

# OCHRANA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ A VYUŽITÍ VÁPENCŮ

Ing. Jan Gemrich

Ing. Jiří Lahovský, CSc.

Ing. Tomáš Tábořský



Vydalo Ministerstvo životního prostředí České republiky  
ve spolupráci s Výzkumným ústavem maltovin Praha

1998

**OCHRANA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**

**A VYUŽITÍ VÁPENCŮ**

**Ing. Jan Gemrich**

**Ing. Jiří Lahovský, CSc.**

**Ing. Tomáš Táborský**



Vydalo Ministerstvo životního prostředí České republiky  
ve spolupráci s Výzkumným ústavem maltovin Praha

1998

© 1998

Ing. Jan Gemrich  
Ing. Jiří Lahovský, CSc.  
Ing. Tomáš Táborský

ISBN 80-7212-049-2

© realizace: ARTIS - reklamní studio Beroun

## OBSAH:

1.	Úvod	5
2.	Vápence, jejich vznik a složení	6
3.	Z historie využívání vápenců	7
4.	Rozdělení vápencových surovin	8
5.	Ložiska vápenců v České republice	12
6.	Zásady moderní těžby	15
7.	Zásady výroby vápna a vápenného hydrátu	18
8.	Zásady výroby cementu	20
9.	Zásady výroby suchých omítkových a maltových směsí	24
10.	Vápno a vápence pro ochranu životního prostředí	25
10.1.	Odsiřování	26
10.2.	Čistění odpadních vod, úprava kalů a odpadů	28
10.3.	Úprava pitné a průmyslové vody	29
10.4.	Lesní hospodářství	30
10.5.	Rybníkářství	30
10.6.	Rostlinná výroba a ovocnářství	31
11.	Cement a beton	32
12.	Suché omítkové a maltové směsi pro obydlí	34
13.	Úspora surovin a paliv likvidací odpadů	36
13.1.	Úspora surovin	37
13.2.	Úspora paliv	38
14.	Udržitelný rozvoj, výroba vápna a cementu a nerostné surovinové zdroje	41
15.	Mezinárodní spolupráce	45
16.	Závěr	46
17.	Použitá literatura	47



# 1. ÚVOD

Ochrana životního prostředí je důležitou součástí našeho každodenního života. Úroveň současné civilizace přesvědčuje, že člověk je nucen v zájmu zachování svého životního standardu dbát na důslednou rovnováhu mezi svými potřebami a potřebami přírody a budoucích generací.

Těžba a zpracování vápence jsou příkladem možného střetu zájmů mezi využíváním nerostných surovin a ochranou životního prostředí. Takový střet je typický pro ekonomické prostředí, jde však o to, aby se konflikty, ke kterým může docházet, měnily v soulad a porozumění. V případě těžby a zpracování vápenců docházelo v minulosti ke značným škodám na životním prostředí i k méně šetrnému využívání této cenné nerostné suroviny.

**Hlavním úkolem této publikace je ukázat velké možnosti při enviromentálním využívání vápenců i některá další hlediska jejich zpracování.**

Autoři této publikace děkují Ministerstvu životního prostředí České republiky, jeho oddělení vzdělávání a osvěty odboru strategií a odboru geologie, za možnost zveřejnit své zkušenosti se zpracováváním a enviromentálním využitím vápenců a předložit tento materiál k širší diskusi.

Autoři rovněž vřele děkují za cenné připomínky doc. dr. Zdeňku Kukulovi z Českého geologického ústavu a ing. Miloši Cikrtovi ze Svazu výrobců cementu a vápna Čech, Moravy a Slezska.

**Dějiny využívání vápenců člověkem jsou několikatisícileté a není sporu o tom, že od průmyslové revoluce v minulém století dodnes rostou možnosti zpracování a využívání této suroviny. Historické heslo »Bez vápna není života« se sice může zdát hodně nadnesené, avšak jen do chvíle, než se podrobněji seznámíme s tím, jak jsme na využívání vápenců a vápna závislí a jak jsou dnes tyto materiály nezbytné i pro enviromentální účely.**

Vápence jsou surovinou pro metalurgii, stavebnictví a výrobu stavebních hmot, průmysl chemický a farmaceutický, výrobu skla, papíru a celulózy a koželužství. Jsou důležité pro zemědělství, potravinářství a zdravotnictví, v průmyslu keramickém i petrochemickém.

**Stále větší podíl vápenců, dolomitů a vápen směruje do ochrany životního prostředí a do péče o krajinu. Slouží především pro čištění odpadních vod, k úpravě kalů a odpadů, pro úpravu pitné a průmyslové vody, k odsiřování a čištění spalin, pro neutralizaci a vápnění lesních a polních půd.**

V současné době se mletý vápenec a vápno používají k odsiřování spalin v tepelných elektrárnách, teplárnách a spalovnách. Produktem odsiřování je energosádrovec, z něhož se vyrábí sádra a sádrokartonové desky.

## 2. VÁPENCE, JEJICH VZNIK A SLOŽENÍ

Vápence patří mezi horniny sedimentární, krystalické vápence mezi horniny metamorfované. Krystalické vápence vznikly metamorfózou vápenců sedimentárních. Nejednotně je užíván termín mramor. Podle některých jde o synonymum krystalického vápence, správně jím však rozumíme jakýkoliv vápence, ať sedimentární nebo krystalický, kterého je možno použít pro dekorativní účely.

Vápence patří mezi sedimenty biochemické a chemické, což znamená, že se na jejich vzniku podílely biogenní i chemické pochody. Většina vápenců vznikla v mořích a na jejich genezi se podílely horninotvorné organizmy. Z nich jsou nejdůležitější korály, ostnokožci, stromatopory, řasy, foraminifery, ostrakodi, mlži, plži, ramenonožci, trilobiti a houby. Mohly se usazovat již jako pevné struktury, např. korálové a řasové biohermy, či útesy, nebo jako sypké usazeniny, jež byly později zpevněny během diagenese. I ve sladkých vodách, v jezerech, řekách i jeskyních vznikaly vápence obojího druhu, biogenní i chemogenní. Vápence se mohou vytvořit i jako krusty na souši i jako vrstvy v půdách. Známe dvě hlavní podmínky vzniku větších akumulací vápenců, a to klima a nepřítomnost jílového či písčitého materiálu. Velké mocnosti vápenců vznikaly v tropickém a subtropickém klimatickém pásmu a tam, kam řeky nepřinášejí nevápnitý klastický materiál.

**Vápence jsou po jílových a pískových sedimentech třetí nejhojnější sedimentární horninou. Odhady jejich objemu kolísají mezi 18 % až 29 % ze všech sedimentů. V Českém masivu, který tvoří větší část České republiky, je 9 % sedimentů tvořeno vápenci.** Jsou časově velmi nerovnoměrně rozděleny. V proterozoiku, kambriu a ordoviku jsou výjimkou, zato v siluru nastupuje mohutná vápencová sedimentace, která vrcholí v devonu. V dalším vývoji, tj. karbonu, permu a triasu je vápenců nedostatek, avšak v juře převládají a i v křídě je jich dostatek. Mladší vápence, tzn. třetihorní a čtvrtohorní, jsou výjimkou. V karpatské soustavě, geologicky menší části České republiky, jsou jen ojedinělé, i když důležité výskyty vápenců.

Krystalické vápence vznikly přeměnou sedimentárních vápenců za vysokých teplot a tlaků. Jsou proto hrubě krystalické a jen zřídka v nich nacházíme stopy původních biogenních a chemogenních struktur. Obsahují příměsi vysokotlakých a vysokoteplotních minerálů (např. chloritů, slíd, amfibolů, grafitu) a mívají čočky silikátových metamorfovaných hornin (např. amfibolitů, erlánů). Celosvětově tvoří jen nepatrné procento metamorfovaných hornin, v Českém masivu jsou však v různých metamorfních serích důležitými ložisky.

### 3. Z HISTORIE VYUŽÍVÁNÍ VÁPENCŮ

První využití vápence člověkem bylo pasivního charakteru. Krasové jeskyně a výklenky byly pro něj nejlepším úkrytem. Úprava obydlí vylamováním vápencových bloků a stavba ohnišť, to již byl pomalý přechod k využívání aktivnímu.

Není pochyb o tom, že v mladší době kamenné, neolitu, bylo využívání vápence a později i vápna, zcela běžné. Mnoho kamenných industrií, např. mlatů, palic, sekyrek a motyk, bylo zhotoveno hrubým i jemnějším opracováním vápencových kamenů. Vápence byl všude dostatek, rozpadal se na bloky i menší kameny a byl měkký a dostupnější než pazourek či obsidián.

Člověk se poměrně brzy naučil pálit a používat vápno, i když nevíme, jak vlastně výrobu vápna objevil. Pravděpodobně k tomu došlo, když na otevřeném ohništi vypálil vápencové kameny a déšť rozhasil vápno na vápenný hydrát, který s vodou vytvořil plastickou maltu.

Archeologové odkryli v letech 1965 - 1968 v bývalé Jugoslávii důležité prehistorické osídlení, nazvané podle blízké obce Lepenski Vir. Nalezli zde podlahy z malty, kterou obyvatelé vyrobili z vápna, sádry, písku a jílu. Radiokarbonovou metodou datování bylo stáří určeno na 6000 let. Až z doby 12000 let př. n. l. pocházejí zbytky vápenné malty z jihoturecké lokality.

Postupně se však stalo používání vápenné zdíci malty a omítky běžné v mnoha civilizacích ve všech světadílech.

Byly používány přísady, které dodávaly maltám hydraulické vlastnosti, čímž se svým chováním přiblížily současným cementům a získaly vysokou odolnost vůči mořské a agresivní vodě. Byly to nejprve pálené jíly, případně i cihelné nebo hliněné střeby, třeba u Feničanů od 10. století př. n. l. Později Řekové přimívali do vápna sopečné popely a tufy z ostrova Théra v Egejském moři. Také Římané přidávali při mletí vápna sopečné popely z okolí Vesuvu, zejména z městečka Pozzuoli, 15 km západně od Neapole. Těmto aktivním přísadám dodnes říkáme přeneseně pucolánové. V 16. století byly již obecně známy výhodné vlastnosti vápen hydraulických, pálených ze slinitých vápenců, obsahujících primárně přimísenou silikátovou složku.

V Praze a jejím okolí se v 18. století páliło vápno na mnoha místech, v Braníku, v Podolí, v Radlicích a na Zlíchově, všude, kde byly velké zásoby místních silurských a devonských vápenců. Vyrobené hydraulické vápno bylo velmi ceněno i v cizině a pod názvem Pasta di Praga bylo vyváženo do Benátek na stavbu paláců a do Londýna na konstrukci nábřeží Temže.



## 4. ROZDĚLENÍ VÁPENCOVÝCH SUROVIN

Vápence, podobně jako ostatní horniny, dělíme do tříd podle složení s přihlédnutím k jejich genezi. Využíváme i znalosti o tom, jak početné jsou jednotlivé členy řady vápenec - jílovec nebo vápenec - pískovec. To jsou zásady klasifikace petrologické.

Vápence se totiž zřídka vyskytují čisté a mají příměsi křemenného písku, jílu, karbonátu dolomitu, jindy i novotvořeného křemene, fosfátu nebo minerálů železa. Pokud vápenec s přibýváním těchto příměsí tvoří dvousložkovou řadu, klademe hranice mezi sedimenty na 10, 50 a 90 % složky. Příkladem je řada vápenec - jílovec. Má-li vápenec do 10 % jílu, nazýváme ho prostě vápencem. Má-li jílu mezi 10 a 50 %, jde o jílovitý vápenec, je-li jílu mezi 50 % a 90 %, máme vápnitý jílovec a je-li sediment tvořen z více než 90 % jílem, je to již jílovec.

Z geologického hlediska nezavrhujeme ani termín slín (případně zpevněný slínovec), který má 25 % až 75 % vápnité složky. V řadě vápenec - dolomit dělají petrologové určitou výjimku a při studiu karbonátových sedimentů často používají klasifikaci podrobnější.

