimálně 10 mm . Vzájemná poloha horní a dolní destičky musí být během zkoušky stálá, výslednice zatížení musí procházet středem zkušební tělesa. Pro splnění parametrů předepsaných normou se může ke zkoušce použít speciální přípravek s kulovým uložením horní tlačné destičky. Schéma uspořádání zkoušky v tlaku podle ČSN EN 196-1 je znázorněno na obrázku (Obr. 14.).

Zatížení se zvyšuje plynule do porušení zkušební tělesa. Zkušební stroj musí mít možnost nastavení na vhodný pracovní rozsah, rychlost zatěžování by měla ležet v rozmezí $(2400 \pm 200) \text{ N/s}$.

Pevnost v tlaku R_c v N/mm^2 se vypočte podle vzorce:

$$R_c = \frac{F_c}{A}$$

Výsledkem zkoušky je aritmetický průměr šesti hodnot pevnosti v tlaku, které jsou stanoveny na zlomcích původně 3 ks zkušebních těles, zaokrouhlený na **0,1 N/mm²**. Odlišuje-li se jeden



Obr. 14.: Uspořádání zkoušky pevnosti v tlaku.
1 - kuličková ložiska, 2 - pohyblivá část, 3 - vratná pružina, 4 - kulové uložení tlačné desky, 5 - horní tlačná deska zkušebního stroje, 6 - kulové uložení tlačné destičky přípravku, 7 - horní tlačná deska přípravku, 8 - zkušební těleso, 9 - dolní tlačná deska přípravku, 10 - přípravek, 11 - spodní deska zkušebního stroje.

výsledek ze šesti o víc než $\pm 10\%$ od jejich průměrné hodnoty, vyřadí se a aritmetický průměr se spočítá ze zbývajících pěti výsledků.

Odlišuje-li se jeden výsledek z pěti zbývajících o víc než $\pm 10\%$ od jejich průměrné hodnoty, celá zkoušená sada trámečků se vyřadí a zkouška se opakuje.

Ve cvičení budeme zkoušku provádět pouze na zlomcích jednoho zkušebního trámečku, tedy na dvou vzorcích – nebudeme tedy řešit, o kolik % se jednotlivé výsledky liší od svého průměru.

3.8 PROTOKOL

3.8.1 Výroba čerstvé malty

Ze suché maltové směsi namíchejte vzorky čerstvé malty.

Název suché maltové směsi:		
Druh malty:		
m = kg	v/m =	v = l

3.8.2 Konzistence čerstvé malty

Proveďte stanovení konzistence čerstvé malty (viz Tabulka 7.) pro vzorek z předchozí úlohy. Zkoušku proveďte pouze jednou.

Název suché maltové směsi:		
Druh malty:		
d ₁ = mm	d ₂ = mm	φd = mm
Výsledná konzistence malty:		

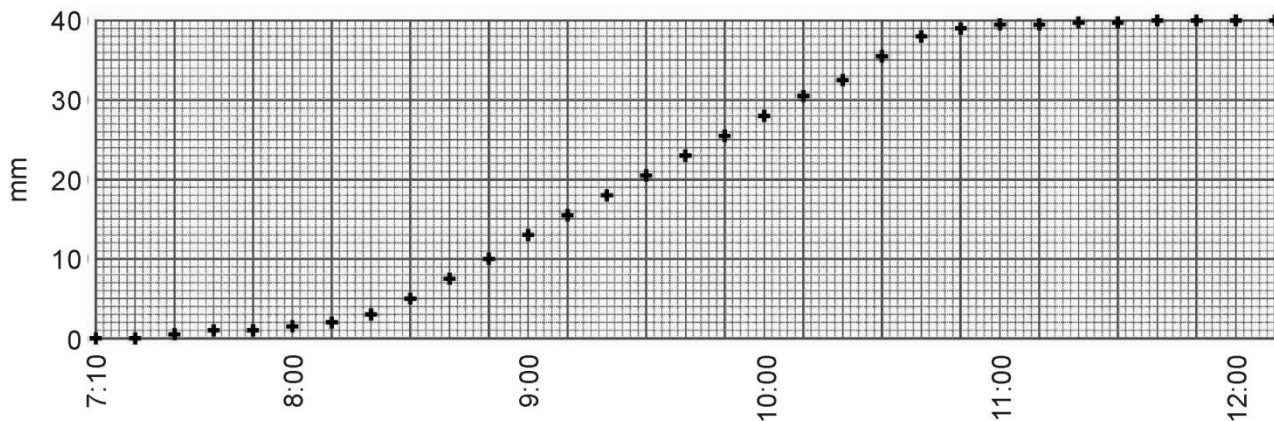
3.8.3 Úkol

Proveďte stanovení objemové hmotnosti čerstvé malty pro vzorek z předchozí úlohy. Výslednou objemovou hmotnost zaokrouhlete na **10 kg/m³**.

Název suché maltové směsi:		
Druh malty:		
V _v	[]	
m ₁	[]	
m ₂	[]	
Výpočet:		
ρ _m	[kg/m ³]	

3.8.4 Počátek a konec doby tuhnutí cementu

Z časových důvodů nelze celá zkouška provést ve cvičeních, proto si zkoušku vyhodnoťte z následujícího zápisu:



Vzorek: CEM I 42,5 R	Reálný čas	DOBA [min.]
„nulový čas“		0
vzdálenost mezi jehlou a podložní destičkou je poprvé (6 ± 3) mm		
jehla poprvé vnikla jen 0,5 mm pod povrch		
Vyhodnocení:		

Výsledek porovnejte s požadavky dle ČSN EN 197-1 Cement – Část 1: Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití:

Tabulka 8.: Počátek tuhnutí dle ČSN EN 197-1.

