

Karel Kolář, Pavel Reiterman

Stavební materiály

pro SPŠ stavební

Moderní i tradiční materiály

Zkoušení stavebních hmot

Praktická cvičení



Karel Kolář, Pavel Reiterman

Stavební materiály

pro SPŠ stavební

Stavební materiály

pro SPŠ stavební

Vydala Grada Publishing, a. s.
U Průhonu 22, Praha 7
obchod@grada.cz, www.grada.cz
tel.: +420 234 264 401, fax: +420 134 264 400
jako svou 4968. publikaci

Odpovědná redaktorka Eva Škrabalová
Odborná korektura Ing. Bc. Anna Havlíková, Ing. Jana Chajdrnová
Jazyková korektura Pavlína Zelníčková
Grafická úprava a sazba Eva Hradiláková
Foto na obálce redakce

Fotografie a kresby v knize: archiv autora Pavla Reitermana, Ing. Pavel Kopta 3.7, BACHL, s.r.o. 4.60b, Bramac střešní systémy spol. s r. o. 4.39, BEST, a.s. 4.41, CETRIS, a.s. 2.15, 3.18, CEMBRIT, a.s. 4.46, DEKTRADE a.s. 2.13, 3.11, 4.54, 4.56, 4.60a, HeidelbergCement 3.1, 3.5, 4.22, 4.26, 4.31, 4.33, HELUZ cihlářský průmysl, v.o.s. 2.14, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4a, KERAMO STEINZOUG, s.r.o. 4.7, TONDACH Česká republika, s.r.o. 4.5, RAKO, a.s. 4.6, RECIFA, a.s. 4.9, 4.10, SIKO KOUPELNY, a.s. 4.8, Wienerberger, a.s. 4.2, 4.4b, Xella, a.s. 4.43, 4.44

Počet stran 208
První vydání, Praha 2012
Vytiskla Tiskárna PROTISK, s.r.o., České Budějovice

© Grada Publishing, a. s., 2012
Cover Design © Eva Hradiláková, 2012

Tato publikace vznikla za částečné podpory projektu MŠMT číslo MSM 6840770031.

Názvy produktů, firem apod. použité v knize mohou být ochrannými známkami nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků.

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována ani šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude trestně stíháno.

ISBN 978-80-247-4070-6 (tištěná verze)

ELEKTRONICKÉ PUBLIKACE:

ISBN 978-80-247-8322-2 (elektronická verze ve formátu PDF)

ISBN 978-80-247-8323-9 (elektronická verze ve formátu EPUB)

Obsah

1	Úvod	9
1.1	Význam stavebních materiálů	9
1.2	Rozdělení stavebních materiálů	11
1.3	Dnešní stav a perspektivy rozvoje výroby stavebních materiálů	13
2	Struktura a vlastnosti stavebních materiálů	17
2.1	Základní vlastnosti stavebních materiálů	19
2.1.1	Základní fyzikální vlastnosti	20
2.1.2	Mechanické vlastnosti stavebních materiálů	26
2.1.3	Tepelné vlastnosti	31
2.1.4	Akustické vlastnosti	34
2.1.5	Radioaktivita stavebních materiálů, optické a elektrické vlastnosti	35
2.1.6	Chemické, fyzikálněchemické a biologické vlastnosti	36
2.1.7	Trvanlivost stavebních materiálů a konstrukcí	37
2.1.8	Vlastnosti ekologické	39
2.2	Vzájemné vztahy mezi vlastnostmi stavebních materiálů	39
2.3	Přehled hodnot nejdůležitějších vlastností stavebních materiálů	41
3	Přírodní stavební materiály	43
3.1	Horniny a jejich rozdělení	43
3.1.1	Horniny vyvřelé	44
3.1.2	Horniny usazené	45
3.1.3	Horniny přeměněné	46
3.2	Stavební kámen	47
3.2.1	Lomařské a kamenické výrobky	48
3.2.2	Krytiny z přírodního kamene	49
3.2.3	Výrobky z konglomerovaného kamene	49
3.2.4	Kusové výrobky z taveného čediče	49
3.3	Kamenivo pro stavební účely	50

3.4 Dřevo a výrobky ze dřeva	51
3.4.1 Technické vlastnosti dřeva	53
3.4.2 Vady a škůdci dřeva, ochrana dřeva	54
3.4.3 Druhy dřeva a řeziva pro stavební účely	55
3.4.4 Materiály na bázi dřeva	58

4 Umělé stavební materiály 65

4.1 Keramické výrobky	65
4.1.1 Cihlářské výrobky	67
4.1.2 Pálená střešní krytina	74
4.1.3 Obkladové a ostatní prvky	76
4.2 Sklo, skleněná vlákna a výrobky z nich	81
4.3 Kovy a kovové výrobky	86
4.3.1 Železo a jeho slitiny	86
4.3.2 Neželezné kovy	95
4.4 Pojiva	99
4.4.1 Vzdušné vápno	100
4.4.2 Vápenosíranová pojiva	103
4.4.3 Hořečnaté pojivo	108
4.4.4 Křemičitany alkalických kovů	108
4.4.5 Hydraulické vápno	109
4.4.6 Silikátový cement	111
4.4.7 Cement pro zdění	121
4.4.8 Hlinitanový cement	121
4.4.9 Geopolymerní cementy	122
4.5 Malty a betony ve stavebnictví	122
4.5.1 Malty	123
4.5.2 Betony	124
4.6 Plasty a výrobky z plastů	146
4.6.1 Termoplasty	147
4.6.2 Reaktoplasty	156
4.6.3 Elastomery	158
4.6.4 Polymerní disperze	158
4.7 Živice	158
4.7.1 Asfalty	159
4.7.2 Dehty	162
4.8 Izolační materiály a výrobky	163
4.8.1 Izolace proti vodě a vlhkosti	163
4.8.2 Izolace tepelné	166
4.8.3 Akustické izolace	168