Tab. č. 1 - KLASIFIKACE ŘADY VÁPENEC - DOLOMIT

Hornina	Obsah v %	
	Vápenec	Dolomit
Vápenec	100 - 95	0 - 5
Slabě dolomitický vápenec	95 - 75	5 - 25
Dolomitický vápenec	75 - 50	25 - 50
Vápnitý dolomit	50 - 25	50 - 75
Slabě vápnitý dolomit	25 - 5	75 - 95
Dolomit	5 - 0	95 - 100

Některé vápence mají více než dvě složky a přecházejí jak do jílovců, tak do dolomitů, případně i do silicitů. V případě přítomnosti tří složek používáme klasifikační trojúhelníky, do jejichž vrcholů klademe přítomné složky. Používáme známých hranic 10 % - 50 % - 90 %, název horniny pak je tříslavný, např. jílovito-dolomitický vápenec.

**Podkladem pro zařazení do klasifikace je chemická analýza oxidů CaO a MgO, přičemž procento MgO přepočteme na obsah dolomitu.** Chemickou analýzu může nahradit náročnější přímé stanovení obsahu kalcitu a dolomitu rentgenspektrální metodou.

Je rovněž zvykem stanovit obsah jílu přepočtením procenta nerozpuštěného zbytku. Kromě této klasifikace, která je založena na procentickém obsahu minerálů, používají u vápenců petrologové i klasifikaci strukturní. Ta je velmi složitá a vyjadřuje slovy obsahy jednotlivých složek, např. úlomků organismů, jemnozrnného mikritu, agregátů apod. Podle ní pak nazýváme vápen-

ce např. biotritických (tvořenými převážně úlomky organismů), biolitovými (tvořenými neporušenými organismy zachovalými na místě), mikritovými (tvořenými převážně jemnozrnným mikritem, jak mechanického tak chemického vzniku).

Metamorfované krystalické vápence klasifikujeme mineralogicky a chemicky stejně jako vápence sedimentární podle příměsi dolomitu a jílu. Jejich strukturní klasifikace je však založena na velikosti krystalů:

#### Velikost krystalů kalcitu v mm

- nad 1,0
- 0,25 - 1,0
- 0,05 - 0,25
- 0,005 - 0,05
- pod 0,005

#### Strukturní pojmenování vápence

hrubě krystalický  
středně krystalický  
jemně krystalický  
mikrokrystalický  
kryptokrystalický

Kromě petrologické klasifikace máme i klasifikaci technologickou. Ta má za základ rozlišení druhů vápenců podle možnosti použití v průmyslu a zemědělství. Jakýmsi přechodem mezi petrologickou a technologickou klasifikací je třídění, používané v Ústředním ústavu geologickém Vachtlem et al. v roce 1962:

**Tab. č. 2 - ROZDĚLENÍ VÁPENCŮ PODLE VACHTLA**

Sediment	Obsah v hm. %	
	CaCO <sub>3</sub>	Jíl
Vápenec vysokoprocentní	100 - 98	0 - 2
Vápenec chemický, čistý	95 - 95	2 - 5
Vápenec	95 - 90	5 - 10
Jílovitý vápenec	90 - 75	10 - 25
Slín vysokoprocentní	75 - 40	25 - 60
Slín nízkoprocentní	40 - 15	60 - 85
Vápnitý jíl	15 - 5	85 - 95
Jíl	5 - 0	95 - 100

U této klasifikace byly definovány vysokoprocentní vápence a podrobněji roztrženy přechodné členy řady vápenec - jíl (jílovec, jílová břidlice). Byla používána jen v šedesátých letech v době zvýšeného zájmu o vápence pro nejrůznější účely.

Odborníci na výrobu cementu navrhli a používali klasifikaci Kühla a Knotteho:

**Tab. č. 3 - ROZDĚLENÍ VÁPENCŮ PODLE KÜHLA A KNOTTEHO**

Podle Kühla		Podle Kühla a Knotteho	
% CaCO <sub>3</sub>		% CaCO <sub>3</sub>	
96 - 100	Hochprozentiger Kalkstein	98 - 100	Vysokoprocentní vápenec
90 - 96	Mergeliger Kalkstein	90 - 98	Slinitý vápenec
75 - 90	Kalkmergel	75 - 90	Vápnitý slín
40 - 75	Mergel	40 - 75	Slín
10 - 40	Tonmergel	10 - 40	Jílovitý slín
4 - 10	Merliger Ton	4 - 10	Slinitý jíł
0 - 4	Ton	0 - 4	Jíł

V současnosti je pro vápence z hlediska jejich použití jako nerostné suroviny používána jednoduchá klasifikace. Podle ní jsou těž vápence zařazeny v Geofondu ČR do registru ložisek:

- Vysokoprocentní vápence (VV) - s obsahem alespoň 96 % karbonátové složky (z toho max. 2 % MgCO<sub>3</sub>)
- Vápence ostatní (VO) - s obsahem alespoň 80 % karbonátů (z toho max. 15 % MgCO<sub>3</sub>)
- Zemědělské vápence (VZ) - mají nejméně 75 % karbonátů (u nebilančních zásob stačí 70 %).

Do bilance zásob vápenců ostatních a zemědělských byla zahrnuta některá ložiska doložitů a vápnitých dolomitů.

V obchodní a technické praxi je jakost posuzována podle chemického složení, uvedeného v normě ČSN 72 1217.

**Tab. č. 4 - CHEMICKÉ SLOŽENÍ VÁPENCŮ**

Chemické složení		třída jakosti							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VII
CaCO <sub>3</sub> +MgCO <sub>3</sub>	nejméně	98,5	97,5	96,0	95,0	93,0	85,0	80,0	75,0
z toho MgCO <sub>3</sub>	nejvýše	0,5	0,8	2,0	4,0	6,0	10,0	15,0	
SiO <sub>2</sub>	nejvýše	0,3	0,8	1,5	3,0	4,5	6,0	8,0	18,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,2	0,4	0,8	2,0	3,5	5,0	6,0	6,0
z toho Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,03	0,1	0,3	1,0	2,0	2,5	2,5	
MnO	nejvýše	0,01	0,03	0,03	0,03	nestanoví se			
SO <sub>3</sub>	nejvýše	0,08	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5	0,5	2,0

**Jednotlivé třídy vápence uvedené v tabulce jsou určeny převážně pro tyto účely:**

- I. třída - sklářské, gumárenské, pro chemii, hutě, výrobu stavebních hmot, výrobu vzdušného vápna.
- II. třída - sklářské, gumárenské, pro výrobu stavebních hmot, pro výrobu vzdušného vápna, chemii a hutě.
- III. třída - cukrovarnické, potravinářské, gumárenské, sklářské, pro chemii, výrobu buničiny, odkyselování vod, jemnou keramiku, výrobu stavebních hmot, hutě.
- IV. třída - sklářské, pro výrobu stavebních hmot, hutě, zemědělské (krmné) účely.
- V. třída - sklářské, pro výrobu stavebních hmot, zemědělské (krmné) účely.
- VI. a VII. třída - zemědělské, pro výrobu stavebních hmot a další průmyslové účely.
- VIII. třída - zemědělské (hnojení) a pro výrobu stavebních hmot.

## 5. LOŽISKA VÁPENCE V ČESKÉ REPUBLICE

Česká republika je poměrně bohatá na vápencové suroviny, jejich využití je však do značné míry omezeno horší kvalitou, geologickými podmínkami a střety s požadavky na ochranu životního prostředí. Geofond České republiky, jako informační a dokumentační složka státní geologické služby, registroval v roce 1997 103 ložisek vápenců, z nichž jen 26 bylo těženo. Tato ložiska jsou rozdělena nerovnoměrně do různých geologických jednotek. V následujícím přehledu uvádíme jejich stručnou charakteristiku:

### DEVON BARRANDIENU - STŘEDNÍ ČECHY

Klasická oblast výskytu i využití vápenců. Ložiska jsou hlavně spodnodedovského, částečně i silurského stáří. Vyskytují se vápence mnoha typů, hlavně biodetritické, mikritové i biolitové (vysokoprocentní vápence z koněpruského útesu). Často přecházejí do dolomitických i jílovitých vápenců.

Oblast je významným zdrojem vysokoprocentních vápenců pro náročné použití i výrobu kvalitních vápen. Z podsítné frakce a ostatních vápenců je vyráběn cement.

Výrobu vápna a vápenců zabezpečují v této oblasti vápenky v Čertových schodech a v Loděnicích a výrobu cementu cementárny v Králově Dvoře a v Radotíně. Vápenka Loděnice je navíc významným výrobcem suchých maltových směsí.

V Barrandienu je 15 těžených ložisek se zásobou 805 milionů tun suroviny.

### PALEOZOIKUM ŽELEZNÝCH HOR - VÝCHODNÍ ČECHY

Oblast výskytu krystalických vápenců uprostřed železnohorského krystalinika. Vyskytují se zde podolské vápence s obsahem kolem 95 %  $\text{CaCO}_3$  a tmavší krystalické vápence s nižšími obsahy karbonátu (cca 90 %  $\text{CaCO}_3$ ).

Vápence se používají pro výpal vápna v šachtových pecích ve vápence v Prachovicích. Podsítná frakce a vápence horší jakosti se používají jako surovina k výrobě portlandského slínku v cementárně v Prachovicích.

Zdejší zásoby byly vypočteny na 170 milionů tun.

### STŘEDOČESKÉ METAMORFOVANÉ OSTROVY

Krystalické vápence se vyskytují na dvou menších izolovaných územích a jsou poměrně dobré jakosti.

Z lomu Skoupý u Sedlčan se jemně mletý vápenec dodává na hnojení zemědělských půd a velmi jemně mletý vápenec na výrobu krmiv. Vápencová drť se používá v čistírnách odpadních vod i na odsířování kouřových plynů. Další mleté vápence se uplatňují při výrobě asfaltových směsí pro silniční povrchy.

Celkové zásoby byly vypočteny na 40 milionů tun.

## **KRKONOŠSKO - JIZERSKÉ KRYSTALINIKUM**

Krystalické vápence, silně metamorfované, zřejmě devonského stáří, se vyskytují v několika zónách. Jsou často dolomitizované a mají vyšší příměs silikátů.

Závod v Kunčicích nad Labem se orientuje na výrobu vápenců pro ekologii a výrobu suchých maltových a omítkových směsí.

Celkové zásoby byly vypočteny na 552 miliónů tun.

## **MOLDANUBIKUM JIŽNÍCH ČECH**

V pestré skupině moldanubika je 24 ložisek silně metamorfovaných krystalických vápenců. Vápence jsou silně dolomitizované, takže nemohly být ani v minulosti využity pro výrobu cementu.

Závod ve Velkých Hydčicích vyrábí vápno v šachtových pecích a je zároveň i výrobcem suchých maltových a omítkových směsí.

Součet zásob na moldanubických ložiskách je 461 miliónů tun.

## **MORAVSKÝ DEVON**

Rozsáhlá oblast, zahrnující Drahanskou vrchovinu včetně Moravského krasu, boskovickou brázdu, konicko-mladečskou oblast, hranický devon a čelechovicko-přerovský devon. Vápence jsou převážně devonského, zčásti i spodnokarbonského stáří. Ze surovinového hlediska jsou nejdůležitější vápence vilémovické, z dalších pak vápence křtinské, hádské a lažánecké. Vápence jsou sedimentární, převládají v nich biomikritové typy, přítomny jsou i biolitové vápence stromatoporové a řasové. Jejich diagenetická přeměna je silnější než u vápenců barrandienských, místy dosahuje slabé metamorfózy. Vápence vilémovické jsou vysokoprocenní s obsahy 96 - 98 % CaCO<sub>3</sub>. Kvalitní vápence křtinské jsou těženy v lomu Mokrá. Jsou používány pro výrobu vápen I třídy jakosti a vápence s nižším obsahem karbonátu pro výrobu portlandského cementu.

Výroba vápna a vápenců je v této oblasti soustředěna v závodě Mokrá, výroba cementu taktéž v závodě Mokrá a dále v cementárně Hranice. Suché omítkové a maltové směsi se vyrábí v závodě Čebín.

Celkové zásoby na 245 ložiskách jsou 461 miliónů tun.

## **SILESÍKUM - SKUPINA BRANNÉ, OBLAST VITOŠOV A ZÁBŘEŽSKÁ SÉRIE**

V této oblasti jsou menší ložiska krystalických vápenců, tvořící čočky a zóny v silně metamorfovaných horninách. Některá z nich těží vysokoprocenní vápence s obsahy až 98 % CaCO<sub>3</sub>. Na ložisku Lipová - Na Pomezí jsou jedny z nejčistších vápenců v celé republice. Krystalické vápence se používaly na ušlechtilou kamenickou výrobu, později bylo ložisko přehodnoceno na využití jako plnivo. Proto se u lokality Lipová vyrábějí mikromleté vápence.