Vlastnost	Mezní hodnoty jednotlivých výsledků					
	Pevnostní třídy					
	32,5 N	32,5 R	42,5 N	42,5 R	52,5 N	52,5 R
Počátek tuhnutí v minutách	≥ 75		≥ 60		≥ 45	

3.8.5 Objemová hmotnost ztvrdlých malt a pojiv

Stanovte objemovou hmotnost u všech dodaných zkušebních těles ze zatvrdlých malt. Výslednou objemovou hmotnost zaokrouhlete na **10 kg/m³**.

Označení vzorku malty	b []	h []	L []	m []	ρ [kg/m ³]

3.8.6 Pevnost v tahu za ohybu ztvrdlých malt a pojiv

Stanovte pevnost zatvrdlé malty v tahu za ohybu u všech nachystaných zkušebních těles. Výsledek zaokrouhlete na **0,1 N/mm²**.

Označení vzorku	b []	h []	l [mm]	F _f []	R _f [N/mm ²]
			100		
			100		
			100		

3.8.7 Pevnost v tlaku ztvrdlých malt a pojiv

Stanovte pevnost zatvrdlé malty v tlaku na všech částech trámečků po zkoušce pevnosti v tahu za ohybu. Výsledek zaokrouhlete na **0,1 N/mm²**.

Výsledky porovnejte s Tabulkami 9 až 11.

Označení vzorku	F _c []	R _c [N/mm ²]
Průměrná pevnost v tlaku:		
Průměrná pevnost v tlaku:		
Průměrná pevnost v tlaku:		

Tabulka 9.: Požadavky dle ČSN EN 998-1 Specifikace malt pro zdivo - Část 1: **Malty pro vnitřní a vnější omítky.**

Kategorie	CS I	CS II	CS III	CS IV
Pevnost v tlaku v N/mm ² po 28 dnech	≥ 0,4	≥ 1,5	≥ 3,5	≥ 6,0
	≤ 2,5	≤ 5,0	≤ 7,5	---

4 ZKOUŠENÍ ZTVRDLÉHO BETONU A CIHLÁŘSKÝCH VÝROBKŮ

4.1 STANOVENÍ OBJEMOVÉ HMOTNOSTI RŮZNÝCH DRUHŮ BETONU

4.1.1 Podstata zkoušky

Objemová hmotnost se určí jako poměr hmotnosti daného množství ztvrdlého betonu k jeho objemu.

4.1.2 Zkušební zařízení a pomůcky

- Posuvné měřítko.
- Váha s přesností alespoň 1 g.

4.1.3 Měření a stanovené veličiny

b, h, l šířka, výška a délka zkušební tělesa v m s přesností na alespoň 0,1 mm.
m hmotnost vzorku s přirozenou vlhkostí v kg s přesností na alespoň 0,1 g.
V = $b \times h \times l$, objem dodaného vzorku v m^3 .

4.1.4 Zkušební postup

Objemová hmotnost betonu se zjišťuje ve stavu vysušeném, nasyceném vodou nebo přirozeně vlhkém. Objem vzorku se v případě nepravidelného tvaru určí hydrostatickým vážením. Je-li vzorek dostatečně velký a pravidelný, může se objem vypočítat přímo z rozměrů.

Objemovou hmotnost ρ v kg/m^3 daného vzorku s přirozenou vlhkostí vypočtete ze vztahu:

$$D = \frac{m}{V}$$

4.1.5 Vyhodnocení

Výsledek objemové hmotnosti se zaokrouhlí na **3 platné číslice**. Beton lze na základě objemové hmotnosti rozřadit na:

- pórobeton – objemová hmotnost do $800 kg/m^3$,
- lehký beton – objemová hmotnost od 800 do $2000 kg/m^3$,
- obyčejný beton – objemová hmotnost od 2000 do $2600 kg/m^3$,
- těžký beton – objemová hmotnost nad $2600 kg/m^3$.

4.2 STANOVENÍ PEVNOSTI BETONU V TLAKU

4.2.1 Podstata zkoušky

Zkušební tělesa jsou zatěžována až do porušení v lisu. Pevnost v tlaku se vypočte z maximálního zatížení při rozdrčení tělesa.

4.2.2 Zkušební zařízení a pomůcky

- Kalibrovaný zkušební lis.
- Posuvné měřítko.

4.2.3 Měření a stanovené veličiny

F maximální zatížení při porušení v N.

A = $d_1 \times d_2$, průřezová plocha zkušební tělesa vypočtená z rozměrů tělesa v mm^2 .

4.2.4 Zkušební postup

Zkouška bude provedena na krychli s jmenovitým rozměrem 150 mm. Krychle se osadí tak, aby směr zatěžování byl kolmý na směr ukládání betonu. Zatížení na zkušební těleso se vyvíjí plynule do porušení a zaznamená se maximální zatížení na zkušební těleso F.

Pevnost v tlaku f_c v N/mm^2 je dána následujícím vztahem:

$$f_c = \frac{F}{A}$$

4.2.5 Vyhodnocení

Výsledek zkoušky se zaokrouhlí na nejbližších **0,1 N/mm²**.

4.3 STANOVENÍ PEVNOSTI BETONU V TAHU OHYBEM

4.3.1 Podstata zkoušky

Hranolové zkušební těleso je vystaveno ohybovému momentu od zatížení přenášeného prostřednictvím dvou zatěžovacích válečků (tzv. čtyřbodový ohyb).

4.3.2 Zkušební zařízení a pomůcky

- Kalibrovaný zkušební lis.
- Přípravek se dvěma zatěžovacími válečky.
- Posuvné měřítko.

4.3.3 Měření a stanovené veličiny

F maximální zatížení v N.

l = 300 vzdálenost mezi podpěrnými válečky v mm.

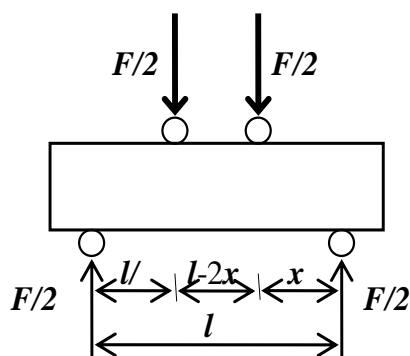
d_1, d_2 rozměry příčného řezu tělesa v mm.