4.8.4	Ostatní izolace	168
4.9	Pomocné materiály, nátěry, tmely, přísady	168
4.9.1	Nátěrové hmoty	169
4.9.2	Lepidla a tmely	170
5	Zkoušení stavebních materiálů	171
5.1	Laboratorní ověřování vlastností materiálů, základní postupy	173
5.2	Měření základních veličin	175
5.2.1	Měření délek	175
5.2.2	Měření objemů	177
5.2.3	Vážení	178
5.2.4	Měření času	179
5.2.5	Měření teploty	179
5.2.6	Měření vlhkosti	180
5.3	Chyby měření	180
5.4	Ověřování vlastností nejdůležitějších stavebních materiálů	181
5.4.1	Zkoušení malt a betonů	181
5.4.2	Zkoušení kameniva	186
5.4.3	Zkoušení pojiv	187
5.4.4	Zkoušení keramických výrobků	190
5.4.5	Zkoušení stavebních ocelí	190
5.4.6	Zkoušky ostatních stavebních materiálů	190
6	Praktická cvičení	191
	Cvičení č. 1 Měření rozměrů zkušebních těles ze stavebních materiálů	191
	Cvičení č. 2 Stanovení objemové hmotnosti	193
	Cvičení č. 3 Stanovení pevnosti v tlaku vzorků betonu ze zadaných hodnot	194
	Cvičení č. 4 Stanovení pevnosti v tahu ohybem na vzorcích betonu ze zadaných hodnot	195
	Cvičení č. 5 Stanovení orientační krychelné pevnosti betonu na základě měření Schmidovým kladívkem	196
	Cvičení č. 6 Stanovení čáry zrnitosti hutného kameniva	197
	Cvičení č. 7 Stanovení čáry vlhkostních a sorpčních vlastností	199
	Cvičení č. 8 Rozbor vody	200
	Rejstřík	202
	Použitá literatura	208

- 1.1 Význam stavebních materiálů
- 1.2 Rozdělení stavebních materiálů
- 1.3 Dnešní stav a perspektivy rozvoje výroby stavebních materiálů

1.1 Význam stavebních materiálů

Stavební materiály představují významnou část látkových forem hmoty, které ve stavebnictví zahrnujeme pod tradiční pojem stavební hmoty. Stavebními hmotami máme na mysli všechno, co je přímou součástí stavebních konstrukcí nebo s čím se setkáváme při jejich budování na staveništi.

V současném stavebnictví se zpracovávají jak **tradiční hmoty** používané na stavbách již po mnoho generací, tak **hmoty zcela nové**, které byly získány na základě současných poznatků vědy a techniky. Mezi stavební hmoty zařazujeme také celou řadu **pomocných látek** usnadňujících provádění stavebních technologií, ale i širokou paletu tzv. **kusových staviv**, jež představují jednoduché výrobky definované svým tvarem, rozměry a látkovým složením.

Do sortimentu stavebních hmot nepatří složitější stavební výrobky, které mají charakter pohyblivé nebo mnohoprvkové konstrukce či speciální pomocné látky. Zjednodušeně tedy **stavebními materiály označujeme celou řadu stavebních látek a staviv používaných ve stavebnictví**.

Řada stavebních materiálů je v současné době dostupná v mnoha látkových modifikacích nebo výrobních variantách. Rozlišování pojmů stavební hmota – stavební materiál je nutno brát pouze jako prostředek k zařazení látek používaných ve stavebnictví s přihlédnutím k jejich historickému vývoji, současnému stavu a perspektivám jejich udržitelného rozvoje.

Historicky vzato, stavební materiály používané do 19. století představovaly převážně **přírodní materiály** na bázi výrobků z kamene a dřeva, později i **uměle vyrobené** cihlářské výrobky spojované mechanicky či maltami.

Na vývoji stavebních materiálů se významně projevil pokrok vědních a technických disciplín. Během 19. století tak došlo k jejich rozšíření o litinu a ocel; rozvoj používání betonu, železobetonu a později předpjatého betonu se datuje od druhé poloviny 19. století a mohutní v průběhu celého 20. století. Začátek 21. století se vyznačuje dalším rozvojem tradičních forem stavebních materiálů a technologií, dochází ale k významnému posílení tzv. **kompozitních materiálů** (dřevotřískas, sklolaminát, beton, sádkarton atd.), řízených předem stanovenými materiálovými vlastnostmi, uplatněním zcela **nových technologických postupů** jejich výroby a použitím při současném důrazu na jejich ekologickou zátěž životního prostředí, ekonomickou dostupnost a vyváženost z pohledu tzv. udržitelného rozvoje.