V oblasti vitošovského ložiska je vápenka Vitošov, která vyrábí vápno, vápence a suché omítkové a maltové směsi. V mladečské oblasti produkuje mleté vápence pro zemědělské účely a odsiřování kouřových plynů a mikromleté vápence pro speciální účely vápenka v Měrotíně.

V silesíku je 8 ložisek se zásobami 147 miliónů tun suroviny.

## ČESKÁ KŘÍDOVÁ PÁNEV (OHERSKÁ A KOLÍNSKÁ OBLAST)

Vyskytují se jílovité vápence s obsahy 60 - 80 % CaCO<sub>3</sub> na větších i středně velkých ložiskách. Sedimenty s vyšším obsahem jílu se též nazývají slíny a slínovce a jsou velmi vhodné pro výrobu portlandského cementu. Jsou těženy pro cementárnu v Čížkovicích u Lovosic. Slínovce s menším obsahem karbonátu byly vypalovány na hydraulické vápno. Dnes jsou s úspěchem používány na odsířování spalin ve fluidních topeništích.

Ložiska mají zásoby 493 miliónů tun.

## VNĚJŠÍ BRADLOVÉ PÁSMO ZÁPADNÍCH KARPAT

Vyskytují se sedimentární vápence jurského stáří, tvořící též korálové útesy. Převládají vápence biodetritické a biolitové. Jsou čisté s průměrnými obsahy 95 - 97 % CaCO<sub>3</sub>, těženy jsou však i vápence jílovité.

Cementárna ve Štamberku, která zpracovávala podsítné frakce, již ukončila výrobu portlandského cementu, v současné době vyrábí vápno a mleté vápence pro odsíření elektráren mokrou vápencovou metodou i pro odsířování ve fluidních ohništích.

Zásoby byly vypočteny na 470 miliónů tun.

**Jak je zřejmé z následující tabulky, od roku 1988 těžba vápenců v České republice trvale klesá a do roku 1997 poklesla o 32 %.**

Příčinou je prudký pokles spotřeby cementu, vápna, mletých i tříděných vápenců daný zvýšenou hospodárností v nových tržních podmínkách, a to i při zahrnutí vývozu. Z údajů Svazu výrobců cementu a vápna Čech, Moravy a Slezska je zřejmá další důležitá skutečnost, totiž že více poklesla těžba vysokoprocentních vápenců, a to o 40 %. To svědčí o pečlivosti, s jakou je řízeno komplexní využití ložisek.

**Tab. č. 5 - TĚŽBA VÁPENCŮ R. 1988, 1997**

Těžba v tis. t	1988	1997
Vysokoprocentní vápence	7 552	4 536
Ostatní vápence	8 737	6 474
Celkem	16 289	11 010

Česká republika má poměrně velké zásoby vápenců. Vyhodnocené bilanční zásoby činí 5,5 miliardy tun. Vydělením tohoto čísla současnou spotřebou zjistíme, že životnost zásob našich vápenců je 500 let. V nejbližším období očekáváme podstatný nárůst spotřeby vápenců pro odsířování. To by mohlo zvýšit těžbu až o 20 %. Jednalo by se ovšem jen o několik desetiletí, protože později bude ukončeno masové spalování uhlí pro výrobu elektrické energie. V následujících století naopak všechny prognózy počítají s podstatným poklesem spotřeby surovin pro výrobu stavebních hmot. Takový trend by ještě prodloužil životnost našich zásob, i když z hlediska ochrany krajiny a územních plánů musíme počítat i s jejich odpisy.

## 6. ZÁSADY MODERNÍ TĚŽBY

Současná úprava horního zákona je obsažena ve třech dosud platných základních zákonech.

V zákoně o ochraně a využití nerostného bohatství (Horní zákon v užším slova smyslu), v zákoně o hornické činnosti, výbušninách a státní báňské správě a v zákoně o geologických pracích a Českém geologickém úřadu a několika prováděcích předpisech. Znění těchto zákonů bylo po roce 1990 upraveno zákonem ČNR č. 541/1991 Sb., zákonem ČNR č. 10/1993 Sb. a zákonem č.168/1993 Sb. V současné době pracuje Ministerstvo životního prostředí spolu s Ministerstvem průmyslu a obchodu a dalšími orgány na novém Horním zákoně, který by vhodně uvedl v soulad zájmy ochrany životního prostředí se zájmy těžbařů.

Za nerosty se podle Horního zákona považují všechny tuhé, kapalné a plynné části zemské kůry. Ložiskem užitkového nerostu se nazývá přirozené nahromadění užitkového nerostu do určitého prostoru, kde je ho možno podle množství, jakosti a technických možností hospodárně dobývat.

**Principy Horního zákona rozdělují užitkové nerosty na dvě základní skupiny, a to nerosty vyhrazené a nerosty nevyhrazené a vápencem řadí do skupiny nerostů vyhrazených.**

Horní zákon rovněž stanovuje zásady ochrany a hospodárneho využívání nerostného bohatství, zejména při vyhledávání a průzkumu, otvírce, přípravě a dobývání ložisek nerostů, úpravě a zušlechťování nerostů prováděných v souvislosti s jejich dobýváním, jakož i bezpečnost provozu a ochrany životního prostředí při těchto činnostech.

Geolog rozděluje ložiska podle vzniku a původu v zásadě na tři hlavní skupiny, a to na ložiska endogenní, exogenní a metamorfoenní, odpovídající hlavním kategoriím hornin, tj. horninám eruptivním, sedimentárním a metamorfovaným. Vápencová ložiska patří primárně do skupiny exogenních ložisek.

Podle polohy uložení řadíme vápencová ložiska do skupiny ložisek uložených volně na povrchu nebo ložisek uložených v malé hloubce pod povrchem, která lze dobývat po odstranění a přemístění skrývky.

**Vlastnímu dobývání a hornické činnosti vůbec předchází vyhledávání a průzkum ložisek. Průzkumem se zjišťují charakter, rozsah a úložní poměry ložiska, jakost užitkového nerostu, hydrogeologie ložiska a další skutečnosti důležité pro dobývací činnost.**

Na každém ložisku musí být vypočteny zásoby a uveden soupis zásob užitkového nerostu. Ložiska se klasifikují podle tvaru a druhu užitkového nerostu na pět typů a v každém z nich se dělí zásoby podle stupně prozkoumanosti do čtyř kategorií. Základem pro zařazování do kategorií je v podstatě stupeň prozkoumanosti ložiska.

**Povolení průzkumu a těžby závisí na řízení, zvaném Územní rozhodnutí, kterého se zúčastní příslušné orgány. Jeho součástí je i tzv. POPD - Plán otvírky a přípravy těžby.**

Podle výsledků průzkumu se přiděluje pro dobývání ložiska těžebnímu závodu dobývací prostor. V dobývacím prostoru je nutno dobývat všechny vyhrazené nerosty, to znamená, že se nepřipouští nevhodné dobývání ložiska, popřípadě některého nerostu. Velikost dobývacího pro-



storu se stanoví na základě výsledků průzkumu, podle druhu užitkového nerostu, podle charakteru ložiska, podle úložných poměrů ložiska a jeho tektoniky, podle rozlohy a mocnosti, tj. zásob ložiska, a s přihlednutím k uvažované kapacitě lomu tak, aby užitkový nerost mohl být z ložiska co nejhospodárněji dobýván.

Vápencová ložiska dobýváme povrchovým způsobem, tj. lomem. Způsoby otvírky lomy, zásady a postupy těžby jsou dnes řešeny speciálními počítačovými programy a postupy. Důlní podpovrchová těžba je známa ze zahraničí, u nás ji prováděl v minulosti závod na Mořině, který těžil vysokoprocentní vápence pro hutě na Kladně.

U převážné většiny ložisek je nutno dobývat spolu s užitkovým nerostem také nadložní horniny. Množství hlušin, které je nutno přemístit na jednotku těženého nerostu, definujeme tzv. skryvkovým poměrem.

**Pro optimální využívání zásob vápenců je nutno rozlišovat vápence vysokoprocentní a ostatní a dodržovat principy komplexní těžby.**

Vysokoprocentní vápence podle platné metodiky jsou charakterizovány obsahem nad 96 % karbonátu. Jejich typické využití je v průmyslu chemickém, potravinářském, sklářském, keramickém a gumárenském a pro výrobu vápen vysoké kvality.

Vápence ostatní, ke kterým v této úvaze počítáme cementářské suroviny, jílovité vápence i karbonáty pro zemědělské účely, mají chemické složení velmi různorodé a podle něho se řídí i jejich použití. Pro výrobu vápen jsou používány čistší typy těchto vápenců, většinou okolo 90 % obsahu karbonátů.

Obdobná jakost by měla dostačovat i pro vhodně zvolené odsířovací technologie, u kterých mimo to je nadějná v některých případech aplikace vápenců jílovitých.

Pro hnojení je běžně využíváno materiálů s obsahem nad 80 % karbonátů, pokles spotřeby v této oblasti je však výrazný.

Méně čisté druhy vápenců je schopen ve větším množství zhodnocovat pouze cementářský průmysl. Surovina, ze které je vypalován cementářský slínek, obsahuje okolo 77 %  $\text{CaCO}_3$ . Chemické složení musí být velmi přesně dodržováno, k tomu slouží zařízení mísící, dávkovací a mlecí, řízené dnes počítači spolu s rentgenfluorescenční analýzou. To umožňuje zhodnocovat nízkoprocentní vápence, vápenaté slíny, jílovité vápence, odpadní znečištěné frakce čistých vápenců, břidlice a smíšené okrajové materiály ložisek vápenců.

Komplexní využití ložisek je základní metodou, kterou lze napomoci optimálnímu využití vápenců pro hospodářství státu. Vápencová ložiska jsou samozřejmě co do složení i velikosti velmi různorodá, rozdílné materiály jsou uloženy ve skloněných a různě zprohýbaných vrstvách, překryty skryvkou, znečištěny krasovými výplněmi a v některých případech cizorodými vložkami.

Získané vysokoprocentní vápence jsou podrceny a tříděny, přičemž podle zkušenosti v nejmenší frakci, většinou do 25 mm, se koncentruje i většina zkrasování, tedy hlinitých a písčitých částí ložiska. Zároveň probíhá těžba vápenců s nižší chemickou čistotou a i těžba ostatních materiálů obsažených v ložisku. Princip komplexního využití ložiska spočívá v tom, že čisté frakce vápenců jsou využity pro dodávky průmyslu a pro výrobu vápna a naopak znečištěné drob-

né frakce a nízkoprocentní části ložiska včetně nevápenčových materiálů jsou využity převážně pro výrobu cementu, v menší míře pro výrobu hnojivých materiálů.

Lomové závody provádějí těžbu pod kontrolou Báňského úřadu a dbají o to, aby ložisko bylo vyčerpáno rovnoměrně bez vybírání optimálních partií a s vytvořením dobrých podmínek pro následnou rekultivaci a renaturalizaci. Pokud těžba probíhá v rovinném terénu, je vhodné její ukončení rekultivací, tzn. částečným nebo úplným zavezením prostoru s překrytím ornici a s návratem pro zemědělskou nebo lesní produkci.

Rekultivace jsou součástí sanací (konečné úpravy lomů, tvarování závěrných stěn), které jsou těžební organizace povinny podle Horního zákona provést na pozemcích dotčených těžbou.

U nás je většina vápenčových ložisek těžena ve svažitém terénu, podle rozsáhlých zahraničních zkušeností je v těchto případech mnohdy výhodnější renaturalizace, návrat k přírodě. Jedná se o úpravu svažitosti a tvaru vytěženého terénu tak, aby vznikla členitá přírodní scenérie doplněná případně i jezírkem a pokrytá vegetací odpovídající danému přírodnímu typu. Vhodná kombinace keřů, stromů a travního porostu vytváří pak lepší podmínky pro rekreaci obyvatel a pro život drobného zvířectva než původní svažitá pole nebo těžební lesní monokultura.

Snad zcela nejvýstižnějším pojmem pro návrat lomového území do života je revitalizace. Rozumí se tím náprava antropogenně, tj. člověkem ovlivněné krajiny do stavu blízkého před lidským zásahem. Jedná se o postupný proces, jehož výsledkem je kompromis mezi přírodní a antropogenní krajinou do stavu, který můžeme označit jako přirozený. Složitým a i finančně náročným způsobem se hledá řešení, které provede zapojení lomu do naučné stezky, kdy vzniknou remízky s přirozenou faunou a florou a kdy zůstanou zachovány naučné geologicky důležité body.