4.3.4 Zkušební postup

Zkouška bude provedena na hranolovitém tělese, jehož příčné rozměry d_1 (šířka) a d_2 (výška) se změří s přesností na alespoň 0,1 mm. Těleso se vloží centricky do lisu, směr zatěžování musí být kolmý k ploše uhlazené hladítkem. Zatížení se vyvíjí plynule do porušení a zaznamená se maximální zatížení na zkušební těleso F.

Pevnost v tahu ohybem f_{cf} v N/mm^2 je dána následujícím vztahem:

$$f_{cf} = \frac{F \cdot l}{d_1 \cdot d_2^2}$$



Obr. 15.: Schéma zkoušky stanovení pevnosti betonu v tahu ohybem.

4.3.5 Vyhodnocení

Pevnost v tahu ohybem se zaokrouhlí na nejbližších **0,1 N/mm²**.

4.4 ZKOUŠENÍ CIHLÁŘSKÝCH VÝROBKŮ

Cihelné prvky se dělí na tzv. prvky LD (pro použití v chráněném zdivu, tj. zdivo vnitřních stěn, nebo vnější chráněné omítkou či obkladem) a prvky HD (nechráněné zdivo). Na zařazení prvku do jedné z těchto kategorií závisí požadované zkoušky a počty zkušebních vzorků.

Vzorky se zpravidla zkouší v příslušném definovaném stavu vlhkosti buď vysušené do ustálené hmotnosti, anebo ve stavu nasyceném vodou, eventuálně za přirozené vlhkosti 6 %.

4.5 STANOVENÍ SKUTEČNÝCH ROZMĚRŮ CIHLÁŘSKÉHO VÝROBKU

4.5.1 Podstata zkoušky

Podstatou zkoušky je určit skutečné rozměry cihly a porovnáním se jmenovitými rozměry ji zařadit do příslušné kvalitativní kategorie.

4.5.2 Zkušební zařízení a pomůcky

- Posuvné měřítko.

4.5.3 Měřené a stanovené veličiny

l_u délka měřeného vzorku s přesností na 0,5 mm.

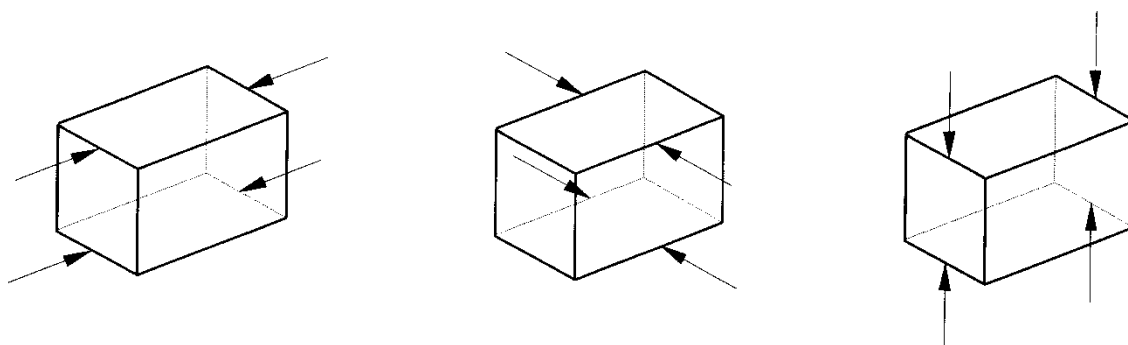
b_u šířka měřeného vzorku s přesností na 0,1 mm.

h_u výška měřeného vzorku s přesností na 0,1 mm.

4.5.4 Zkušební postup

Před měřením skutečných rozměrů je nutné hrany a případně plochy zkušebních vzorků zbavit větších výčnělků pocházejících z výrobního procesu, které by mohly překážet měření. Základní rozměry (délku l_u , šířku b_u , tloušťku h_u) měříme posuvným měřítkem dle obrázku (Obr. 16.).

Ze 2 naměřených hodnot pro každý rozměr vypočteme aritmetický průměr, který se udává s přesností ± 1 mm.



Obr. 16.: Místa měření rozměrů (dle ČSN EN772-16).

4.5.5 Vyhodnocení

Výrobce musí deklarovat rozměry páleného zdícího prvku v tomto pořadí: délka, šířka a výška. Jako deklarované rozměry se uvádí jmenovité rozměry. Výrobce musí rovněž deklarovat, které kategorii tolerancí vyráběné zdící prvky vyhovují.

4.6 STANOVENÍ OBJEMOVÉ HMOTNOSTI CIHLÁŘSKÉHO VÝROBKU

4.6.1 Podstata zkoušky

Objemová hmotnost zdícího prvku (výrobku) je hmotnost jednotkového objemu vzorku **včetně pórů a dutin** v něm obsažených. Hmotnost vzorku se určuje v suchém stavu.

4.6.2 Zkušební zařízení a pomůcky

- Váhy potřebné váživosti s přesností 0,1 g.
- Sušička umožňující regulování teploty v rozmezí (105 ± 5) °C.
- Posuvné měřítko.

4.6.3 Měřené a stanovené veličiny

m	hmotnost výrobku ve stavu vysušeném v kg.
l_u, b_u, h_u	průměrné rozměry výrobku v m.
V	= $l_u \times b_u \times h_u$, průměrný objem výrobku v m ³ .
ρ_v	objemová hmotnost výrobku v kg/m ³ .

4.6.4 Zkušební postup

U vzorků pravidelného geometrického tvaru je možno objem vypočítat z průměrných hodnot vnějších rozměrů určených ze sady 10 kusů vzorků.

