

4 PŘÍRODNÍ KÁMEN A KAMENIVO

PŘÍRODNÍ KÁMEN

Horniny jsou spolu se dřevem jedním z nejstarších stavebních materiálů. Vzhledem k velmi snadné dostupnosti provázely horniny lidskou činnost ve stavebnictví od pradávna a používají se dodnes. Mají výhodné vlastnosti, jako je např. tvrdost, vysoká pevnost v tlaku, nízká nasákavost (zejména u hutných vyvřelin a metamorfovaných hornin), odolnost proti poškrábání, výborná životnost a odolnost proti přírodním vlivům. V porovnání s minulostí se v současnosti používají jako zdící materiál výrazně méně často. Pokud se však již použijí, většinou se jedná o doplňky luxusních staveb. Důležité postavení si horniny zachovávají také jako suroviny (složky) pro výrobu jiných stavebních materiálů (např. malta, beton, keramika atd.). Horniny, které jsou zdrojem přírodního kamene pro stavební účely (ve smyslu výroby kusového staviva a případně šterku), jsou nesilikátové nerostné suroviny.

Podle původu se horniny dělí na:

- **vyvřelé** (magmatické) – vznikly krystalizací žhavotekuté taveniny nazývané magma,
- **usazené** (sedimentární), které vznikly především zvětráváním již existujících hornin a jejich následným transportem, usazením a změnou vlastností zvětralého materiálu jako celku, případně krystalizací z přírodních roztoků nebo činností organismů,
- **přeměněné** (metamorfované), které vznikly strukturní či minerální přestavbou již existujících hornin pod vlivem změněných teplotních nebo tlakových podmínek.

Vyvřelé horniny jsou pro stavebnictví velmi důležité a využívají se v široké míře. Vyznačují se vysokou pevností a objemovou hmotností, naopak nízkou nasákavostí a nízkými tepelně fyzikálními vlastnostmi. Dále vykazují výbornou mrazuvzdornost, vysokou tvrdost a odolnost oproti opotřebení, ale vyznačují se také obtížnou opracovatelností. Podle podmínek tuhnutí magmatu se vyvřelé horniny dělí na:

- vyvřeliny hlubinné, u kterých krystalizace probíhala pomalu (např. žula, granodiorit, křemenný diorit, syenit),
- vyvřeliny žilné, při jejichž vzniku magma proniklo do puklin v zemské kůře, kde proběhla poměrně pomalá krystalizace (např. porfyry, pegmatit, aplit),
- vyvřeliny výlevné, které vznikly velmi rychlou krystalizací magmatu (lávy) na povrchu (např. pemza, perlit, trachyt, čedič).

Usazené horniny (sedimenty) vznikly usazením, případně následným zpevněním částic zvětraných hornin, zbytků odumřelých živočichů nebo chemickým vysrážením z vodních roztoků. Na rozdíl od vyvřelých hornin je jejich původ sekundární. Podle soudržnosti se sedimenty rozdělují na zpevněné a nezpevněné (v inženýrské geologii se nazývají zeminy). Usazené horniny se podle vzniku rozdělují na:

- klastické (např. šterky, písky, jíly, pískovce, křemence, opuky, jílovce a jílovité břidlice),
- chemické (např. sádrovec, travertin, vápenec),
- organogenní (např. živice).

Metamorfované horniny vznikly strukturní nebo minerální přeměnou vyvřelých, usazených i již dříve metamorfovaných hornin, a to pod vlivem působení teplotních, tlakových či chemických procesů. Při přeměně vyvřelých hornin se jejich původní fyzikální a mechanické vlastnosti většinou zhoršily. Naopak přeměnou usazených hornin se jejich fyzikální vlastnosti zlepšily, protože přeměnou se staly kompaktními. Druhy přeměny přeměněných hornin jsou:

- přeměna dislokační (mechanická),
- přeměna šoková (např. porcelanity),
- přeměna kontaktní (dotyková) (např. kontaktní rohovce, erlány),
- přeměna regionální (oblastní) (např. mramor, amfibolity, serpentinity, ortoruly).