## 7. ZÁSADY VÝROBY VÁPNA A VÁPENNÉHO HYDRÁTU

Počátky výroby vápna sahají snad až do mladší doby kamenné. Výpal vápna se v primitivních polních pecích dochoval ve části rozvojových zemí dodnes. Palivem je zde nejčastěji dřevo.

Z polních pecí se vyvinuly pece šachtové na vnější topení, pálení dřevem, dlouhoplamenným uhlím, nebo olejem. Paralelně se vyvíjely i šachtové pece na vnitřní topení, kde se úspěšně páliło koksem, antracitem, nebo dřevěným uhlím. Méně vhodné bylo uhlí. Protože pro rozklad vápence stačí teplota nad 900 °C, je možné vypalovat šachtové pece i generátorovým plynem, plynem kychtovým a jinými nízkokalorickými palivy. Šachtové pece vypalují vápno tvrdě, což je sice výhodou pro výrobu např. plynosilikátů. Vápno takto vypálené na vyšší teplotu s delší časovou prodlevou ztrácí pseudomorfozy po kalcitu a je méně reaktivní. Většina odběratelů však požaduje měkce pálené vápno, které je aktivnější. Tento požadavek splňuje výpal v šachtové peci souprůdné regenerativní, konstrukce švýcarské firmy Maerz. Tyto šachtovky jsou v současné době nejčastěji stavěnými pecemi až do výkonu 700 t.den<sup>-1</sup>. Měrná spotřeba tepla činí pouze 3 400 kJ.kg<sup>-1</sup> vápna. Pálí se olejem nebo plynem, nověji i uhlím. Dnes regenerativní souprůdné pece ve světě převládly.

Od roku 1864 se začaly používat kruhové pece na výpal vápna. V principu se nelišily od kruhovek cihlářských. Spotřeba činila 5 000 - 7 100 kJ.kg<sup>-1</sup> a výkon jedné kruhovky se pohyboval 25 - 80 t.den<sup>-1</sup>. Pálilo se uhlím. Práce na kruhovkách byla namáhavá a zakládání kruhovek vyžadovalo zkušené a dobře zapracované dělníky. Získalo se kusové vápno měkce pálené a velmi kvalitní. V roce 1960 produkovaly cementárny a vápenky ještě přes 60 % vápna na kruhovkách. Dnes již vápenické kruhovky u nás vymizely.

Dlouhé rotační pece se uplatňují především v USA a v Kanadě v ocelářském a v chemickém průmyslu. Vápno z dlouhých rotačních pecí je měkce pálené, avšak měrná spotřeba tepla je na evropské poměry příliš vysoká a proto se tyto pece v Evropě neuplatnily, s výjimkou výpalu kaustifikačních karbonátových kalů, odpadajících z výroby sulfátové celulózy. Tepelně úspornější jsou krátké rotační pece, opatřené výměníkem tepla pro štěrkový výpal, který předejde zčásti zkalciňuje vápenec, vstupující do pece. Rotační pec se šachtovým výměníkem tepla na štěrkový vápenec staví např. firmy Svedala, NCB (Japonsko), Krauss - Maffei, F.L. Smidth - Fuller - Parsons a další. U nás to jsou Přerovské strojírny. Výměník tepla, předřazený rotační peci, uspoří nejméně 30 % z měrné spotřeby ve srovnání s dlouhou rotační pecí.

Stav výroby vápna v České republice prošel zajímavým vývojem. Před válkou a začátkem padesátých let byly asi dvě třetiny vyrobeného vápna vypáleny v kruhových pecích. Tato výroba byla extrémně rozptýlena v desítkách malých závodů, které vyráběly velmi kvalitní, měkce vypálené kusové vápno. Jedna třetina byla vyrobena v šachtových pecích. Některé byly postaveny již v 80. letech minulého století.

Začátkem 50. let se začaly stavět šachtové pece Ignis na vnitřní topení, pálení koksem. Byly to např. 2 pece, postavené na nádraží v Přerově v roce 1951, 4 pece oválné šachtové v Prachovicích, vypalované generátorovým plynem, uvedené do provozu v roce 1957 a později rekonstruované na zemní plyn a další. Přes tyto modernizační kroky bylo v roce 1960 ještě v provozu 54 kruhovek.

Začátkem 60. let byla zahájena výstavba velkých vápenek, vybavených šachtovými pecemi s vnitřním topením koksem. Tyto pece byly u nás vyvinuty Přerovskými strojírnami a dodány jako

typ VŠPK 150 pro výkon 150 - 200 t.den<sup>-1</sup>. Byly uvedeny do provozu na Čertových schodech, v Čebíně a v Kunčicích nad Labem. Celkem bylo postaveno 9 těchto velkých šachtových pecí, z nichž jsou dnes v provozu pouze čtyři.

Nejčastěji stavěnými pecemi na výpal vápna v současné době jsou dvou a tříšachtové souprůdové regenerační pece fy Maerz. Jsou vhodné pro výrobu měkce i tvrdě páleného vápna se stejnou měrnou jakostí, s nízkou spotřebou tepla a se širokým rozmezím výkonů a granulometrie vápence. U nás jsou v provozu ve vápenkách na Čertových schodech, ve Vitošově a ve Velkých Hydčicích. Šachtové pece se stavěly rovněž i v cukrovarech. Pro saturaci cukerných šťáv se totiž kromě vápenného mléka využívá i tzv. saturační plyn, což je oxid uhličitý, vzniklý rozkladem vápence a spalováním koksu.

Důležitým přechodem mezi výpalem vápna a výrobou cementu byla výroba hydraulického vápna. Při výpalu vápniťých slínů pod mez slinutí a po jejich semletí se získávalo hydraulické vápno nebo románský cement. Používalo se pecí šachtových a rotačních. V České republice výroba hydraulického vápna probíhala od roku 1931 v Tlumačově. Také 2 rotační pece na pálení hydraulického vápna, postavené v Čížkovicích u Lovosic byly již před časem zastaveny, takže výroba hydraulického vápna v České republice zanikla, čehož litují hlavně naši památkáři.

Důležitým stupněm zpracování vápna je výroba vápenného hydrátu. Vápenný hydrát je hydroxid vápenatý  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Vyrábí se hašením vápna s vodou podle reakce:



Reakce je exotermní, takže se vápno při reakci s vodou silně zahřívá a podstatná část použité vody se odpaří. V průběhu hašení se vápno rozpadá na velmi jemný bílý prášek, na suchý vápený hydrát.

Dalším přídatkem vody se vytvoří hustá, plastická kaše. S přebytkem vody se získá tzv. vápenné mléko, což je suspenze jemných částic hydroxidu vápenatého a jeho nasycený roztok. Rozpustnost hydroxidu vápenatého je nízká. Při 20 °C se rozpustí pouze 1,23 g v 1 litru vody.

Usazením suspenze se získá nasycený roztok  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , který je čirý a používá se při úpravě pitné vody (např. ze Želivky) tzv. ztvzrováním.

Hydroxid vápenatý je velmi silná zásada. Již 0,05 g  $\text{CaO}$  v 1 l vody dosahuje pH 11,1. Proto je vápno nejpoužívanější zásadou v chemickém průmyslu a je považováno za druhou nejdůležitější chemikálii v těžké chemii, a to hned po kyselině sírové. Je nezbytný spolu s vápnem pro výrobu více než padesáti výrobků.

Ještě v nedávné době se vápno hasilo na stavbě. Vápno se rozprostřelo v hasidle a kropicí konví se přelilo vodou. Když se kusy vápna začaly rozpínat a rozpadávat, vápno se promíchávalo, až se vytvořila řídká kaše, která se přes síta vypustila do jámy k odležení. V jámě se nechávalo odležet nejméně 4 týdny. Odležením získala kaše na jemnosti a plasticitě. Kaše se chránila před vysycháním a před přístupem vzduchu. Příprava vápenné kaše byla pracná a docházelo při ní k vážným úrazům. Dnes je pro průmyslové účely, pro stavebnictví a pro potřeby životního prostředí již dodáván suchý vápenný hydrát vysoké jakosti.

Některé firmy vyrábějí patentově chráněnými technologiemi vápenný hydrát o vysokém měrném povrchu až 35 m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>, které jsou zvláště vhodné pro odsířování spalin.

## 8. ZÁSADY VÝROBY CEMENTU

Zatímco výroba vápna a sádry vznikala před tisíci lety, portlandský cement je výrobek, zrozený v době velmi nedávné.

V roce 1824 byl udělen Josephu Aspdinovi, zedníkovi a kameníkovi z Leedsu anglický patent č. 5022 - Zlepšení způsobu výroby umělého kamene. Vynálezce popisuje výrobu maltoviny, kterou nazval portlandským cementem, neboť výrobky z něho se barvou podobaly stavebnímu kameni, svrchnojurskému vápenci, těženému v okolí města Portland v jižní Anglii.

Podnikavý Aspdin zahájil již v roce 1825 výrobu ve své miniaturní cementárně ve Wakefieldu. Trvalo však ještě zhruba dvě desetiletí, než se podařilo vypalovat surovinu na teplotu slinování, hlavně díky vhodněji konstruovaným pecím, takže původně vyráběný produkt bychom z dnešní definice portlandského cementu měli raději nazvat románským cementem nebo hydraulickým vápnem. Původní zařízení prvních cementáren bylo převzato z průmyslu vápenického a cihlářského, ale již koncem 19. století začíná vývoj pecí, specificky konstruovaných pro pálení cementu.

Kromě vývoje šachtových pecí se v roce 1885 objevuje patent anglického inženýra Fredericka Ransoma na cementářskou rotační pec. Ransome uvedl do provozu první rotační pec v USA v roce 1887. V Evropě postavila první rotační pec německá strojírna Polysius v roce 1897. Nejvíce rotačních pecí v cementářském oboru však dodala dánská firma F.L. Smidth, která dovedla konstrukci dlouhých mokrých pecí k vysoké technické úrovni.

Tzv. mokrý proces byl dlouho považován za vhodnější pro výrobu cementu. Surovina byla semílána na surovinový kal, který bylo možno dokonale homogenizovat. Největší nevýhodou tohoto procesu byla vyšší spotřeba tepla v důsledku nutnosti odpařit vodu z kalu. Obsah vody v kalu činil totiž 33 - 40 % hmotnosti kalu. Jestliže k tomu připočteme skutečnost, že na 1 kg slínku bylo potřeba vypálit asi 1,6 kg suroviny, bylo nutno na výrobu 1 kg slínku odpařit v průměru 0,58 kg vody. Mokré rotační pece se zvětšovaly, prodlužovaly a díky konstrukčním zdokonalením, zejména vnitřními vestavbami, dosahovaly nejen nižší spotřeby tepla, ale i vyššího výkonu a vyšší kvality vypáleného slínku. Největší mokrá rotační pec je dlouhá 232 m a 7,6 m v průměru. U dlouhých mokrých rotačních pecí se však nepodařilo snížit měrnou spotřebu tepla pod 5 000 kJ na 1 kg slínku, což ovšem v konkurenci s moderním suchým způsobem nestačí.

Moderní tzv. suchý výrobní proces se vyvíjel souběžně s mokrým procesem řadu desetiletí. Slínek se vypaloval v šachtových nebo rotačních pecích. Nevýhodou suché výroby bývala vysoká prašnost a nižší kvalita slínku v důsledku málo účinné homogenizace surovinové moučky. Šachtové pece pálily výlisky nebo granálie ze zvlhčené surovinové moučky s přimíseným koksovým nebo antracitovým prachem. V Čechách zanikly šachtové pece začátkem 60. let zastavením výroby cementu v centru Radotína a uvedením do provozu nového závodu na jeho okraji. Začátek 50. let byl poznamenán rychlým rozšiřováním suchého způsobu výroby. V roce 1953 se objevuje první čtyřstupňový cyklonový výměník tepla firmy Klöckner - Humboldt - Deutz. Firma Elex a další výrobci elektrostatických filtrů zvládli dokonalé odprašení pecí.

Po roce 1970 byl zdokonalen cyklonový výměník přístavbou předkalcinace. Toto další zdokonalení umožnilo zvýšení výkonů až na 10 000 t.den<sup>-1</sup> a na snížení měrné spotřeby tepla na 2,9 až 3,1 MJ.kg<sup>-1</sup> slínku a ke snížení oxidů dusíku. Zdokonalení suchého výrobního procesu a přede-

vším jeho nízká měrná spotřeba tepla definitivně rozhodly v jeho prospěch v konkurenci s mokrým procesem.