Každý stavební materiál se vyznačuje svými **základními vlastnostmi**, které jsou **odrazem povahy a uspořádání jejich vnitřní struktury**. Stavební materiály jsou posuzovány z mnoha hledisek, jež odpovídají jejich budoucímu uplatnění. Základní vlastnosti (měrná a objemová hmotnost, pórovitost, hutnost, vlhkost, zrnitost apod.) jsou pro nás dobrou výchozí pozicí a mohou nám o sledovaném materiálu mnoho napovědět. Proces navrhování a realizace stavebních konstrukcí je ale natolik komplexní, že je nutné sledovat celou řadu dalších **technických parametrů**. Mezi nejvýznamnější technické vlastnosti patří např. **vlastnosti mechanické** (pevnost, modul pružnosti apod.), **chemické, biologické, hygienické, tepelné, vlhkostní, izolační** a celá řada dalších.

Tyto vlastnosti bývají často i protichůdné: například materiály s vysokými pevnostními parametry (materiály hutné) jsou většinou dobře tepelně vodivé, tj. nedají se používat jako materiály tepelněizolační a naopak (kovy – výborné vodiče, polystyren – izolant). Z tohoto pohledu mohou jednotlivé typy stavebních materiálů zabezpečovat jen jednu funkci kladenou na stavební konstrukce (statická únosnost, tepelněizolační funkce apod.).

Celá řada stavebních konstrukcí musí pak být navrhována jako systém složený z potřebných typů stavebních materiálů a vytváří tzv. sendvičové a vrstvené prvky (u sendvičových jednotlivé materiály spolupůsobí). V těchto sendvičových a vrstvených prvcích musí mít každý materiál svou určitou polohu, aby mohl plně vykonávat svoji funkci.

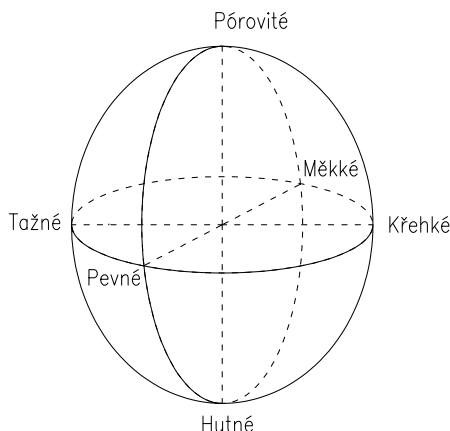
Výběr a vzájemné zastoupení materiálu je tak podmíněno kompletními znalostmi o jejich chování za různých podmínek a jejich spolehlivou kvalitou. Materiálové inženýrství proto vyžaduje hluboké znalosti přírodních zákonitostí. Vychází z poznatků různých vědních oborů počínaje matematikou, fyzikou, chemií, biologií, klimatologií a mnoha dalšími konče.

Součástí **optimálního výběru stavebních materiálů** musí být i komplexní úvaha o jejich použití a jejich užitných vlastnostech, nákladech spojených s jejich použitím v dané konstrukci včetně jejich trvanlivostních parametrů v daných podmínkách a **dlouhodobých ekologických dopadech**. Finální proces výroby stavebních konstrukcí se tak stává poměrně složitým souborem aplikací fyzikálních zákonů a přírodních jevů.

Vybraný typ materiálu musí splňovat požadovanou technickou funkci, která je závislá na původu použitého materiálu, technologii jeho výroby a na vzájemném ovlivňování okolním prostředím během životního cyklu každého provedeného stavebního díla.

Při popisu a aplikaci jednotlivých stavebních materiálů je proto potřebné si vždy uvědomovat základní informace, jako jsou **surovinové zdroje, technologie výroby, souhrn materiá-**

[®]
lových parametrů získaného výrobku, aplikační možnosti a dlouhodobá odolnost vůči působení okolního prostředí. Stavební materiály tvoří nesmírně rozsáhlý soubor látek s rozličnými vlastnostmi, na jejichž základě jsou pak vybírány pro daný účel.



Obr. 1.1 Schematické rozdělení stavebních materiálů podle jejich vnějších fyzikálních projevů

Při hodnocení vlastností materiálů vycházíme nejen ze znalostí jejich **materiálové struktury**, ale i z **praktických zkušeností** s jejich využíváním a z výsledků standardních zkoušek, které jsou používány pro posouzení předepsaných (závazných) vlastností se zajištěnou spolehlivostí. Detailní postupy pro zkoušení daných materiálových vlastností jsou dnes sjednoceny v podobě **národních či mezinárodně platných zkušebních norem**. Výsledky těchto dohodnutých normových zkoušek materiálových vlastností pak tvoří i základ pro výpočty stavebních konstrukcí, případně se využívají ke zpracování a zobecnění pro aplikaci v materiálovém inženýrství, k modelování či simulaci určitých jevů a stavů pro navrhování stavebních konstrukcí. Proto je součástí této učebnice i **zkušebnictví**.

1.2 Rozdělení stavebních materiálů

Sortiment a nabídka stavebních materiálů jsou velmi široké, a to jak z hlediska množství druhů, tak i jejich uplatnění ve stavebnictví. Pro zlepšení přehledu a jednoduchou orientaci se často stavební materiály rozdělují podle určitých charakteristik a vlastností, například podle původu, použití, funkce, materiálové podstaty či technologie výroby.