Stavebním kamenem se rozumí hornina, která má vhodné fyzikální, chemické, technologické a estetické vlastnosti a která byla cíleně vytěžena z přirozeného prostředí za účelem jejího použití jako konstrukčního prvku různých staveb, ať již v původní či opracované podobě. Proto se na stavebním kameni určují jeho vlastnosti.

Stavební kámen pro zdivo a stavební účely se vyrábí a dodává ve třech třídách jakosti:

	I. třída	II. třída	III. třída
Pevnost v tlaku	110 MPa	80 MPa	40 MPa
Hmotnostní nasákavost	1,5 %	3,0 %	5,0 %

4.1 STANOVENÍ OBJEMOVÉ HMOTNOSTI PŘÍRODNÍHO KAMENE

Objemová hmotnost spolu s nasákavostí patří mezi základní fyzikální vlastnosti přírodního kamene. Je to jistě míry ukazatel kvality přírodního kamene. **Objemová hmotnost přírodního kamene** je definována jako poměr hmotnosti vysušeného zkušební tělesa k jeho zdánlivému objemu (tzn. včetně dutin).

4.1.1 Podstata zkoušky

Podle normy ČSN EN 1936 se určí objemová hmotnost po vysušení zkušebních těles na ustálenou hmotnost, a to pomocí vakuového nasycení vodou a vážením ponořených zkušebních těles. Současně lze také určit otevřenou pórovitost přírodního kamene.

Ve cvičení se bude určovat objemová hmotnost několika druhů přírodního kamene, včetně jejich vzájemného porovnání a porovnání s obecnými informacemi (viz Tab. 1).

Tab. 1: Objemová hmotnost (OH) vybraných hornin.

Skupina	Označení	Hornina (příklad)	Min. OH [kg/m ³]
Vyvřelé horniny	Hlubinné	Granit (žula), diorit, syenit, gabro	2500 – 2800
	Výlevné hutné	Andezit	2500
	Výlevné pórovité	Trachyt / ryolit	2000 / 1600
Metamorfované horniny	Silikátové	Serpentinit, ruly	2500
	Břidlice	Granulit, fylit	2600
Sedimentární horniny	Klastické hutné	Hutný pískovec	2500
	Klastické pórovité	Pórovitý pískovec, opuka	1800
	Klastické břidličnaté	Jílovitá břidlice	2500
		Pórovitý vápenec	2300
	Karbonátové pórovité	Travertin	
Karbonátové hutné	Hutný vápenec	2600	

4.1.2 Měření a stanovené veličiny

a,b,c rozměry zkušebních těles.

$V = a \cdot b \cdot c$, objem zkušebního tělesa v m^3 .

m hmotnost vysušeného zkušebního tělesa v kg s přesností alespoň na 0,1 g.

ρ_b objemová hmotnost přírodního kamene v kg/m^3 .

4.1.3 Zkušební zařízení a pomůcky

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

4.1.4 Postup

Ve cvičení se objemová hmotnost všech vzorků přírodního kamene určí jako poměr hmotnosti daného množství přírodního kamene k jeho objemu vyjádřený v kg/m^3 , přičemž objem bude pro zjednodušení vypočten přímo z rozměrů zkušebních těles.

4.1.5 Vyhodnocení

Objemová hmotnost přírodního kamene se vypočítá v kg/m^3 :

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

Výsledek objemové hmotnosti každého tělesa se zaokrouhlí na 3 platné číslice.

4.2 STANOVENÍ PEVNOSTI V PROSTÉM TLAKU PŘÍRODNÍHO KAMENE

Mezi klíčové vlastnosti, které jsou u hornin ve stavební praxi sledovány, jsou ty fyzikálně-mechanické. Stanovení pevnosti v prostém (jednoosém) tlaku přírodního kamene je základní laboratorní zkouška, která se ve vědní oblasti „mechanika hornin“ provádí. Pevnosti v tlaku vybraných hornin jsou uvedeny v Tab. 2.

4.2.1 Podstata zkoušky

Stanovením pevnosti v tlaku se rozumí zjištění maximální síly, které je schopno těleso odolávat. Zkušební tělesa jsou položena a vystředěna na ploše zkušebního lisu. Je použito rovnoměrně rozložené zatížení, které je plynule zvyšováno do porušení tělesa.