Vzorek se vysuší při teplotě 105 °C do ustálení hmotnosti. Vysušený vzorek se poté zváží a z naměřených rozměrů se vypočte průměrný objem V v m³.

Objemová hmotnost výrobku ρ_v v kg/m³ se vypočítá ze vzorce:

$$\rho_v = \frac{m}{V}$$

4.6.5 Vyhodnocení

Objemová hmotnost výrobku se zaokrouhlí na **3 platné číslice**.

4.7 STANOVENÍ PEVNOSTI V TAHU ZA OHYBU

4.7.1 Podstata zkoušky

Cílem zkoušky je zjistit tahové napětí vyvolané ohybovým momentem při porušení vzorku. Cihly se zatěžují jedním břemenem v polovině rozpětí.

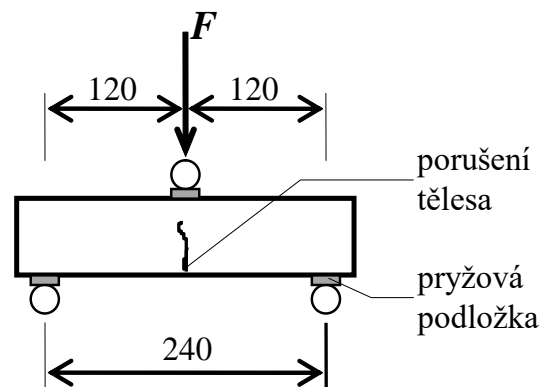
4.7.2 Zkušební zařízení a pomůcky

- Pomůcky pro úpravu zkušební vzorku.
- Hydraulický lis potřebného rozsahu se zatěžovacím přípravkem.

- Pryžové podložky.
- Posuvné měřítko.

4.7.3 Měřené a stanovené veličiny

F síla potřebná k porušení vzorku v N.
 l = 240 mm; osová vzdálenost podpěr.
 b_u šířka vzorku v mm.
 h_u výška vzorku v místě zlomu v mm.
 σ_{po} pevnost v tahu za ohybu v N/mm².



4.7.4 Zkušební postup

Jestliže se zjišťuje na vzorku cihly pevnost v tahu za ohybu a má se určit i pevnost v tlaku, může se pro obě zkoušky použít týž vzorek v případě, že předešlou zkouškou vznikla pravidelná a přibližně kolmá lomová plocha a obě části vzorku nejsou jinak poškozené. Před každou zkouškou se změří potřebné rozměry s přesností ± 1 mm. Dále je nutno upravit tlačné plochy vzorků, které musí být rovinné a vzájemně rovnoběžné. Provede se to obroušením na brusce, anebo vytvořením tenké, maximálně 10 mm silné vyrovnávací vrstvy z cementové malty. U vzorků podrobených ohybovým zkouškám se obdobně vyrovnají jen stykové plochy s měřicím přípravkem vytvořením pásků 15 až 25 mm širokých a 10 mm silných. Zkušební vzorek se umístí upravenými stykovými plochami na dvě výkyvné válečkové podpěry. Jejich délka je nejméně rovna šířce vzorku a jejich průměr je 10 mm. Zatížení se přenáší na horní stykovou plochu vzorku uprostřed rozpětí tlačným válečkem. K dokonalému přilehnutí podpěr i tlačného válečku se vkládá mezi vzorek a podpěry 5 mm tlustá pryžová vložka (Obr. 17.). Takto opatřený vzorek se poté zatěžuje plynule až do jeho zlomení. Zaznamenaná se dosažená maximální zatížení F v N, v místě lomu se změří šířka b_u a výška h_u v mm s přesností ± 1 mm. Pevnost v tahu za ohybu σ_{po} v N/mm² se vypočte podle vzorce:

Obr. 17.: Zkouška pevnosti v tahu za ohybu cihel o rozměrech 290×140×65 mm.

Jestliže se zjišťuje na vzorku cihly pevnost v tahu za ohybu a má se určit i pevnost v tlaku, může se pro obě zkoušky použít týž vzorek v případě, že předešlou zkouškou vznikla pravidelná a přibližně kolmá lomová plocha a obě části vzorku nejsou jinak poškozené. Před každou zkouškou se změří potřebné rozměry s přesností ± 1 mm. Dále je nutno upravit tlačné plochy vzorků, které musí být rovinné a vzájemně rovnoběžné. Provede se to obroušením na brusce, anebo vytvořením tenké, maximálně 10 mm silné vyrovnávací vrstvy z cementové malty. U vzorků podrobených ohybovým zkouškám se obdobně vyrovnají jen stykové plochy s měřicím přípravkem vytvořením pásků 15 až 25 mm širokých a 10 mm silných. Zkušební vzorek se umístí upravenými stykovými plochami na dvě výkyvné válečkové podpěry. Jejich délka je nejméně rovna šířce vzorku a jejich průměr je 10 mm. Zatížení se přenáší na horní stykovou plochu vzorku uprostřed rozpětí tlačným válečkem. K dokonalému přilehnutí podpěr i tlačného válečku se vkládá mezi vzorek a podpěry 5 mm tlustá pryžová vložka (Obr. 17.). Takto opatřený vzorek se poté zatěžuje plynule až do jeho zlomení. Zaznamenaná se dosažená maximální zatížení F v N, v místě lomu se změří šířka b_u a výška h_u v mm s přesností ± 1 mm. Pevnost v tahu za ohybu σ_{po} v N/mm² se vypočte podle vzorce:

$$\sigma_{po} = \frac{M}{W} = \frac{\frac{F \cdot l}{4}}{\frac{b \cdot h^2}{6}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{F \cdot l}{b \cdot h^2}$$

4.7.5 Vyhodnocení

Vypočtená hodnota pevnosti v tahu za ohybu se zaokrouhluje na **0,1 N/mm²**.