Podle původu můžeme rozdělit stavební materiály na:

- **přírodní**
 - anorganické (kámen, hlína, jíl),
 - organické (dřevo, rákos, bambus, ovčí vlna).
- **umělé, vyrobené z různých surovin**
 - anorganických (vápno, cement, sádra, keramické výrobky, sklo, kovy),

- organických (plasty, bitumeny, aglomerované dřevo, nátěrové materiály, izolační materiály),
- kombinovaných (sádkarton, polystyrenbeton, sklolaminát).

Podle použití (konstrukční funkce a účelu) se stavební materiály rozdělují na:

- **konstrukční** – vytvářející nosnou konstrukci stavby (vodorovnou i svislou), které se vyznačují především svými mechanickými vlastnostmi (pevnost v tahu, tlaku, odolností vůči statickým a dynamickým účinkům apod.);
- **výplňové** – tvoří výplň nosných konstrukcí přinášející zlepšení i některých izolačních vlastností (tepelných a zvukových). Vyznačují se na rozdíl od materiálů konstrukčních nižší objemovou hmotností, zvýšenou pórovitostí a snížením mechanických pevnostně-pružnostních vlastností. Zpravidla mají tyto materiály mnohem výhodnější některé vlastnosti spojené s vlastním užíváním a účelem dané stavby;
- **izolační** – zajišťují ochranu staveb proti působení nežádoucích (agresivních) vlivů okolního prostředí. Do této významné skupiny spadají tepelněizolační materiály zajišťující potřebnou tepelnou pohodu, dále hydroizolační materiály chránící před nežádoucí vlhkostí, zvukové izolace chránící před škodlivým hlukem z okolí, ochranné materiály omezující průnik radonu, chemických látek apod.;
- **dekorační** – vytvářejí nejen estetickou pohodu stavebních konstrukcí, ale i zvýšenou odolnost proti působení agresivního prostředí;
- **ostatní pomocné materiály** – používané po dobu výstavby, případně i zabudované do stavebního díla.

Významnou skupinu moderních stavebních materiálů tvoří kompozity. Jsou to složené materiály skládající se minimálně ze dvou jiných složek, kde každá plní svou danou funkci (beton, omítky, OSB desky, sklolaminát):

- **pojiva** – mají pojivovou funkci, v systému kompozitu slouží jako „lepidlo“ ostatních součástí (cement, sádra, vápno, epoxid apod.) a umožňují tak jejich vzájemné spolupůsobení;
- **plniva** – slouží jako výplň (písek, šterk, drcený kámen, keramzit), bývají zpravidla levnější;
- **výztužné materiály** – slouží k přenášení převážně tahových napětí (kovová vlákna, skleněná vlákna, keramická vlákna, dřevo). Kromě zvýšení pevnosti v tahu lze jejich použitím potlačit řadu nepříjemných vlastností, např. smrštění (vláknobeton);
- **pomocné materiály** – upravují některé vlastnosti (přísady, příměsi apod.). Zpravidla usnadňují výrobu nebo chrání před účinky agresivního prostředí a tím prodlužují životnost.

Často používaným hlediskem pro rozdělení stavebních materiálů je dělení podle jejich materiálové podstaty a technologie jejich výroby:

- výrobky z kamene,
- kamenivo,
- dřevo,
- keramické výrobky,
- sklo,
- vápenické výrobky,
- cementářské výrobky,
- autoklávované výrobky,

- kovové výrobky,
- živичné materiály,
- plasty (materiály na bázi organických makromolekulárních látek),
- výrobky na bázi dřeva a celulózy,
- ostatní materiály.

Z hlediska praktického použití se často stavební materiály dělí podle vybraných charakteristických vlastností na tvárné (hlína, asfalt), pružné (guma, ocel), křehké (sklo, beton), tvrdé (kámen, některé kovy a některé jejich slitiny, sklo), stálé nebo nestálé proti chemickým vlivům, tepelněizolační (dřevo, pěnové sklo a další materiály s napěněnou strukturou), žáruvzdorné, mrazuvzdorné, zvukově izolační apod., bez ohledu na jejich chemickou podstatu.

Přehled nejpoužívanějších stavebních materiálů a jejich základních vlastností, které je předurčují pro jejich stavební aplikace, je uveden v tab. 2.2. V případech materiálů, u nichž jsou tyto vlastnosti závislé na finálním provedení, je místo průměrné hodnoty uvedeno rozmezí.

Rozdělení stavebních materiálů v této učebnici vychází z **historie** jejich výroby a použití, z jejich **materiálové podstaty a technologie výroby**.

1.3 Dnešní stav a perspektivy rozvoje výroby stavebních materiálů

Výroba stavebních materiálů zahrnuje celou řadu výrobních fází, které jsou společné zvláště v počáteční fázi, tj. **těžba a úprava surovin**, dále vlastní **technologie jejich výroby** závislé na druhu materiálu a v závěrečné fázi způsoby **finalizace konečné podoby** stavebního materiálu.

Proto vlastní výroba stavebních materiálů zasahuje i do dalších průmyslových oborů, jako jsou strojírenství, hutnictví, chemické technologie (anorganické i organické), zpracování průmyslových odpadů (chemických, energetických apod.). Jedná se zejména o využívání škváry, popílků, vysokopeční strusky, dřevařských odpadů či speciálních odpadů z chemických výrob.