4.2.2 Měření a stanovené veličiny

l, d aritmetický průměr horizontálního rozměru (krychle) nebo průměru (válec) s přesností na 0,1 mm získaný ze 4 měření (2 v horní a 2 v dolní části tělesa, kolmo na sebe).

F maximální zatížení při porušení zkušebního tělesa s přesností min. na 1 kN.

4.2.3 Zkušební zařízení a pomůcky

- Kalibrovaný zkušební lis.
- Délkové měřidlo s přesností 0,05 mm.

4.2.4 Postup

Zkušební tělesa mají tvar krychle o hraně (50 ± 5) mm nebo (70 ± 5) mm nebo válce s kruhovým průřezem, jejichž průměr a výška se rovnají (50 ± 5) mm nebo (70 ± 5) mm.

Postranní rozměr nebo průměr tělesa se musí vztáhnout k velikosti největšího zrna v hornině pomocí poměru nejméně 10:1. Osa zkušební tělesa musí být kolmá k plochám anizotropie, např. vrstevným plochám, foliaci atd. Zkoušeno má být minimálně 10 zkušebních těles.

Rozměry průřezu zkušební tělesa se změří na nejbližší 0,1 mm zprůměrováním čtyř měření (dvakrát nahoře a dvakrát dole vždy kolmo na sebe). Pro výpočet plochy průřezu jsou použity aritmetický průměr postranního rozměru ϕ nebo aritmetický průměr průměru ϕ_d .

Po umístění tělesa do lisu se zatížení na zkušební těleso vyvíjí plynule za konstantního přírůstku napětí $(1 \pm 0,5)$ MPa/s a zaznamená se maximální zatížení na zkušební těleso F . Pevnost v prostém tlaku R v N/mm^2 zkušební tělesa se vyjádří jako poměrné zatížení při porušení zkušební tělesa a jeho plochy průřezu před zkoušením. Výsledek zkoušky se vyjádří v MPa nejméně dvěma platnými číslice.

Tab. 2: Průměrná pevnost v tlaku přírodního kamene.

Skupina	Označení	Hornina (příklad)	Min. pevnost v tlaku [MPa]
Vyvřelé horniny	Hlubinné	Granit (žula), diorit, syenit, gabro	90
	Výlevné hutné	Andezit	80
	Výlevné pórovité	Trachyt / ryolit	80 / 60
Metamorfované horniny	Silikátové	Serpentinit, ruly	60
	Břidlice	Granulit, fylit	-
Sedimentární horniny	Klastické hutné	Hutný pískovec	40
	Klastické pórovité	Pórovitý pískovec, opuka	15
	Klastické břidličnaté	Jílovitá břidlice	-
		Pórovitý vápenec	30
	Travertin		
Karbonátové hutné	Hutný vápenec	40	

4.2.5 Vyhodnocení

Pevnost v prostém tlaku v N/mm^2 (MPa) zkušební tělesa se vyjádří jako poměrné zatížení při porušení zkušební tělesa a jeho plochy průřezu před zkoušením pomocí vztahu:

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

Výsledek zkoušky se vyjádří v MPa nejméně dvěma platnými číslicemi.

KAMENIVO

Kamenivo je zrnitý anorganický materiál přírodního nebo umělého původu **určený pro stavební účely**. Z toho vyplývá, že požadavky kladené na kamenivo vyplývají z norem navazujících aplikací, které specifikují vlastnosti kameniva získaného úpravou přírodního, umělého nebo recyklovaného materiálu, a případně směsi těchto kameniv, v souvislosti s konkrétním použitím.

V běžné stavební praxi se kamenivo používá především jako plnivo do malt a betonů. V silničním a železničním stavitelství se pak využívá k tvorbě uměle zhutněných vrstev. V obou případech je **hlavní funkcí kameniva vytvoření pevné a tlakově odolné kostry**, která vzniká vzájemným opřením za zaklíněním zrn.

Vlastnosti kameniva by měly odpovídat hodnotám určeným normou pro konkrétní účel použití. Evropské normy jsou univerzální, a proto uvádějí pouze seznamy požadavků na vlastnosti kameniva vyjádřené pomocí kategorií, ale nestanovují, pro jaký účel je která kategorie vhodná. Jednotlivé kategorie označují charakteristickou úroveň příslušné vlastnosti, vyjádřenou rozsahem hodnot, nebo limitní hodnotou.