4.8 STANOVENÍ PEVNOSTI V TLAKU

4.8.1 Podstata zkoušky

Zkouší se buď celý výrobek, anebo 2 zlomky po zkoušce pevnosti v tahu za ohybu. Zkoušené vzorky cihel připravené podle potřeby se uloží dostředně na tlačnou desku zkušebního lisu. Rovnoměrně rozdělené zatížení, které působí na celou plochu vzorku, se zvyšuje plynule až do jeho porušení.

4.8.2 Přístroje a zařízení

- Posuvné měřítko.
- Hydraulický lis potřebného rozsahu.

4.8.3 Měření a stanovené veličiny

- F nejvyšší zatížení při porušení celého vzorku v N.
F₁, F₂ nejvyšší zatížení při porušení každého ze zlomků v N.
l délka původního vzorku v mm.
b šířka původního vzorku v mm.
A = b_u × l_u, tlačná plocha vypočtená ze změřených rozměrů původního vzorku v mm².

4.8.4 Zkušební postup

Postupně se oba zlomky cihly plné pálené ze zkoušky „Stanovení pevnosti v tahu za ohybu“ vloží dostředně na tlačnou plochu zkušební lisu a plynule se zvyšuje zatížení až do porušení vzorku. Zaznamenají se obě dosažené nejvyšší zatěžovací síly F₁ a F₂ v N.

Pevnost v tlaku σ_{pd} v N/mm² vypočítáme podle vzorce:

$$\sigma_{pd} = \frac{F}{A} = \frac{F_1 + F_2}{A}$$

4.8.5 Vyhodnocení

Pevnost v tlaku σ_{pd} se zaokrouhluje na nejbližších **0,1 N/mm²**.

4.9 PROTOKOL

4.9.1 Objemová hmotnost betonu

Proveďte stanovení objemové hmotnosti na všech připravených vzorcích betonu. Uvažujte, že všechny vzorky mají tvar krychle o hraně 100 mm. Výsledek zaokrouhlete na **3 platné číslice** a vzorky se roztříďte na pórobeton (do 800 kg/m³), lehký beton (800 – 2000 kg/m³), obyčejný beton (2000 – 2600 kg/m³) a těžký beton (od 2600 kg/m³).

Popis vzorku	m []	V []	D [kg/m ³]	Roztřídění
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				

4.9.2 Pevnost v tlaku betonu

Proveďte stanovení pevnosti betonu v tlaku na připraveném vzorku betonu. Pevnost v tlaku zaokrouhlete na nejbližších **0,1 N/mm²**.

Zkušební vzorek	Beton obyčejný
d_1 []	
d_2 []	
F []	
Výpočet:	
f_c [N/mm ²]	

4.9.3 Pevnost v tahu ohybem betonu

Proveďte stanovení pevnosti betonu v tahu ohybem na připraveném vzorku betonu. Pevnost v tahu ohybem zaokrouhlete na nejbližších **0,1 N/mm²**.

Zkušební vzorek	Beton obyčejný
F []	
šířka d_1 []	
výška d_2 []	
rozpětí podpor L []	
Výpočet:	
f_{cf} [N/mm ²]	

4.9.4 Dílčí závěr ke zkoušení betonu

4.9.5 Stanovení skutečných rozměrů cihly

Posudte zkoušený vzorek a zařadte jej do odpovídající kvalitativní kategorie (dle Tabulky 12.). Zatřídění proveďte na základě porovnání odchylek skutečných rozměrů od jmenovitých a tzv. mezních odchylek odvozených z ČSN EN 771 – 1 pro prvky LD.

Zkušební vzorek:					
Rozměr	1. měření []	2. měření []	Průměr []	Odchylka od jmenovitých rozměrů [mm]	Kategorie
l_u					
b_u					
h_u					

Tabulka 12.: Tolerance – kategorie dle mezních odchylek od jmenovitých rozměrů odvozené z ČSN EN 771 – 1 pro prvky LD.

Vnější vlastnosti		Kategorie				
Mezní odchylky jmenovitých rozměrů [mm]	Jmenovité rozměry [mm]	T1	T1+	T2	T2+	Tm
	290	± 7	± 7	± 4	± 4	> 7
	140	± 5	± 5	± 3	± 3	> 5
	65	± 3	± 1	± 2	± 1	> 3

4.9.6 Úkol

Proveďte stanovení objemové hmotnosti výrobku na vzorku z předchozí úlohy. Vzorek zatřídte dle kritérií ČSN EN 771 – 1 v části Specifikace pálených prvků, kde je dán maximální rozdíl mezi objemovou hmotností prvku a hodnotou deklarovanou výrobcem (viz Tabulka 13. a Tabulka 14.). Objemovou hmotnost výrobku zaokrouhlete na **3 platné číslice**.

Zkušební vzorek	
l_u []	
b_u []	
h_u []	
m []	
Výpočet:	
ρ_v [kg/m ³]	

Tabulka 13.: Výrobce deklarované objemové hmotnosti použitých vzorků.

ρ_v deklarovaná výrobce [kg/m ³]	cihla plná	dělivka	příčkovka	cihla příčně děrovaná
	1 600	1 500	900	1 200

Tabulka 14.: Kategorie dle odchylek od objemové hmotnosti odvozené z ČSN EN 771 – 1.

Kategorie	D1	D2	Dm
Mezní odchylky naměřených hodnot	± 10 %	± 5 %	Odchylka v % deklarovaná výrobcem

4.9.7 Pevnost v tahu za ohybu cihly

Proveďte stanovení pevnosti v tahu za ohybu na vzorku cihly plné pálené. Výsledek zaokrouhlete na nejbližších **0,1 N/mm²**.

Zkušební vzorek	
F []	
b_u []	
h_u []	
l []	
Výpočet:	
σ_{po} [N/mm ²]	

4.9.8 Pevnost v tahu za ohybu cihly

Proveďte stanovení pevnosti v tlaku na vzorku z předchozí úlohy. Výsledek zaokrouhlete na nejbližších **0,1 N/mm²**.