V České republice bylo v roce 1990 v provozu 9 cementáren, z nichž 3 ještě pracovaly mokrým způsobem výroby, což představovalo 14 % z celkové hmotnosti slínku.

Od počátku roku 1998 bylo v provozu 6 cementáren, pracujících pouze suchým výrobním procesem. Poslední mokrá rotační pec byla zastavena k 1.1.1998.

Od roku 1992 do roku 1998 došlo k rozsáhlé modernizaci cementáren. Roční průměrná měrná spotřeba tepla poklesla z 4,5 MJ.kg<sup>-1</sup> na 3,5 MJ.kg<sup>-1</sup> slínku, a tím se český cementářský průmysl zařadil mezi technicky nejvyspělejší země.

Cementářský průmysl investoval za poslední desetiletí do modernizace a především do ochrany životního prostředí více než 14 miliard Kč.

**Tab. č. 6 - ČESKÉ CEMENTÁŘSKÉ ZÁVODY**

Závod	Do provozu	Modernizováno
Králův Dvůr	1927	1964
Radotín	1961	1997
Čížkovice	1975	1997
Prachovice	1979	1995
Mokrá	1968	-
Hranice	1954	1993

Na konci 20. století je v Evropě z hlediska ekonomického optimální roční kapacita cementárny 1 až 1,4 miliony tun cementu za rok. Menší závody budou většinou jen těžko čelit konkurenci, a to hlavně v důsledku jejich nízké produktivity.

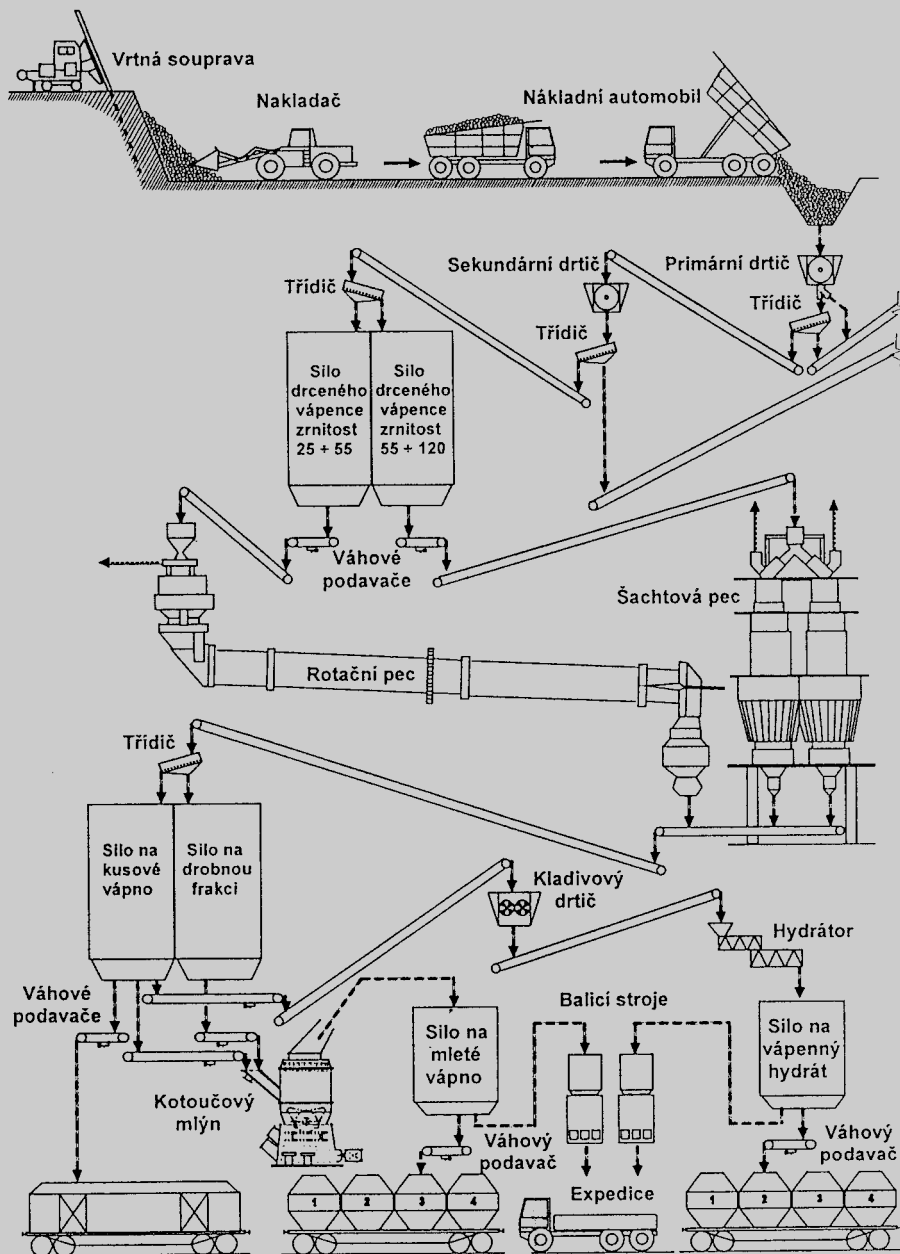
Kombinace výroby cementu a vápna umožňuje zpracování nízkoprocentních vápenců, podsítného a části výklizů ve výrobě cementu. Příklady takových kombinovaných výrob je u nás několik.

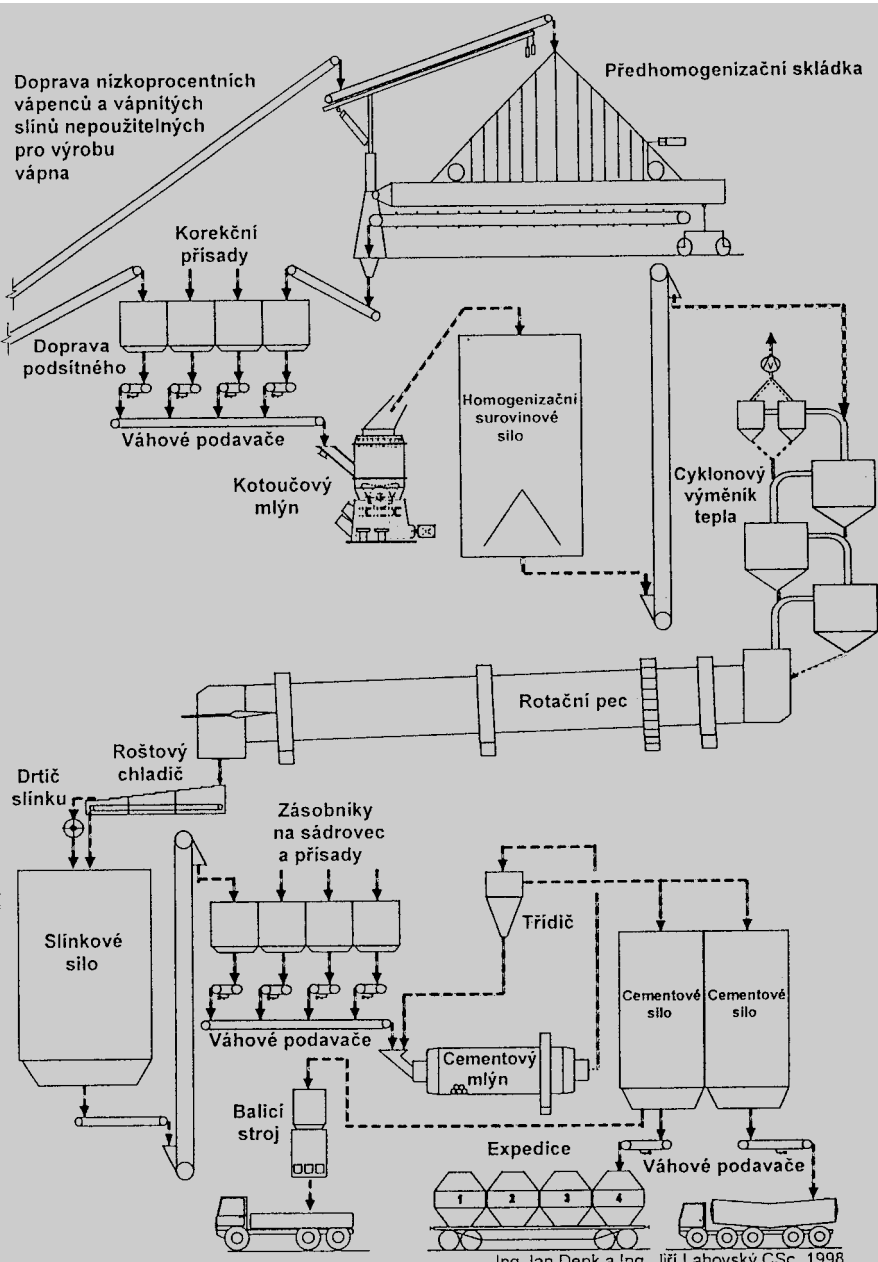
Např. v cementárně Mokrá kombinace výroby cementu a vápna umožňuje odkrýt a těžít selektivně vápence 97,5 % CaCO<sub>3</sub> pro výrobu vápna nejvyšší jakosti.

V Čížkovicích se dosud nevyužívané nadložní vrstvy vápnitých slínů začínají používat pro odsiřování fluidních reaktorů v elektrárnách.

Méně příznivý trend lze pozorovat na Čertových schodech, kde je cementářská surovina ukládána na odval v důsledku snížení návazné výroby cementu.

# SCHEMA VÝROBY VÁPNA A CEMENTU







## 9. ZÁSADY VÝROBY SUCHÝCH OMÍTKOVÝCH A MALTOVÝCH SMĚSÍ

Se vznikem malých a středně velkých stavebních firem po roce 1989 a s rostoucím tlakem na produktivitu stavebních prací došlo k nárůstu požadavků na výrobu nejrůznějších druhů malt. Mnohé z potřeb stavebnictví byly až do nedávna splnitelné pouze dovozem zahraničních výrobků. Jednalo se především o malty pro tenkovrstevné lepení obkladů a dlažeb, komponenty zateplovacích systémů, sanační a tepelně izolační malty a v neposlední řadě malty ryze dekorativního charakteru.

Předpisů, obecně platných norem a doporučených receptur na výrobu různých malt je známo z praxe a odborné literatury mnoho. Výroba malty přímo na staveništi je většinou zatížena nepřesným dávkováním. Vlastnosti čerstvé i zatvrdlé malty ovlivňuje celá řada faktorů, které se mohou negativně projevit na zpracovatelnosti, přilnavosti, přídržnosti, vzniku mechanických poruch a v neposlední řadě na životnosti a odolnosti proti škodlivým atmosférickým vlivům.

Eliminaci negativních vlivů na výsledné vlastnosti malt řeší jako celek pouze průmyslová výroba suchých omítkových a maltových směsí. Jedině výrobci suchých omítkových a maltových směsí mohou na základě znalosti a výběru vstupních surovin, vhodného poměru pojiv a plniv a přesným dávkováním chemických přísad povýšit směs kameniva, pojiv a přísad na stavivo s přesně definovanými vlastnostmi a rozsahem použití.

Jedním z mnoha přínosů produkce suchých omítkových a maltových směsí je standardní složení a tedy i standardní fyzikální vlastnosti. Jedním ze způsobů, jak tohoto stavu stabilně dosáhnout, je důsledná kontrola granulometrické skladby, jak tříděného kameniva, tak jednotlivých granulometricky úzkých frakcí, které jsou v závislosti na vlastnostech finálního výrobku opět skládány v různých poměrech. Granulometrická skladba kameniva standardních suchých omítkových a maltových směsí, mimo speciálních dekorativních malt, se vyznačuje svojí plynulostí.

S rostoucí cenou tepelné energie roste i význam tepelné izolace staveb. Ta se děje buď aplikací systému dodatečného zateplení, nebo použitím tepelně izolační malty. Nositelem tepelně izolačních vlastností malty může být látka minerálního původu - expandovaný perlit, křemelina, eventuálně perličky organického polymeru - expandovaného polystyrenu. Výrobci tohoto materiálu je u nás celá řada a rovněž je již k dispozici pro jeho výrobu tuzemská samozhášivá surovina.