Pro zajištění kvality vyráběného kameniva a shody s požadavky norem se provádí ověřování vlastností kameniva průkazními a kontrolními zkouškami. **Průkazní zkoušky** se provádějí zejména při zavádění nové výroby, použití kameniva z nového zdroje, významné změně jakosti suroviny či technologie výroby. **Kontrolní zkoušky** pak slouží pro soustavné ověřování vlastností kameniva v průběhu jeho výroby. Časové intervaly stanovuje příslušná norma.

Jedním ze základních požadavků na výsledky laboratorních zkoušek je jejich opakovatelnost a reprodukovatelnost, což úzce souvisí s odběrem zkušebních vzorků. U zrnitých materiálů je odběr vzorků podstatně komplikovanější, než je tomu u kapalin či kusových staviv. Pro zajištění hodnověrných výsledků zkoušek se zpravidla náhodně odebírá větší množství dílčích vzorků z různých míst tak, aby výsledný zkušební vzorek byl reprezentativní s ohledem na maximální zrno a objemovou hmotnost zkoušeného kameniva, a také na počet plánovaných zkoušek.

Identifikace vzorku pro účely zkoušení musí být jednoznačná a musí obsahovat:

- zdroj a výrobce,
- druh kameniva z petrografického hlediska (ČSN EN 932-3),
- frakci kameniva.

Zkoušky kameniva pro stavební účely zahrnují stanovení fyzikálních, mechanických, geometrických a chemických vlastností dle příslušných norem. Prokázat se musí také zdravotní nezávadnost.

4.3 STANOVENÍ OBJEMOVÉ HMOTNOSTI KAMENIVA VE VÁLCI

4.3.1 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.

4.3.2 Zkušební zařízení a pomůcky

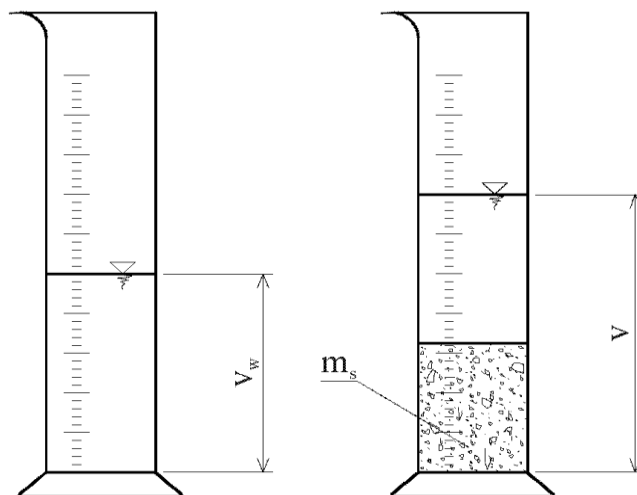
- Váhy s váživostí 10 kg.
- Kalibrovaný odměrný válec o velikosti odpovídající rozměrům zrn a množství kameniva.
- Miska na kamenivo.
- Násypka.
- Míchací tyčinka.

4.3.3 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.

4.3.4 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. 1.).



Obr. 1: Schéma stanovení objemové hmotnosti v odměrném válci.

4.3.5 Vyhodnocení

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

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

Hodnota objemové hmotnosti kameniva uvedená v Mg/m³ se zaokrouhlí na 3 platné číslice.

4.4 STANOVENÍ SYPNÉ HMOTNOSTI A MEZEROVITOSTI VOLNĚ SYPANÉHO KAMENIVA

4.4.1 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.

4.4.2 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.

4.4.3 Měřené 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 sypaná hmotnost volně sypaného kameniva v Mg/m^3 .
 M mezerovitost volně sypaného kameniva v %.

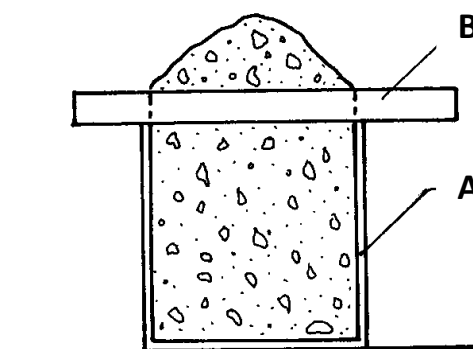
4.4.4 Zkušební postup

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 frakci zkoušeného kameniva dle Tab. 3.