Zkušební vzorek	
F ₁ []	
F ₂ []	
b_u []	
l_u []	
Výpočet:	
σ_{pd} [N/mm ²]	

4.9.9 Dílčí závěr ke zkoušení cihlářských výrobků

5 ZKOUŠENÍ STAVEBNÍ OCELI A PLASTŮ

5.1 STANOVENÍ JMENOVITÉHO PRŮMĚRU VZORKU Z HLADKÉ OCELI

5.1.1 Podstata zkoušky

Jmenovitý průměr oceli je průměr předepsaný výrobcí. Pro jmenovité průměry oceli jsou stanoveny tabulkové jmenovité plochy, se kterými se dále pracuje v rámci výpočtů konstrukcí apod. Reálný prut má obvykle jistou odchylku skutečné plochy prutu od plochy jmenovité, a proto je nutné tuto skutečnou plochu stanovit a na základě skutečné plochy provést zatřídění k příslušné nejbližší jmenovité ploše a její odpovídajícímu průměru. U prutu z hladké oceli lze toto provést pouhým změřením jeho průměru.

5.1.2 Zkušební zařízení a pomůcky

- Posuvné měřítko.

5.1.3 Měření a stanovené veličiny

$d_1 - d_6$ průměry měřeného vzorku s přesností 0,01 mm.

5.1.4 Zkušební postup

Zkušební vzorek se změří posuvným měřítkem ve třech řezech (na obou koncích a uprostřed) vždy ve dvou navzájem kolmých směrech a následně se ze všech hodnot stanoví aritmetický průměr.

5.1.5 Vyhodnocení

Z aritmetického průměru stanoveného průměru prutu se spočítá skutečná plocha vzorku, ke které se přiřadí z tabulky nejbližší jmenovitou plochu a k ní odpovídající jmenovitý průměr prvku.

Jmenovitý průměr průřezu d_{nom} [mm]	5,5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
Jmenovitá plocha průřezu S_{nom} [mm ²]	23,8	28,3	38,5	50,3	78,5	113	154	201	254	314

5.2 STANOVENÍ JMENOVITÉHO PRŮMĚRU VZORKU Z ŽEBÍRKOVÉ OCELI

5.2.1 Podstata zkoušky

Jmenovitý průměr oceli je průměr předepsaný výrobcí. Pro jmenovité průměry oceli jsou stanoveny tabulkové jmenovité plochy, se kterými se dále pracuje v rámci výpočtů konstrukcí apod. Reálný prut má obvykle jistou odchylku skutečné plochy prutu od plochy jmenovité, a proto je nutné tuto skutečnou plochu stanovit a na základě skutečné plochy provést zatřídění k příslušné nejbližší jmenovité ploše a její odpovídajícímu průměru. U prutu ze žebírkové oceli lze toto provést, pokud známe délku vzorku, jeho hmotnost a tabulkovou hustotu oceli.

5.2.2 Zkušební zařízení a pomůcky

- Posuvné měřítko.

- Analytické váhy.

5.2.3 Měřené a stanovené veličiny

L délka zkušební vzorku, přesnost na tři platná čísla.

m hmotnost zkušební vzorku, přesnost v g.

5.2.4 Zkušební postup

U zkušební vzorku se změří posuvným měřítkem jeho délka a posléze se vzorek zváží. Z těchto hodnot a ze známé hustoty oceli $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$ se spočítá skutečná plocha zkušební vzorku ze vztahu:

$$S_{\text{skut}} = \frac{m}{\rho \cdot L}$$

5.2.5 Vyhodnocení

Skutečné ploše se přiřadí z tabulky nejbližší jmenovitá plocha a k ní odpovídající jmenovitý průměr prvku.

Jmenovitý průměr průřezu d_{nom} [mm]	5,5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
Jmenovitá plocha průřezu S_{nom} [mm ²]	23,8	28,3	38,5	50,3	78,5	113	154	201	254	314

5.3 ZKOUŠKA TAHEM ZA OKOLNÍ TEPLoty

5.3.1 Podstata zkoušky

Zkouška spočívá v deformaci zkušební tyče (betonářské výztuže) tahovým zatížením, obvykle do přetržení, pro stanovení jedné nebo více mechanických vlastností zavedených v normě. Obvykle se zkouší při okolní teplotě v rozmezí od 10 °C do 35 °C.

5.3.2 Zkušební zařízení a pomůcky

- Trhací lis se záznamovým zařízením.
- Posuvné měřítko.

5.3.3 Měřené a stanovené veličiny

d průměr válcové tyče zjištěný měřením s přesností na 0,1 mm.

L_0' počáteční teoretická délka v mm, přesnost na 0,1 mm.

L_0 počáteční měřená délka v mm, přesnost na 10 mm.

L_u měřená délka zkušební tyče po přetržení v mm.

S_0 počáteční plocha příčného průřezu zkušební tyče v mm².

S_u nejmenší plocha příčného průřezu zkušební tyče po přetržení v mm².

F_Y zatížení na mezi kluzu v kN s přesností na 0,1 kN.

F_{max} největší zatížení v kN s přesností na 0,1 kN.

k součinitel násobku počáteční délky $k = 5,65$.

5.3.4 Zkušební postup

Nejdříve se stanoví průměr vzorku a spočítá se jeho skutečná plocha. Dále se určí teoretická počáteční délka L_0' , která se následně opraví na nejbližší vyšší hodnotu dosažitelnou značkovacím zařízením. Teoretická počáteční délka L_0' se vypočte ze vztahu:

$$L_0' = 5,65 \cdot \sqrt{S_0}$$

Po stanovení počáteční měřené délky se zkušební vzorek upne do trhacího zařízení a provede se tahová zkouška až do porušení vzorku. Na záznamovém zařízení se následně odečte pracovní diagram oceli.