Na naší malé planetě je k dispozici jen **omezené množství surovin**, proto je v současné době kladen velký důraz na možnosti **využití** tzv. druhotných a odpadních surovin. Postupným výzkumem se tak vyvíjejí metody, jak odpad efektivně využít a v ideálním případě i zlepšit stávající vlastnosti. Pro stavebnictví jsou asi nejvýznamnějším dodavatelem takovýchto materiálů hutnictví a energetika (popílký, vysokopeční struska, energosádrovec apod.).

V současné materiálové základně ve stavebnictví převládají tzv. **stavební materiály silikátové**, u nichž jsou převažující složkou látky na bázi křemičitanů (silikátů). Do této skupiny patří například cement, cihlářské výrobky, vápno, beton a další.

Silikátové materiály jsou relativně snadno dostupné z hlediska surovinových zdrojů naší planety, mají výhodné vlastnosti pro stavební účely, vyznačují se dobrou zpracovatelností, trvanlivostí, ekonomickou výhodností a perspektivou pro udržitelný rozvoj života na naší planetě. Je u nich dobrý předpoklad dalšího rozvoje, a to zvláště v oblasti kompozitních (složených) materiálů s novými řízenými vlastnostmi a s vysokými mechanickými parametry. Vedle rozvoje

silikátové materiálové základny lze však očekávat i významné uplatnění a rozvoj základny metalurgické a chemické. Přesné údaje o současné výrobě a spotřebě stavebních materiálů jak u nás, tak celosvětově jsou obtížně zjistitelné, pro informaci jsou v *tab. 1.1* uvedeny přehledy výroby nejdůležitějších silikátových výrobků v naší republice v roce 2005.

Tab. 1.1 Přehled spotřeby vybraných stavebních hmot a výrobků v ČR (2005)

Druh stavebního materiálu	Jednotka	Množství	Poznámka
kamenivo drcené	Mt	30,32	
štěrkopísky těžené	Mt	15,64	
vápenec	Mt	7,02	využití v jiných průmyslových odvětvích
písky křemité a křemičité	Mt	2,71	využití v jiných průmyslových odvětvích
kaolín plavený	Mt	1,02	využití v jiných průmyslových odvětvích
beton	Mt	13,01	odhad – přesný údaj není k dispozici
cement	Mt	3,98	
betonová krytina	Mt	1,61	
suché maltové směsi	Mt	1,53	
vápno pálené	Mt	1,05	využití v jiných průmyslových odvětvích
krytina pálená	Mt	0,24	
vápenný hydrát	Mt	0,16	
sádra	Mt	0,13	
netvarované žáromateriály	Mt	0,11	
šamot	Mt	0,07	
sádrokartonové desky	Mm ²	36,41	
vláknocementové výrobky	Mm ²	22,78	
keramické dlaždice glazované	Mm ²	23,64	
keramické dlaždice neglazované	Mm ²	8,18	
stavební dílce	Mm ³	0,71	
cihly pálené	Mm ³	0,74	

Převládající silikátová surovinová základna pro výrobu stavebních materiálů je dána složením naší planety Země, jak je dokumentováno v následujícím přehledu v *tab. 1.2*.

Tab. 1.2 **Poměrné zastoupení prvků v zemské kůře (litosféře)**

Zastoupení prvků	O ₂	Si	Al	Fe	Ca	Na	K	Mg	Σ
[%]	47	28	8	5	4	2,5	2,5	2	99

Pozn.: Prvky Ti, H₂, C, Mn, P, S představují 0,8 %, na ostatní prvky tak zbývá 0,2 %.

Tuhé a chladnější vrstvy Země zasahují do hloubky asi 15 km, hlubší vrstvy se vyznačují vyššími teplotami, rostoucí plasticitou a odlišným chemickým a minerálním složením. Důsledkem velkých tlaků v těchto vrstvách dochází i k vytváření jiných mineralogických fází. Směrem k zemskému jádru roste obsah kovů, nejprve Al, Mg ve formě křemičitanů. Právě díky dominantnímu zastoupení lehčího hliníku Al a křemíku Si je zemská kůra často označována jako „Sial“. V nižších stupních pak můžeme narazit na Fe, Ni ve formě oxidů (O²⁻) a sulfidů (S²⁻). Zemské jádro je složeno pravděpodobně z metalického Fe a Ni v kapalně formě; stejně jako u zemské kůry i zde se často používá zkrácený název ze vzorců hlavních prvků, tedy „Nife“.

Tab. 1.3 **Vzdušný obal (atmosféra)**

Zastoupení prvků	O ₂	N ₂	Vzácné plyny	Vodní pára	CO ₂
[%]	~21	78	~1	~1	~0,03

Tab. 1.4 **Vodní obal (hydrosféra)**

Zastoupení prvků	O ₂	H ₂	Σ
[%]	88	11	99

Pozn.: Zbytek (1 %) připadá na rozpuštěné minerální soli.