Tab. 3: Nejmenší objem nádoby v závislosti na frakci zkoušeného 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 ztuhnutí jakékoliv části povrchu. Poté se zváží naplněná nádoba a zaznamená se její hmotnost – m_2 .



Obr. 2: Sypaná hmotnost volně sypaného kameniva.

A – válcová nádoba,
 B – ocelové pravítko.

4.4.5 Vyhodnocení

Sypaná hmotnost volně sypaného 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:

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

Konečný výsledek sypné hmotnosti kameniva v Mg/m³ se zaokrouhlí na **3 platné číslice** a mezerovitosti se zaokrouhlí na **0,1 %**.

4.5 STANOVENÍ ZRNITOSTI KAMENIVA

4.5.1 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.

4.5.2 Zkušební zařízení a pomůcky

- Zkušební síta v souladu s ČSN EN 933-2, pevně líčující víko a dno sady sít, viz Tab. 4 a Obr. 3.
- Sušárna s nucenou cirkulací vzduchu s automatickým udržováním a kontrolou teploty (110 ± 5) °C.
- Váhy s přesností ± 0,1 % hmotnosti zkušební navážky vyhovující požadavkům ČSN EN 932-5.
- Nádoby.
- Kartáče.
- Štětce.
- Prosévací přístroj.

4.5.3 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 ...R _n	hmotnost zůstatků na jednotlivých sítích prosévací sady v g.

4.5.4 Zkušební postup

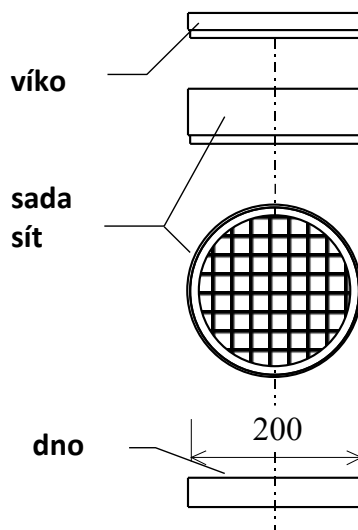
Zkušební navážka se vysuší při teplotě (110 ± 5) °C do ustálené hmotnosti. Nechá se vychladnout, zváží se a zaznamená se hmotnost M₁. Vysušený materiál se nasype na síta, která jsou sestavena do sloupce, přičemž síto nahoře má největší otvory a postupně dolů jsou síta s menšími otvory. Na horním sítu 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 síte a označí se R₁, ..., R_n, přičemž R₁ je hmotnost zůstatku na síte s největšími otvory, R_n je hmotnost navážky na síte 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 síte jako procento hmotnosti proseté navážky M₂. 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 Mg/m³ a 3,00 Mg/m³ jsou uvedeny v Tab. 5.

Tab. 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. 3: Normová sada sít.

Tab. 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 sítech s většími otvory použité prosévací sady:

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

4.5.5 Vyhodnocení

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

4.6 PROTOKOL

4.6.1 Objemová hmotnost přírodního kamene

Objem všech zkušebních těles uvažujte 1 litr. Výslednou objemovou hmotnost různých přírodních kamenů zaokrouhlete na **3 platné číslice**. Proveďte porovnání s tabulkovými hodnotami (Tab. 1). Mramor je z chemického hlediska hutný vápenec.

Přírodní kámen	m []	ρ_b [kg/m ³]	Tabulková hodnota min. [kg/m ³]
Pórovitý pískovec			
Žula			
Travertin			
Mramor			

4.6.2 Pevnost v tlaku přírodního kamene

Proveďte zkoušku pevnosti přírodního kamene na vybraných vzorcích ve stavu vysušeném a nasyceném. Výsledek zaokrouhlete na **0,1 MPa**.