Při vyhodnocení pracovního diagramu mohou nastat dva případy:

- Ocel s výraznou mezí kluzu – bude stanovena graficky z odečteného pracovního diagramu.
- Ocel se smluvní mezí kluzu – bude odečtena přibližně z pracovního diagramu na mezi 0,2 %.

Mez kluzu je napětí, při kterém dochází ke kluzovému jevu, tj. ke vzniku plastické deformace bez přírůstku zatížení. Mez kluzu odpovídá napětí při tahové síle na mezi kluzu F_y a vypočte se ze vztahu:

$$f_{yk}(f_{0,2k}) = \frac{F_y}{S_0}$$

Pevnost v tahu je napětí odpovídající maximální síle F_{MAX} dosažené při trhací zkoušce zkušebního vzorku betonářské výztuže. Pevnost v tahu se vypočte ze vztahu:

$$f_t = \frac{F_{MAX}}{S_0}$$

Tažnost je trvalé prodloužení měřené délky po přetržení vyjádřené v % počáteční měřené délky. Zjišťuje se v místě přetržení, do kterého se přenesse měřená délka. Tažnost A v % se vypočte ze vzorce:

$$A = \frac{L_U - L_0}{L_0} \cdot 100$$

Kontrakce je největší změna příčného průřezu po přetržení zkušební tyče vyjádřená v % počátečního příčného průřezu. Kontrakci Z v % se vypočítá ze vztahu:

$$Z = \frac{S_0 - S_U}{S_0} \cdot 100$$

5.3.5 Vyhodnocení

Pokud bude mez kluzu zkoušené výztuže smluvní, odečte se z pracovního diagramu pouze přibližně. K získání skutečné hodnoty smluvní meze kluzu je nutné pracovní diagram (závislost síly na prodloužení) převést na deformační diagram (závislost napětí na poměrném přetvoření).

5.4 STANOVENÍ OBJEMOVÉ HMOTNOSTI VYBRANÝCH VZORKŮ PLASTŮ

5.4.1 Podstata zkoušky

Podstatou zkoušky je určit objemovou hmotnost několika druhů technických polymerů v kg/m³.

5.4.2 Zkušební zařízení a pomůcky

- Posuvné měřítko.
- Váha s přesností alespoň 0,1 g.

5.4.3 Měření a stanovené veličiny veličiny

d, b, h, l, t rozměry zkušebního vzorku v mm s přesností na 0,01 mm.

m hmotnost vzorku s přirozenou vlhkostí v kg s přesností na 0,01 g.

5.4.4 Zkušební postup

Objemová hmotnost se určí jako poměr hmotnosti daného množství vybraného vzorku k jeho objemu vyjádřený v kg/m³:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

5.4.5 Vyhodnocení

Objemová hmotnost se udává v kg/m³ zaokrouhlená na **3 platné číslice**.

5.5 TAHOVÁ ZKOUŠKA PLASTU

5.5.1 Podstata zkoušky

Tahová zkouška spočívá v deformaci zkušebního prvku tahovým zatížením obvykle do přetržení pro stanovení jedné nebo více mechanických vlastností zavedených v normě. Obvykle se zkouší při okolní teplotě v rozmezí od 10 °C do 35 °C.

5.5.2 Zkušební zařízení a pomůcky

- Posuvné měřítko.
- Trhací lis.

5.5.3 Měření a stanovené veličiny

d, b, h rozměry vzorku v mm s přesností 0,01 mm.

F odpovídající síla při přetržení zkušebního vzorku s přesností 1 N.

L_U délka zkušebního tělesa po provedené zkoušce s přesností 1 mm.

L₀ počáteční délka zkušebního tělesa s přesností 1 mm.

5.5.4 Zkušební postup

Na vybraném zkušebním vzorku se stanoví jeho skutečná plocha příčného průřezu z měřených rozměrů vzorku (v případě čtyřúhelníku z rozměrů b , h ; v případě válcového tělesa ze dvou měření průměrů, stanovených ze vzájemně kolmých směrů). Poté se vzorek upne do trhacího zařízení, odečte se hodnota počáteční délky vzorku a následně se podrobí tahové zkoušce. Zkouška je ukončena v momentě přetržení zkoušeného vzorku. Po ukončení zkoušky se odečte hodnota délky vzorku po jeho přetržení.

Zaznamená se síla F při přetržení. Výsledná **pevnost v tahu** R_A v N/mm^2 zkušebního vzorku se vypočte ze vztahu:

$$R_A = \frac{F}{A}$$

Tažnost A každého zkušebního tělesa se vypočítá ze vztahu:

$$A = \frac{L_U - L_0}{L_0} \cdot 100$$

5.5.5 Vyhodnocení

Výsledná pevnost v tahu se zaokrouhlí na **celé N/mm^2** . Výsledná **tažnost** se vyjádří v procentech se zaokrouhlením na **3 platné číslice**.

5.6 PROTOKOL

5.6.1 Průměr vzorku z hladké oceli

Proveďte stanovení jmenovitého průměru vzorku z hladké oceli. Jmenovitý průměr a jmenovitou plochu průřezu zjistíte z Tabulky 15.

Vzorek	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6
ϕd []						
S_{skut} []						
S_{nom} []						
d_{nom} []						

Tabulka 15.: Jmenovitý průměr průřezu a jmenovitá plocha průřezu betonářské výztuže.

Jmenovitý průměr průřezu d_{nom} [mm]	5,5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
Jmenovitá plocha průřezu S_{nom} [mm]	23,8	28,3	38,5	50,3	78,5	113	154	201	254	314

5.6.2 Průměr vzorku z žebírkové oceli

Provedte stanovení jmenovitého průměru vzorku z žebírkové oceli. Jmenovitý průměr a jmenovitou plochu průřezu zjistíte z Tabulky 15.