Zcela zvláštní kapitolou jsou sanační malty, které zabraňují průchodu vody v kapalném stavu ze zdvi na povrch a tak brání nežádoucí krystalizaci rozpuštěných solí na povrchu omítky. Velmi zajímavým druhem malt jsou ušlechtilé omítky. Volbou vhodné granulometrické skladby, plastifikačních přísad a probarvením vhodnými pigmenty lze vytvořit celou škálu omítek vnitřních i vnějších, od jemnozrnných po hrubozrnné. Lehce zpracovatelná malta nám umožní podle způsobu aplikace vytvořit omítky s nejrůznějšími estetickými účinky.

Jako kamenivo se v suchých omítkových a maltových směších používá písek nebo drcený vápennec. Šetrná výroba na nejmodernějších třídících a mísících jednotkách dále násobí úsporu kameniva, tedy v našem případě vápence a finálně i úsporu vlastního ložiska spolu s komplexním využitím všech získaných granulometrických frakcí.

## 10. VÁPNO A VÁPENCE PRO OCHRANU ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Se vzrůstající industrializací narůstalo i zatěžování ovzduší, půdy, vodních toků i pitné vody škodlivinami. Přírodní produkty, jako jsou vápence a vápno, svými fyzikálními a chemickými vlastnostmi tyto problémy účinně odstraňují již u zdroje a jsou schopny sanovat i dřívější zatížení.

Přitom vápenec a vápno, vzhledem k jejich dostupnosti a přijatelné ceně, představují univerzální chemikálie pro ochranu životního prostředí. Proto spotřeba vápna a vápence podle statistiky a prognóz Výzkumného ústavu maltovin pro potřeby ochrany životního prostředí v České republice rychle stoupá, o čemž svědčí následující tabulka.

**Tab. č. 7 - VÁPNO A VÁPENCE PRO OCHRANU ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**

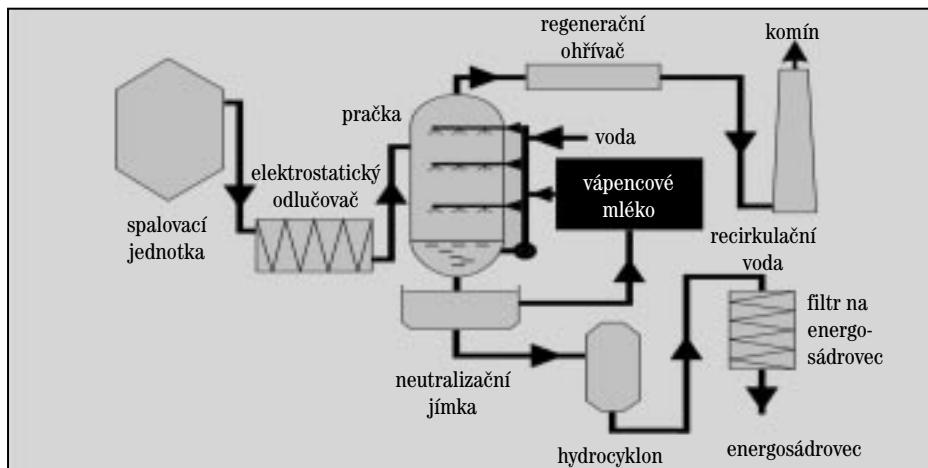
Vápno - tis. t				předpoklad		
	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Vápno pro odsiřování	0	20	70	120	125	144
Vápno pro ost. obory živ. prostředí	50	50	40	60	70	86
Vápno pro živ. prostředí - celkem	50	70	110	180	195	230
<b>Vápence - tis. t</b>						
Kusové vápence pro mokrou vápencovou vypírku	130	400	610	885	1080	1050
Mleté vápence pro mokrou vápenc. vypírku a fluidní odsiřování	10	115	325	625	885	1025
Vápence pro živ. prostředí - celkem	140	515	935	1510	1965	2075

Závody, vyrábějící vápno jsou zmodernizované a konsolidované a jsou schopny pokrýt zvýšené požadavky ochrany životního prostředí i pro další léta.

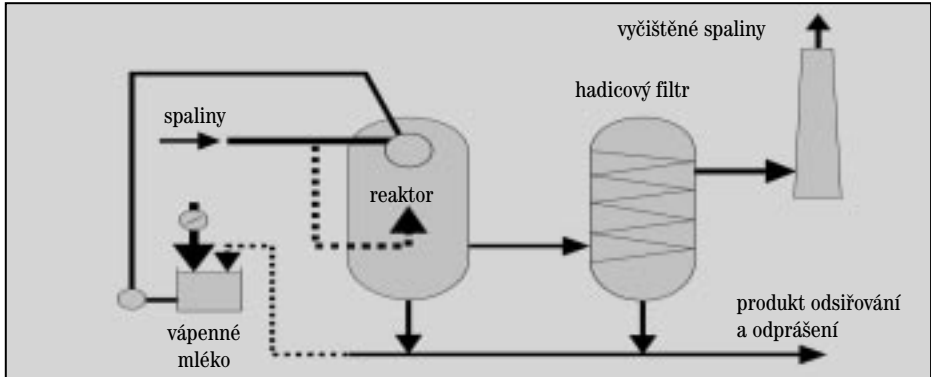
## 10.1. ODSIŘOVÁNÍ

Vápenec a vápno jsou neúčinnějšími sorbenty pro odsiřování spalin elektráren, tepláren a spaloven. Pro odsiřování elektráren je nejvíce používána mokrá vápencová metoda. Pracuje až s 97 %ní účinností. Je vhodná i pro největší jednotky a pokud jde o spotřebu sorbentu je nejšetnější, protože spotřebuje jen 5 %ní přebytek teoretického množství. Produkt odsiřování, dihydrát síranu vápenatého, tzv. energosádrovec, je zčásti využíván pro výrobu sádry, sádrokartonových desek a jako regulátor tuhnutí při výrobě cementu.

Obr. č. 1 - SCHÉMA MOKRÉ ODSIŘOVACÍ METODY



**Obr. č. 2 - SCHÉMA POLOSUCHÉ ODSIŘOVACÍ METODY**



**Polosuchá odsiřovací metoda používá absorbérů, v podstatě odpařovacích sušáren. Sorbentem je vápenné mléko. Metoda je vhodná pro velké i střední zdroje. Je investičně méně náročná. Produkt odsiřování je směs siřičitanu, síranu a uhličitanu vápenatého, jakož i hydroxidu a chloridu vápenatého, s jistým podílem popílku. Pro dosažení požadovaného stupně odsiřování je přebytek vápna vysoký.**

**Obr. č. 3 - FLUIDNÍ OHNIŠTĚ**



**Pro odsiřování spalin fluidních topenišť lze použít i nízkoprocentních vápenců i vápnitých slínů s obsahem 60 %  $\text{CaCO}_3$ , hruběji mletých s optimálním zrnem 0,1 až 1 mm.**

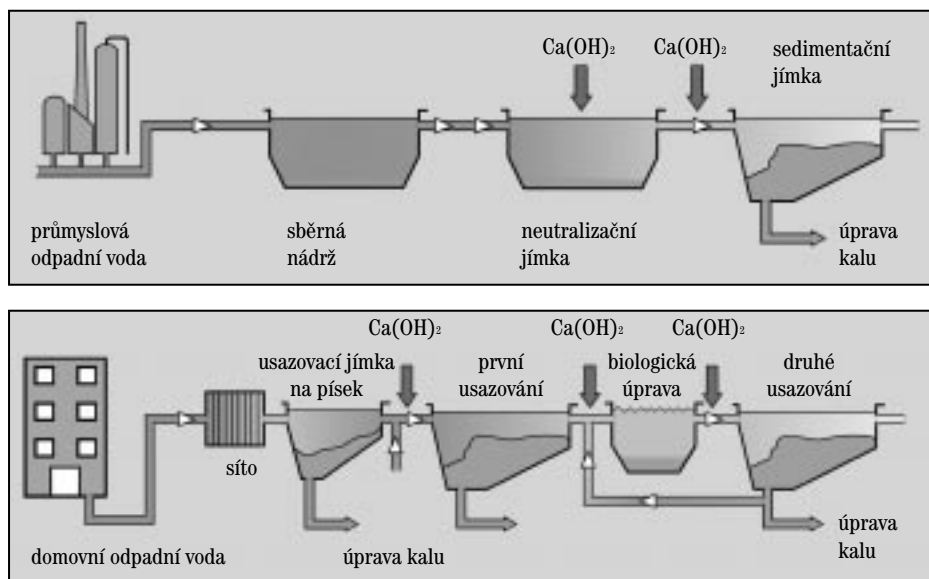
## 10.2. ČISTĚNÍ ODPADNÍCH VOD, ÚPRAVA KALŮ A ODPADŮ

Vápenný hydrát je pro čištění vod nenahraditelný. V čistírnách odpadních vod se používá hydroxid vápenatý ve formě vápenného mléka při flokulaci a srážení organických koloidů, fosfátů a těžkých kovů a pro potlačení nežádoucích pachů.

Kaly z čistíren odpadních vod jsou materiálem vhodným pro rekultivaci půd. Jedním z nejlevnějších způsobů jejich úpravy je vápenná stabilizace, k níž lze využít jak pálené vápno, tak i vápenné mléko.

Při stabilizaci kalů z čistíren odpadních vod vápnem nebo vápenným hydrátem dochází vlivem vysoké hodnoty pH ke stabilizaci těžkých kovů a k hygienizaci hmoty. Vápnem stabilizovaný čistírenský kal pozitivně ovlivňuje fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy s vysokými výnosy na nich pěstovaných rostlin.

Obr. č. 4 - PŘÍKLADY TECHNOLOGIÍ ČISTĚNÍ ODPADNÍCH VOD



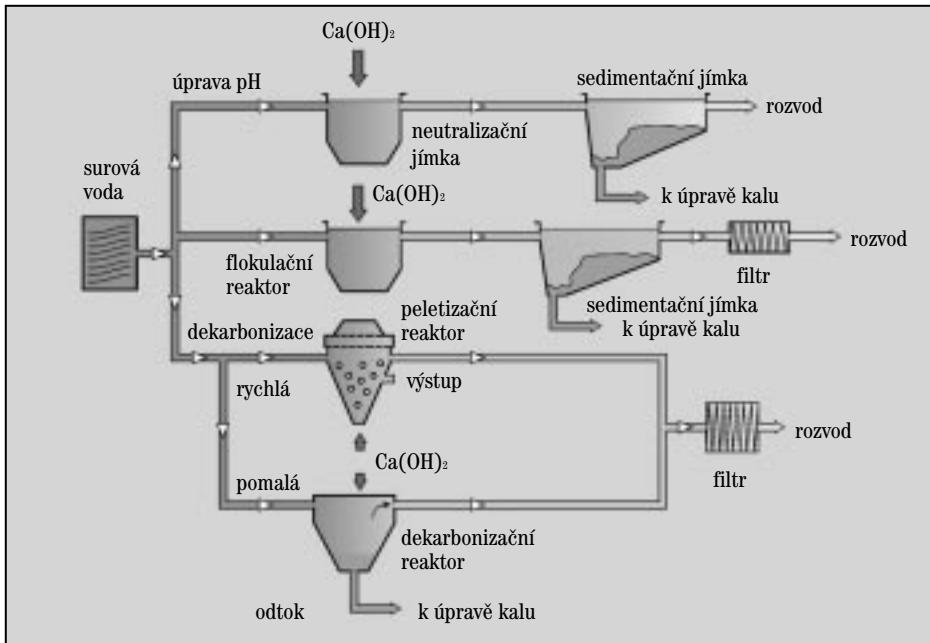
## 10.3. ÚPRAVA PITNÉ A PRŮMYSLOVÉ VODY

Vápno, měkce pálený dolomit a vápenec se jako nezbytné přísady používají při:

- čiření vody koagulací
- úpravě podzemních vod srážením Fe a Mn
- srážení těžkých kovů a toxických prvků
- stabilizaci (zvyšování tvrdosti) pitné vody, t.j. odstraňování agresivního oxidu uhličitého
- změkčování vody
- sterilizaci vody vysokým pH
- desilikaci vody.

Polovypálený dolomit  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgO}$  se používá jako náplň do filtrů pro úpravu vody.