Struktura a vlastnosti stavebních materiálů

2 kapitola

2.1 Základní vlastnosti stavebních materiálů

2.2 Vzájemné vztahy mezi vlastnostmi stavebních materiálů

2.3 Přehled hodnot nejdůležitějších vlastností stavebních materiálů

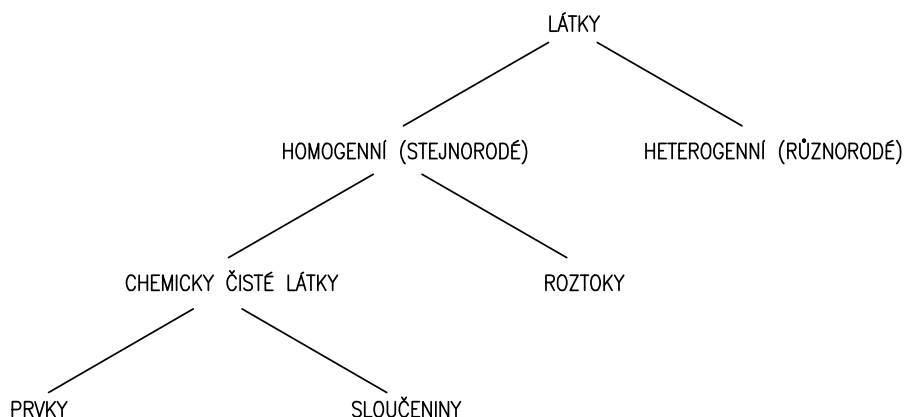
Stavební materiály jsou převážně pevné látky, které se skládají z částic různé velikosti, jež mají určitou energii a klidovou hmotnost. K látkovým formám v nejširším slova smyslu patří:

- elementární částice (např. elektrony, protony, neutrony),
- složitější mikročástice (atomy, ionty, molekuly),
- makroskopická tělesa v různých skupenstvích (tuhé látky, kapaliny, plyny), v mimozemském pohledu pak planety, hvězdy, hvězdné soustavy (galaxie) a soustavy těchto hvězdných soustav (metagalaxie).

Částice v pevných látkách jsou více či méně pravidelně uspořádány a zaujímají vůči sobě rovnovážné polohy. Způsobem uspořádání těchto částic je pak určena **struktura látky**. Obecně se látky dají rozdělit na látky **stejnorodé (homogenní)** a **různorodé (heterogenní)**. Homogenní látky se dále dělí na **chemicky čisté látky** a **roztoky**. Jsou zastoupeny jednak chemickými prvky (O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K), jednak chemickými sloučeninami (CaCO_3 , SiO_2 , NaCl, HCl, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$). **Chemické prvky** jsou chemická individua, nelze je dále dělit, mají charakteristické vlastnosti dané stavbou jejich atomu. **Chemické sloučeniny** se vyznačují konstantním poměrem prvků v nich zastoupených, mají definované základní vlastnosti (bod tání, bod varu), dají se chemicky dělit a připravit; nejmenší jednotkou je molekula se svými charakteristickými vlastnostmi. Schematicky je obecné rozdělení látek znázorněno na obr. 2.1.

Podle struktury se látky dělí na látky prosté a látky směsné (složené). Látky prosté se z hlediska míry uspořádání jejich základní strukturní jednotky dělí na látky **krystalické**, **amorfní** (nevytvářejí krystalickou mřížku) a **koloidní** (skládají se z velmi malých částic, např. želatina, kliš apod.).

Význam krystalické struktury lze ukázat na uhlíku C, který se vyskytuje v přírodě v několika modifikacích. Diametrálně jiné vlastnosti má diamant krystalizující v soustavě kubické (krychlové) a naproti tomu například grafit vyskytující se v soustavě šesterečné.



Obr. 2.1 Obecné rozdělení látek

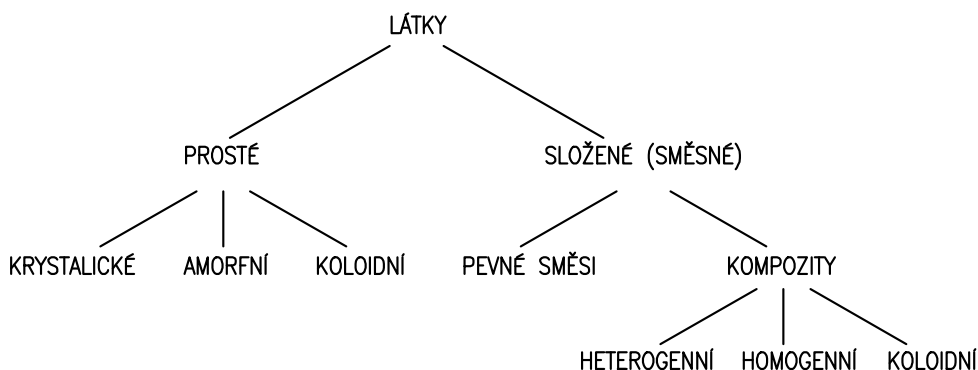
Dále lze stavební materiály rozdělit podle způsobu uspořádání jejich struktury na látky:

- izotropní – mají ve všech směrech stejné vlastnosti;
- anizotropní – mají v různých směrech různé vlastnosti. Zvláštním případem anizotropie je dřevo, které má ve směrech na sebe kolmých (po vlákněch a kolmo na ně) různé vlastnosti, zde mluvíme o tzv. ortotropii.