Kámen	Stav	Těleso		F []	R [MPa]	Tab. hodnota min. [MPa]
		tvar	rozměry			
Pórovitý pískovec	vysušený					
	nasycený					
Žula	vysušený					
	nasycený					

4.6.3 Objemová hmotnost kameniva

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]	

4.6.4 Sypaná hmotnost a mezerovitost kameniva

Provedte zkoušku stanovení sypané hmotnosti a mezerovitosti kameniva na připraveném vzorku kameniva. Zkoušku proveďte na volně sypaném kamenivu. Sypanou hmotnost kameniva ρ_b zaokrouhlete na **3 platné číslice** a mezerovitost kameniva M zaokrouhlete na **0,1 %**.

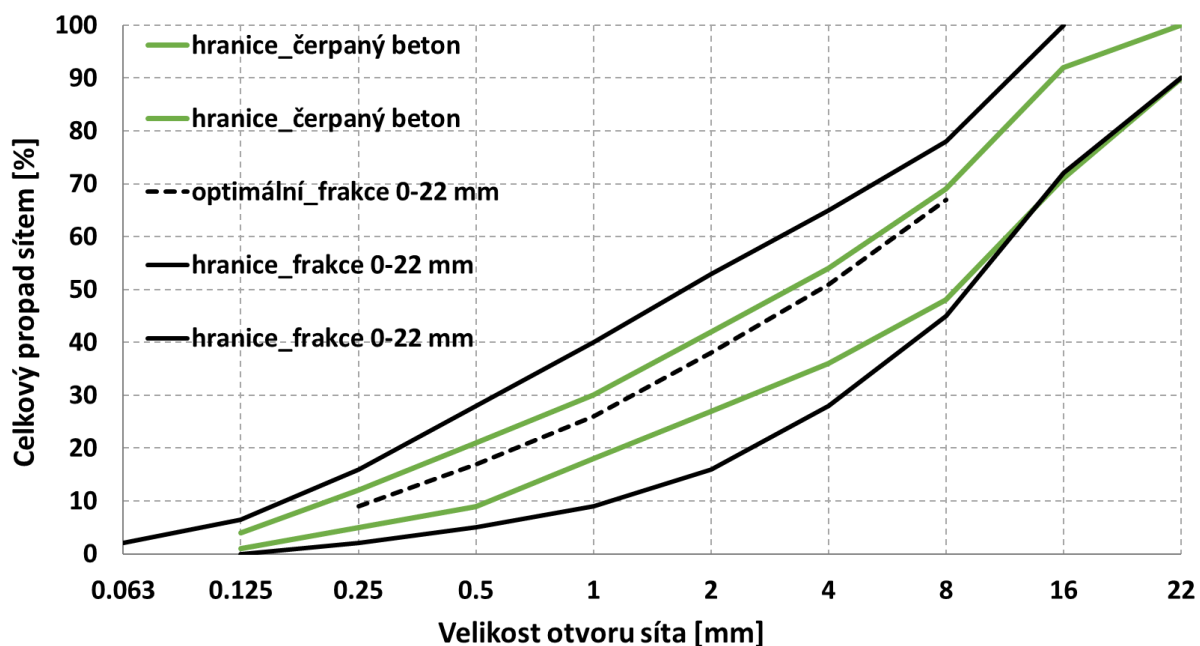
Zkušební vzorek:	
m_1 []	
m_2 []	
V []	
Výpočet:	
ρ_b [Mg/m ³]	
ρ_v [Mg/m ³] (z 4.6.3)	
Výpočet:	
M [%]	

4.6.5 Stanovení zrnitosti kameniva

Provedte zkoušku stanovení zrnitosti kameniva na připraveném vzorku kameniva. Všechna vypočtená procenta zůstatků a propadů zaokrouhlete na **0,01 %**.

Vzorek:												
Rozměry ok na sítích [mm]	22	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	dno (P)	M_2
Hmotnost dílčího zbytku R_i [g]												
Dílčí zbytek na síť a_i [%]												-
Celkový zbytek na síť A_i [%]												-
Celkový propad sítím Z_i [%]												-

Výsledky měření zpracujte graficky do grafu:



Obr. 4: Meze zrnitosti pro kamenivo do betonu: Přípustné meze pro celkovou čáru zrnitosti kameniva s $D_{max} = 22$ mm (Ministerstvo dopravy, TKP staveb pozemních komunikací – kapitola 18, Beton pro konstrukce).

4.6.6 Celkový závěr