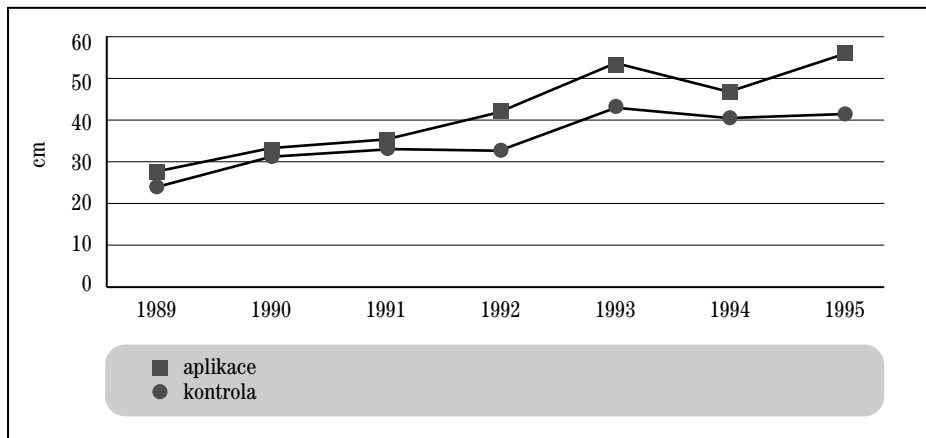
Obr. č. 5 - SCHEMA ÚPRAVY PITNÉ A PRŮMYSLOVÉ VODY



## 10.4. LESNÍ HOSPODÁŘSTVÍ

Vápenec, hořečnatý vápenec a dolomit slouží k udržení zdravého vývoje lesa a k jeho revitalizaci. Mleté a jemně drcené karbonáty se používají k úpravě kyselosti minerální půdy a kompostů a jsou zdrojem vápníku a hořčíku.

Obr. č. 6 - RŮSTOVÁ REAKCE MLADÝCH SMRKOVÝCH POROSTŮ



V imisních a horských oblastech vede poprašování vápencem a dolomitem k neutralizaci kyselosti ekosystémů a ke zlepšení růstu lesních porostů. Dochází ke zlepšení úrovně výživy lesních porostů hořčíkem, a tím k odstranění karečních jevů a ke zlepšení fotosyntézy.

## 10.5. RYBNÍKÁŘSTVÍ

S přispěním vápence, dolomitu a vápna byla realizována eutrofizace rybníčních vod, potřebná pro rozvoj chovu ryb.

Dezinfekce rybníku vápnem ničí parazity, neutralizuje prostředí, vyváže toxické kovy do sedimentu a pozitivně ovlivní rozvoj bakteriální mikroflóry, způsobující rychlejší rozklad kontaminantů organického původu.

Doporučený roční přídavek směsi vápence a vápna je 500 kg na 1 hektar.

## 10.6. ROSTLINNÁ VÝROBA A OVOCNÁŘSTVÍ

Pravidelné vápnění je základním prostředkem k udržování stabilní půdní úrodnosti a správnou cestou k vysokým výnosům. Na půdách s nízkým až velmi nízkým obsahem hořčiku je třeba k vápnění používat dolomit, nebo dolomitický vápenec.

**Tab. č. 8 - DÁVKY VÁPENCE PRO DOSAŽENÍ VYHOVUJÍCÍ HODNOTY pH V PŮDĚ OVOCNÉHO SADU ( $t \cdot ha^{-1}$ ) podle údajů Výzkumného ústavu rostlinné výroby**

Půdní druh	Reakce půdy pH zjištěná rozborem						
	4,3	4,7	5,1	5,5	6,0	6,4	6,8
Písčítá	4,00 <sup>3</sup>	3,50 <sup>2</sup>	2,50 <sup>2</sup>	1,00 <sup>u</sup>			
Hlinitopísčítá	6,00 <sup>2</sup>	5,00 <sup>2</sup>	4,00 <sup>2</sup>	2,50	1,00 <sup>u</sup>		
Písčítohlinitá	8,50 <sup>3</sup>	6,50 <sup>3</sup>	5,00 <sup>2</sup>	3,50	2,00	1,00 <sup>u</sup>	
Hlinitá	12,00 <sup>3</sup>	10,00 <sup>3</sup>	8,00 <sup>2</sup>	5,00 <sup>2</sup>	4,00	2,00	1,00 <sup>u</sup>
Jílovitohlinitá	17,00 <sup>3</sup>	14,00 <sup>3</sup>	12,00 <sup>3</sup>	10,00 <sup>2</sup>	7,00 <sup>2</sup>	4,00	2,00 <sup>u</sup>

<sup>2,3</sup> - rozdělit na 2 resp. 3 dávky v průběhu tří let, <sup>u</sup> - udržovací vápnění každých třetím rokem.

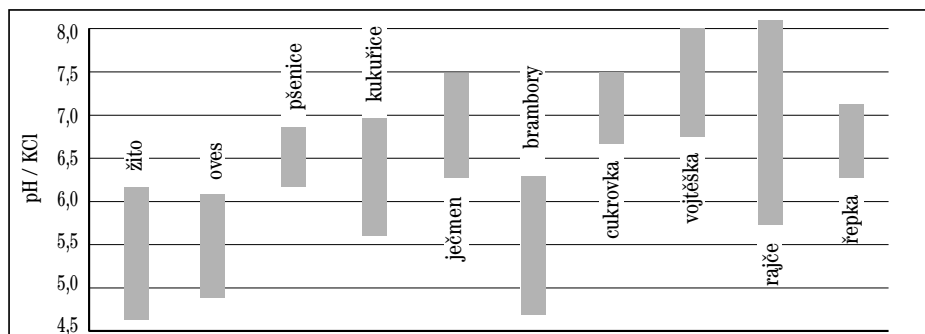
Odběr vápníku některými rostlinami v  $kg \cdot ha^{-1}$  je uveden v následujícím přehledu:

- Obilniny            25 - 42  $kg \cdot ha^{-1}$
- Brambory            70 - 77  $kg \cdot ha^{-1}$
- Řepa                87  $kg \cdot ha^{-1}$
- Luštěniny            120 - 250  $kg \cdot ha^{-1}$
- Vojtěška            250  $kg \cdot ha^{-1}$

Dostatek vápníku v plodech je podmínkou dobré kvality ovoce a zeleniny a jejich skladovatelnosti.

Při nedostatku hořčiku, nezbytné součásti v molekule chlorofylu, se snižuje výkon fotosyntézy. Příznaky nedostatku hořčiku jsou typické chlorózy až nekrózy mezi hlavními žilkami listů.

**Obr. č. 7 - POŽADAVKY ROSTLIN NA PŮDNÍ REAKCI**





## 11. CEMENT A BETON

V betonu konstrukčním i lehčeném je jen asi 10 % cementu, ostatní je kamenivo, další přísady a voda. Z toho důvodu je tento materiál výrobně mnohonásobně energeticky úspornější než materiály srovnatelné, např. cihelné zdivo, konstrukční ocel nebo dokonce umělé hmoty používané ve stavebnictví. **Beton je hmota velmi blízka přírodnímu kamenivu, svým složením plně environmentální a umožňující recyklaci a nové využití.** To jsou důvody pro stálý růst využívání cementu a betonu v celém světě.

Naproti tomu u nás vývoj stavebnictví a užití cementu a betonu byly v posledních desetiletích ovlivněny snahou o minimalizaci pracnosti na staveništi bez ohledu na ostatní důsledky. Příčinou byly vysoké požadavky na objem staveb, jejich kvalitativní hodnocení a nedostatek pracovních sil ve stavebnictví. Důsledkem toho je, že současné požadavky v oblasti stavebnictví způsobují větší pokles poptávky po cementu, než by tomu bylo ve státě, kde se usiluje o optimální využití betonu.

### Konkrétně se jedná o následující oblasti:

- V hromadné obytné a ostatní zástavbě byl desítky let naprosto převažující stavební systém s betonovými prefabrikáty. Umožňoval minimální pracnost na staveništi za cenu důsledků v jakosti stavebního díla, variabilitě řešení, tepelných a hygienických podmínek a problémech s trvanlivostí a s konečnou likvidací díla. Tento systém je dnes v zásadním ústupu, avšak chybou je, že nebyl u nás rozvinut osvědčený systém jako ve vyspělých státech, tj. železobetonový skelet s tepelně-izolační výplní. Tento systém dává vysoce stabilní stavby s vynikajícími parametry tepelnými a hygienickými i s vysokou možností variability vnitřní funkce i vnějšího vzhledu.
- V průmyslovém stavitelství v posledních desetiletích docházelo k rostoucímu využití konstrukční oceli. I tento záměr zajišťoval rychlou výstavbu s nízkou pracností, ovšem za cenu vyšších nákladů a problému s trvanlivostí konstrukce, která vyžaduje periodickou antikorozi ochranu. I z národohospodářského hlediska je samozřejmě výhodnější výroba cementu z domácích surovin, než tuzemská výroba oceli založená na dovážených surovinách. V průmyslově vyspělých státech je i výstavba pomocí prefabrikátů dnes uvedena na vysokou technickou úroveň zajišťující prvotřídní kvalitu.
- V silničním stavitelství docházelo k široké aplikaci asfaltových betonů přesto, že v našich podmínkách jsou používány asfalty nízké jakosti a dochází k jejich poškozování zátěží při vysokých teplotách. Trvanlivost těchto děl je často nízká a řešení dovozem materiálů ze zahraničí by také nebylo hospodářsky optimální.
- Široká publicita byla ve stavebnictví věnována tzv. novým materiálům - sklu, lehkým kovům, umělým hmotám. Tímto způsobem spolehlivě rostly náklady staveb, mnohdy klesala tepelně-izolační schopnost a často i trvanlivost částí staveb. Využití těchto materiálů je jistě oprávněné tam, kde skutečně plní jednoznačnou funkci, je-li zapotřebí vysokého prosvětlení nebo tam, kde význam určitého estetického ztvárnění je nesporný. V opačných případech se dosahují drahé samoučelné efekty.

Na všechny uvedené oblasti a na mnoho dalších je nutno zaměřit reálné hodnocení cementového betonu. Díla z něho vyrobená jsou trvanlivá, odolná, funkční a neomezeně kombinovatelná s dalšími materiály, např. tepelně-izolačními. Příslušné technologie jsou dobře prověřeny v průmyslově nejvyspělejších státech a jsou našim stavbařům plně známy.

Cement je stavební materiál s obrovskými možnostmi použití a ve vyspělých zemích začíná představovat velmi silnou konkurenci v tradičních oborech pro takové materiály, jako je ocel nebo plasty. Při zběžném zpětném pohledu zpět vidíme, že cement byl v minulých letech degradován na pomocný stavební materiál použitelný pouze k výrobě obyčejného betonu, jehož necitlivý způsob využívání je přesvědčivým důkazem naprostého nepochopení možností, které tento progresivní materiál poskytuje.

Vlastnosti cementu lze ovlivnit kombinacemi od výběru a skladby suroviny, přes regulaci fázevého složení slínku výpalem, ovlivňování vlastností cementu způsobem mletí a úpravou granulometrie až po využívání chemických a mineralogických přísad a příměsí, které z finálního produktu vytvoří materiál determinovaný pro speciální použití nebo naopak pro použití co nejširší.

#### **Pro názornost lze uvést několik základních modifikací vlastností cementů:**

- rychlé tvrdnutí, tj. rychlovazné cementy
- vysoká konečná pevnost, tj. vysokopevnostní cementy
- objemová stálost až řízená expanze, tj. silniční a rozpínavé cementy
- snížený vývin hydratačního tepla, tj. cementy pro masivní stavby
- zvýšená chemická odolnost, tj. cementy vystavené působení agresivních medií
- zvýšená odolnost proti působení vysokých teplot, tj. žáruvzdorné cementy.

#### **Pro ilustraci širě použití cementů v jejich základní i modifikační podobě je možné uvést příklady aplikací:**

- klasické stavební aplikace, tj. transportbeton
- betonáže masivních konstrukcí, tj. přehradní tělesa, masivní základové desky
- stříkané betony, tj. shotcrete, torkret pro zpevňování důlních chodeb, opravy kleneb a mostních konstrukcí, sanace povrchu přehradních těles
- injektáže, tj. zpevňování hornin, opravy trhlin
- tamponáže, tj. zpevňování zemin a podloží, snížení průsaků vody
- kotvení, tj. kotvení nosných prvků, strojů
- sanace úniku toxických a radioaktivních látek, tj. použití při průmyslových haváriích
- betonáže do agresivního prostředí, tj. budování a ochrana základových stavebních nosných konstrukcí
- žároaplikace, tj. povrchy průmyslových chladičů, opravy vyzdívek,
- náhrada litiny, tj. vysokopevnostní kompozity jako náhrada v některých částech strojů
- solidifikace průmyslových odpadů, tj. fixace toxických odpadů v cementové matici, výroba kontejnerů pro průmyslové odpady
- umělecké aplikace, tj. výroba umělého kamene pro kopie uměleckých děl apod.