Látky složené (směsné) sestávají ze dvou hlavních skupin, které představují **pevné směsi** a **látky vyztužené (kompozitní)**, obsahující tzv. matici (pojivo) a výztuž (zrnitou nebo vláknitou). Jako příklad pojiva můžeme uvést cement, jenž ve spojení s kamenivem (zrnitou výztuží) tvoří beton; ve spojení s azbestem (vláknitou výztuží) pak cementoazbestové desky. Kompozity mohou mít charakter látek homogenních, heterogenních či koloidních (obr. 2.2).

- **Látky složené (směsné) homogenní** se vyznačují proměnlivým chemickým složením, dají se fyzikálně připravit a na rozdíl od čistých látek se vyznačují intervaly tání a varu. Skládají se ze dvou nebo tří fází v různých kombinacích, např. fáze tuhá – tuhá (sklo, slitiny), tuhá – kapalná (pravé roztoky), plynná – plynná (vzduch).
- **Látky složené (směsné) heterogenní** mají proměnlivé chemické složení, dají se fyzikálně připravit a opět mají intervaly tání a varu. Jejich mikrostruktura je tvořena ze zrn (fází) a pórů. Příkladem jsou kombinace fází tuhá – tuhá (žula, beton, keramika), tuhá – kapalná (čerstvý beton, lité směsi), kapalná – plynná (mlha, pěny), tuhá – plynná (pórobeton, vytvrzené napěněné plasty).
- **Látky složené (směsné) koloidní** tvoří rozhraní mezi látkami homogenními a heterogenními. Jejich fáze jsou fragmentovány do částic o rozměrech 1–20 μm .

Jak plyne z předchozích úvah, **vlastnosti stavebních materiálů** jsou stejně jako vlastnosti materiálů obecně **odrazem jejich vnitřní struktury, fyzikální vlastnosti jsou však i odrazem vlivu technologie jejich výroby**. Z dlouhodobého hlediska ovšem nelze opomenout ani účinky okolního prostředí, díky nimž se vlastnosti látek výrazně mění.



Obr. 2.2 Rozdělení látek podle struktury

V zásadě se vlastnosti stavebních materiálů dají rozdělit na vlastnosti fyzikální, chemické a biologické:

- **Vlastnosti fyzikální**, zvláště pak jejich hlavní část, kterou označujeme za vlastnosti **mechanické**, představují většinu vlastností stavebních materiálů. Slouží jako jejich určující parametry pro uplatnění ve stavebnictví, pro posuzování jejich kvality při výběru nejvhodnějšího typu materiálu, hotové stavební konstrukce a dlouhodobé trvanlivosti.
- **Chemické vlastnosti** závisí především na **chemickém a mineralogickém složení** jednotlivých stavebních materiálů, jejich vzájemném působení, ve stavebních konstrukcích a na vlivu okolního prostředí, které může významně ovlivňovat jejich dlouhodobou životnost.
- **Biologické vlastnosti** tvoří nedílnou součást znalostí vlastností stavebních materiálů z pohledu jejich **účinku na živé organismy**. Jedná se především o otázku tzv. zdravotní nezávadnosti stavebních materiálů, kdy je snaha omezit negativní vliv některých materiálů na člověka (rozptýlený azbest, záření apod.). Negativní účinky na některé živé organismy však mohou být cíleně využity, například z důvodu zabránění vzniku degračních mechanismů vlivem biologické koroze různými typy mikroorganismů a živočichů (houby, plísňe, mechy, hmyz apod.).

Podrobné informace o vlastnostech stavebních materiálů jsou předmětem vědních oborů, jako jsou fyzika, chemie, biologie, fyzikální chemie, chemická technologie, mineralogie, krystalografie apod. Protože zcela přesahují potřeby této učebnice o základních znalostech stavebních materiálů, budou uváděny jen v některých případech u vybraných nejpoužívanějších typů ve stavebnictví.

2.1 Základní vlastnosti stavebních materiálů

Za hlavní fyzikální a mechanické vlastnosti, s nimiž stavební technici a inženýři pracují v jednotlivých oborech stavebnictví, lze považovat např. **přesnost výrobních rozměrů, měrnou a objemovou hmotnost, hutnost, pórovitost, mezerovitost, vlhkostní vlastnosti**

(vlhkost, navlhavost, vztlácnost), mrazuvzdornost, pevnostní parametry, odolnost vůči vysokým teplotám, tepelné a akustické vlastnosti a celou řadu dalších.

O vzhledu stavebního díla rozhoduje zejména barva a struktura povrchu finálních materiálů v konstrukci. U kusových výrobků záleží na přesnosti výrobních rozměrů. Běžnými postupy se však finálního rozměru dosahuje s určitou **výrobní tolerancí**. U jednotlivých výrobků je výrobními normami většinou stanovena nějaká povolená mez, což představuje maximální dovolenou odchylku od předepsaných rozměrů. Skutečné rozměry se stanovují měřením a uvádějí se v m a mm.

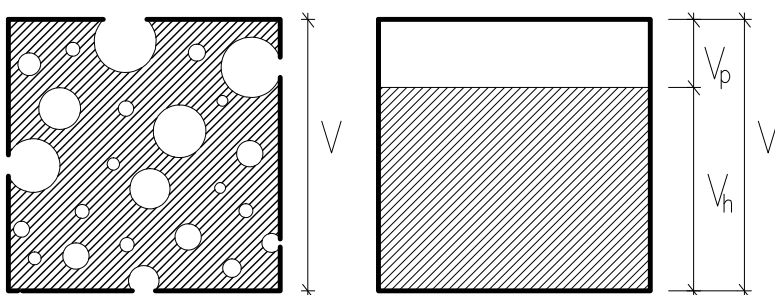
Hmotnost představující setrvačnou tíhovou vlastnost stavebních materiálů, obvykle vztažujeme na hmotnost látky ve vysušeném stavu (u látek pórovitých). Stanovujeme ji vážením a vyjadřujeme v kg nebo g, případně tunách.