Vzorek:	
m []	
L []	
ρ [kg/m ³]	
S_{skut} []	
S_{nom} []	
d_{nom} []	

5.6.3 Úkol

Provedte zkoušku tahem za okolní teploty na vzorku dodané oceli z předchozí úlohy. Plocha průřezu S_0 je tedy shodná s plochou S_{skut} z předchozí úlohy. Veškeré výsledné hodnoty zaokrouhlete **na 3 platné číslice**.

Vzorek:	
S_0 []	
F_y [] (odhad)	
Výpočet:	
f_{yk} [N/mm ²]	
F_{MAX} []	
Výpočet:	
f_t [N/mm ²]	
d_u []	
S_u []	
Výpočet:	
Z [%]	

L_0' []	
L_0 []	
L_U []	
Výpočet:	
A [%]	

5.6.4 Dílčí závěr ke zkoušení oceli

5.6.5 Objemová hmotnost plastů

Proveďte stanovení objemové hmotnosti na třech připravených vzorcích plastů. Výsledek zaokrouhlete na **3 platné číslice**.

Popis vzorku	m []	rozměry vzorku []	Výpočet	ρ [kg/m ³]

5.6.6 Tahová zkouška plastů

Provedte zkoušku tahem na dvou vzorcích plastů a určete jejich pevnost v tahu a tažnost. Výslednou pevnost v tahu zaokrouhlete na **celé N/mm²**, výslednou tažnost zaokrouhlete na **3 platné číslice**.

Vzorek 1:	Polyamidové (PA) vlákno		
d []			Průměrná hodnota:
A []			
F _{max} []			
Výpočet:			
R_A [N/mm²]			
L ₀ []			
L _U []			
Výpočet:			
A [%]			
Vzorek 2:	Polyethylenová (PE) fólie		
b []			Průměrná hodnota:
h []			Průměrná hodnota:
A []			
F _{max} []			
Výpočet:			
R_A [N/mm²]			
L ₀ []			
L _U []			
Výpočet:			
A [%]			

5.6.7 Dílčí závěr ke zkoušení plastů

6 POUŽITÁ LITERATURA

- kolektiv autorů, Stavební látky - cvičebnice, CERM, Brno, 2014
- ČSN 49 0103 Drevo. Zisťovanie vlhkosti pri fyzikálnych a mechanických skúškach
- ČSN 49 0108 Drevo. Zisťovanie hustoty
- ČSN 49 0110 Drevo. Medza pevnosti v tlaku v smere vlákien
- ČSN 72 2603 Skúšanie tehliarskych výrobkov. Stanovenie hmotnosti, objemovej hmotnosti a nasiakavosti
- ČSN 72 2605 Skúšanie tehliarskych výrobkov. Stanovenie mechanických vlastností
- ČSN EN 196-1 Metody zkoušení cementu - Část 1: Stanovení pevnosti
- ČSN EN 196-3 Metody zkoušení cementu - Část 3: Stanovení dob tuhnutí a objemové stálosti
- ČSN EN 197-1 Cement - Část 1: Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití
- ČSN EN 206+A2 Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
- ČSN EN ISO 527-4 Plasty - Stanovení tahových vlastností - Část 4: Zkušební podmínky pro izotropní a orthotropní plastové kompozity vyztužené vlákny
- ČSN EN 771-1 Specifikace zdicích prvků - Část 1: Pálené zdicí prvky
- ČSN EN 772-13 Zkušební metody pro zdicí prvky - Část 13: Stanovení objemové hmotnosti materiálu zdicích prvků za sucha a objemové hmotnosti zdicích prvků za sucha (kromě zdicích prvků z přírodního kamene)
- ČSN EN 772-16 Zkušební metody pro zdicí prvky - Část 16: Stanovení rozměrů
- ČSN EN 933-1 Zkoušení geometrických vlastností kameniva - Část 1: Stanovení zrnitosti - Sítový rozbor
- ČSN EN 933-2 Zkoušení geometrických vlastností kameniva - Část 2 : Stanovení zrnitosti - Zkušební síta, jmenovité velikosti otvorů
- ČSN EN 998-1 Specifikace malt pro zdivo - Část 1: Malta pro vnitřní a vnější omítky
- ČSN EN 998-2 Specifikace malt pro zdivo - Část 2: Malta pro zdění
- ČSN EN 1015-2 Zkušební metody malt pro zdivo - Část 2: Odběr základních vzorků malt a příprava zkušebních malt
- ČSN EN 1015-3 Zkušební metody malt pro zdivo - Část 3: Stanovení konzistence čerstvé malty (s použitím střešacího stolku)
- ČSN EN 1015-10 Zkušební metody malt pro zdivo - Část 10: Stanovení objemové hmotnosti suché zatvrdlé malty
- ČSN EN 1015-11 Zkušební metody malt pro zdivo - Část 11: Stanovení pevnosti zatvrdlých malt v tahu za ohybu a v tlaku
- ČSN EN 1097-3 Zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností kameniva - Část 3: Stanovení sypné hmotnosti a mezerovitosti volně sypaného kameniva
- ČSN EN ISO 6892-1 Kovové materiály - Zkoušení tahem - Část 1: Zkušební metoda za pokojové teploty
- ČSN EN 12390-3 Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles
- ČSN EN 12390-5 Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 5: Pevnost v tahu ohybem zkušebních těles
- ČSN EN 12390-7 Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 7: Objemová hmotnost ztvrdlého betonu
- ČSN EN 12620+A1 Kamenivo do betonu

Stavební látky – cvičebnice k předmětu BIA011
kolektiv autorů

© Ondřej Anton, Petr Cikrle, Věra Heřmánková, Dalibor Kocáb,
Barbara Kucharczyková, Petr Misák, Tomáš Vymazal, Petr Žitň

Vysoké učení technické v Brně
Fakulta stavební
Ústav stavebního zkušebnictví

ISBN 978-80-214-4047-0

Sedmé aktualizované vydání
Brno, leden 2024

Tato publikace neprošla redakční ani jazykovou úpravou