2.1.1 Základní fyzikální vlastnosti

K základním fyzikálním vlastnostem řadíme ty, k jejichž určení nám obvykle postačí stanovení jejich hmotnosti, resp. změny hmotnosti a rozměrů výrobku či zkušební vzorku pro účely zkušebnictví. Jedná se o vlastnosti, které daný materiál výrazně charakterizují a na nichž závisí i řada dalších parametrů. Patří sem měrná a objemová hmotnost, pórovitost, mezerovitost, vlhkostní vlastnosti, zrnitost a další.

2.1.1.1 Měrná a objemová hmotnost

Měrná hmotnost (hustota, specifická hmotnost) a objemová hmotnost jsou definovány jako hmotnost m objemové jednotky látky. V případě měrné hmotnosti ρ , někdy nazývané též hustotou či specifickou hmotností, počítáme s tzv. objemem vlastní látky (tedy bez dutin, pórů a mezer) – objem V_h . V případě objemové hmotnosti ρ_v s objemem celé látky (včetně dutin, pórů a mezer) – objem V_p , který zahrnuje i objem pórů V_p (viz obr. 2.3).



Obr. 2.3 Rozlišení objemu vlastní látky a pórů

Vyjádřeno matematicky:

$$\rho = \frac{m}{V_h} \quad [\text{kg/m}^3] \quad \rho_v = \frac{m}{V} \quad [\text{kg/m}^3]$$

ρ – hustota, měrná (specifická) hmotnost [kg/m^3]

ρ_v – objemová hmotnost [kg/m^3]

m – hmotnost [kg]

V_h – objem tuhé fáze [m^3]

V – objem včetně vnitřních pórů a dutin [m^3]

PŘÍKLAD

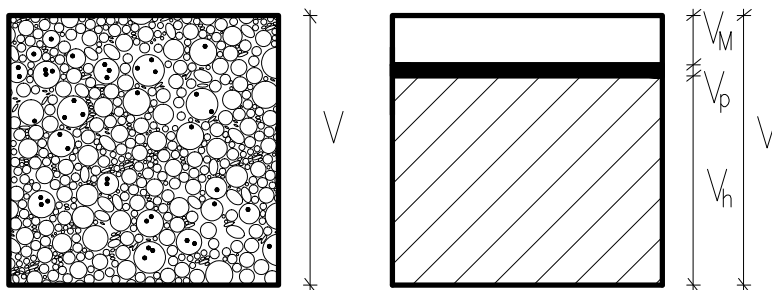
Vypočtěme objemovou hmotnost pórobetonového bloku o rozměrech $500 \times 1\,000 \times 400 \text{ mm}$ a hmotnosti 150 kg. Výsledná objemová hmotnost tohoto bloku je vlivem velkého množství pórů 750 kg/m^3 .

Zjistíme nyní měrnou hmotnost pórobetonu z předešlého příkladu. Dokonalým rozemletím uvedeného bloku jsme získali 150 kg hromadu prachu, kde objem všech zrníček dohromady je 50 litrů (původní blok měl 200 litrů). Podílem objemu pevné fáze a hmotnosti dostaneme měrnou hmotnost $3\,000 \text{ kg/m}^3$.

Ze vzorců a uvedených příkladů je zřejmé, že rozměrové jednotky obou těchto základních vlastností jsou stejné (kg/m^3), číselně se však obě vlastnosti mohou značně lišit. U látek hutných (s nulovou pórovitostí) a kapalin budou obě hodnoty sobě rovné a lze je v tomto případě vzájemně nahrazovat.

Objemová hmotnost u pórovitých materiálů však závisí na obsahu vlhkosti a může se s ní měnit. Proto je třeba udávat i hodnotu vlhkosti, při které byla tato vlastnost stanovena (objemová hmotnost v suchém stavu, vlhkém či zcela nasyceném stavu).

Pokud se týká pevných látek, není stanovení těchto vlastností (mimo uvedené závislosti na vlhkosti) žádným problémem. U látek sypkých, kde se vedle pórovitosti jednotlivých zrn vyskytují také dutiny a mezery, je objemová hmotnost ještě závislá na jejich nakypření. Rozlišujeme pak **objemovou hmotnost zrn (obj. hmotnost kusová)**, která je číselně stejná jako objemová hmotnost ($V = V_h + V_p$). Zavedeme-li do objemu i objem mezer mezi zrny V_M ($V = V_h + V_p + V_M$), dostáváme **objemovou hmotnost sypanou**, která bude číselně menší (viz obr. 2.4).



Obr. 2.4 Rozlišení objemu vlastní látky, mezer mezi zrny a pórů

V_h – objem tuhé fáze [m^3]

V_p – objem vnitřních pórů a dutin [m^3]

V_M – objem mezer mezi jednotlivými zrny [m^3]

V_h – objem zrn [m^3]