Betonové stavitelství obstálo v náročných podmínkách dvou poválečných období, kdy bylo nutné obnovit mnoho zničených staveb a celých měst při nedostatku stavebních hmot a pracovních sil. Výroba a doprava betonu a také jeho zpracování a ukládání, doznaly v posledních desetiletích mimořádného pokroku.

Dnešní beton se vyrábí většinou v centrálních betonárnách a dopravuje se na stavbu v autodomčívávacích. Výroba betonové směsi v automatizovaných betonárnách umožňuje používat betonů velmi vysokých pevností i v konstrukcích betonovaných na místě. K dopravě betonu na staveništi kromě běžných prostředků se dnes používá čerpání. Pro zhutňování betonů se používá různých druhů velmi účinných vibrátorů. Často se též uplatňují různé speciální přísady zajišťující tekutost betonové směsi, a to bez újmy na konečné jakosti ztvrdlého betonu.

## 12. SUCHÉ OMÍTKOVÉ A MALTOVÉ SMĚSI PRO OBYDLÍ

Malta na stavbě patří mezi nejdůležitější materiály. Slouží jako spojovací hmota pro zdění, pro zhotovování mazanin a potěrů, pro omítání, jako spárovací a vyrovnávací tmel a další. Je tedy materiálem skutečně důležitým a je třeba její kvalitě a výběru druhu věnovat příslušnou pozornost.

Jednou z velmi důležitých a náročných fází provádění stavby je zhotovení omítek vnějších i vnitřních. Omítka musí splňovat řadu požadavků, ať jsou to nároky na pevnost, objemovou stálost, přídržnost k podkladu, přes mrazuvzdornost, vodoodpudivost, propustnost pro páry a plyny až ke vnějšímu vzhledu - barvě, zrnitosti a stejnoměrnosti zhotovené plochy. Z toho plyne, že připravit takovou omítku »na míru« a její kvalitu dodržet pro celé dílo není v podmínkách běžného staveniště jednoduché.

V minulosti bylo vše zdánlivě jednodušší. Přísná hlediska na vlastnosti omítek a malt neexistovala a vše záleželo na použitém materiálu a zkušenostech zednického mistra. Na stavbu se přivezl písek, vápno a později, když už byl vyráběn, také cement. Vápno se vyhasilo a uložilo do jámy v zemi k uležení. Stavitel nebo mistr zednický určil poměr míchání jednotlivých složek včetně vody na základě svých osobních znalostí a zkušeností. Tím byl z velké části ovlivněn konečný výsledek stavby a následně její životnost. Samozřejmě nebylo možno takto vyrobit malty pro speciální použití.

S tím vším dnes již není možno vystačit. I při nejlepší vůli a nejlepších znalostech není možno dodržet za použití klasických postupů přísné požadavky současných stavebních norem. Dále tu hraje roli nutnost provádění stavebních prací ne vždy v optimálních podmínkách, omezený čas a prostor a celková ekonomika stavby. Kromě kvalitativních ukazatelů další významnou roli zvláště u omítek hrají i hlediska estetická. Splnění všech těchto požadavků klasické postupy již nemohou v plné míře zajistit.

S řešením všech problémů přicházejí suché omítkové a maltové směsi. Oproti klasické technologii přináší stavebníkovi jejich využití řadu nesporných výhod. Každý, kdo suché omítkové a maltové směsi používá a má tedy možnost srovnání, to může potvrdit.

Jaké výhody tedy suché omítkové a maltové směsi, známé také pod vžitou zkratkou SOMS, přinášejí? Zaručenou kvalitu výrobku - SOMS od velkých renomovaných výrobců jsou vyrobeny z kvalitních surovin, jejichž vlastnosti jsou průběžně kontrolovány v laboratořích a samotné SOMS podléhají povinné certifikaci státní zkušebnou. To znamená, že výrobce směsi zaručuje kvalitu svého výrobku. Od spotřebitele je při využití SOMS požadováno jen přesné dodržování pokynů výrobce. Jejich nabídka je doslova na míru, jsou vyráběny v tak širokém sortimentu, že pro téměř jakékoliv podmínky a účel je možno nalézt vhodný druh. Současná nabídka sortimentu omítek a malt umožňuje použití směsí doslova od sklepa až po střechu a nejen to. Jsou vyráběny i směsi pro sanaci provlhlého a zasoleného zdiva, pro renovaci starého zdiva i historických staveb, pro lepení a spárování dlaždic a obkladů, pro užití při nejrůznějších opravách a pracích uvnitř i vně, různé speciální tmely a stěrkové hmoty, tepelně izolační směsi, pokryvačské malty, směsi pro zdění, postřiky a betonové směsi a směsi pro štuky a vrchní pohledové omítky v mnoha druzích, zrnitostech a barvách.

Není nutno přidávat žádné další přísady - pro dosažení deklarovaných vlastností SOMS již většinou zušlechťující přísady obsahují a v tom případě to je na obalu uvedeno. Směsi byly během vývoje neustále testovány a představují již vyvážený systém, kde by další přísady zhoršily nebo úplně potlačily deklarované vlastnosti hotové čerstvé i ztvrdlé malty. Úsporu plochy staveniště - není třeba na stavbě mít vyčleněné plochy pro skladování písku a kryté prostory pro uskladnění cementu a vápna. Výrobci SOMS mohou dodávat na staveniště své výrobky volně ložené v ocelovém transportním síle. Úsporu času a pracovní síly - odpadá odměřování složek při mísení malty, SOMS balené i volně ložené obsahují všechny složky již přesně nadávkované a smísené. Stavebník musí jen dodržovat doporučené dávkování vody. V případě volně ložených směsí je možno použít navazujícího strojního vybavení s plně automatickým provozem. Odpadá tak veškerá ruční manipulace s materiálem při skládání materiálů i při stavbě.

Výrobci SOMS zapůjčují omítací techniku včetně zaškolení obsluhy. Pro rozsáhlejší omítkářské práce je využití této techniky velmi výhodné - umožňuje dosažení vynikající a stejnoměrné kvality díla za současné úspory času a pracovních sil - produktivita práce oproti klasickému postupu při zhotovování omítek je až trojnásobná.

Minimální ztráty materiálů - strojní nanášení omítek a malt ve spojení s transportními síly a dalším zařízením skutečně šetří materiál. Navíc nespotřebovaná směs v síle se vrací výrobcí a zákazník platí jen za skutečně spotřebovanou směs. Materiál v transportním síle je také dokonale chráněn před nepřízní počasí, takže odpadají i ztráty způsobené jeho znehodnocením vlivem atmosférických srážek a vlhkosti. Odstranění fyzické námahy - SOMS, zejména pak směsi pro strojní omítání v transportních sílech zmenšují potřebu namáhavé ruční manipulace s materiálem. Ochrana životního prostředí - použití SOMS zmenšuje prašnost na staveništi, celkovou plochu znečištěnou stavebními hmotami a celkovou dobu trvání stavby. Životní prostředí v bezprostředním okolí stavby je tak vystaveno mnohem menší zátěži než při klasické technologii.

A nakonec to hlavní - SOMS šetří naši peněženku. Úspora plochy, času a pracovní síly - to vše se projeví na ekonomice stavby. Leckdo si představuje, že ušetří, když nakoupí vápno, cement a jeden druh písku. Opak je pravdou - mnohem více peněz, jež pak bude stát vlastní práce a doprava nehledě na kvalitu výsledku.

## 13. ÚSPORA SUROVIN A PALIV LIKVIDACÍ ODPADŮ

Cementářský a vápenický průmysl je velkým přirozeným likvidátorem odpadů, čímž částečně nahrazuje některé surovinové a palivové komponenty běžné ve výrobě nezbytné.

Možnosti likvidace průmyslových a komunálních problémových nebo enviromentálně obtížných odpadů v tomto průmyslu jsou z hlediska variability vstupních komponent a energetických medií při zachování stability vlastností výstupních produktů velmi široké, avšak nikoliv neomezené. Při posuzování jednotlivých odpadů je rovněž nutno přihlédnout k limitujícím parametrům technologického uzlu výroby - k možnostech rotační pece.

Cementářská rotační pec s disperzními výměníky tepla svým charakterem představuje velmi účinný a spolehlivý systém pro zachycení emisí plyných i tuhých škodlivin, které se dostávají do kouřových plynů při zpracovávání a spalování různých materiálů včetně odpadů. Faktory, které se na tom podílejí jsou známé - vysoká teplota plamene a dlouhý pobyt spalovaného paliva v oblasti nejvyšších teplot, schopnost krystalové mřížky slínekových minerálů pevně vázat téměř všechny toxické kovy, vysoká účinnost disperzních výměníků tepla při zachycování kyselých složek spalin a vysoká účinnost používaných elektrostatických odlučovačů prachu. Vysoká pevnost vazby prvků ve slínekových minerálech se projevuje i při vystavení cementových výrobků účinkům vody - vyluhovatelnost prvků z těchto výrobků je tak nízká, že koncentrace prvků v povrchových vodách není nijak ovlivňována.

Při dobré účinnosti třídění a separovaném sběru odpadů je možno dosáhnout snížení množství odpadů ukládaných na skládky minimálně o 30 % a se zvyšující se účinností třídění se toto číslo může ještě zvětšit, přitom spalování v cementářské rotační peci již žádný odpad neprodukuje. Jedná se tedy o vysoce účinný a progresivní způsob minimalizace vzniku odpadů.

## 13.1. ÚSPORA SUROVIN

Úspory primárních surovin likvidací odpadů lze dosáhnout např. náhradou slínku hydraulickými nebo pucolánovými přísadami.

**Náhrada slínku vysokopecní granulovanou struskou je nejvýznamnější. Od roku 1945 zpracoval cementářský průmysl na území Čech a Moravy více než 60 milionů tun. Tato struska nahradila asi 90 milionů tun přírodních surovin.**

Zvýšení spotřeby struskoportlandských cementů a tím i vysokopecní granulované strusky nezávisí jen na přání výrobců cementu, ale především na poptávce odběratelů. Nelze přehlédnout skutečnost, že české strusky mají nižší kvalitu, zejména v důsledku nízkého obsahu  $Al_2O_3$ , jakož i vyššího obsahu  $SiO_2$  a nižšího obsahu  $CaO$ . Ve srovnání např. s francouzskými struskami, dosahují strusky v ČR jen asi 20 %ní aktivity. Složení strusky závisí na složení železné rudy a její změna není jen technickým, ale i ekonomickým problémem.

Další náhradu slínku představuje přimílení popílku do cementu. V současné době se u nás vyrábějí s přísadou popílků 3 druhy cementů:

- portlandský popílkový cement
- portlandský směsný cement
- směsný cement.

**Podíl odpadů, které nahrazují přírodní suroviny, tvoří jen několik procent, jedná se ve směs o korekční přísady, které nahrazují křemičitý písek, nedostatek oxidu hlinitého, nebo železitého v surovině.** V následujícím přehledu jsou uvedeny i odpady nebo druhotné suroviny, které mohou přírodní suroviny nahradit, případně jsou již používány.

Křemičito-hlinité přísady:

- popílky elektrárenské a teplárenské
- hlínky z rafinerie olejů

Křemičito-hlinito-železité korekce:

- ocelárenské strusky

Hlinité korekce:

- hlinitá struska z výroby ferrovanadu

Křemičité přísady:

- slévárenské písky
- Si - látka z výroby síranu hlinitého

Křemičito-hlinito-vápenatá surovina:

- vysokopecní granulovaná struska

Železité korekce:

- ocelárenské prachy

## 13.2. ÚSPORA PALIV

Využívání odpadů jejich spalováním v cementářských a vápenických rotačních pecích je ve vyspělých průmyslových státech velmi rozšířené. Např. díky přehřátí v chladiči slínku vstupuje sekundární spalovací vzduch do pálícího pásma o teplotě 700 - 900 °C. Teplota plamene dosahuje 2 100 - 2 200 °C. Tato teplota zaručuje úplný rozklad organických látek. Spalovací teplota je zde vyšší, než se dosahuje ve spalovnách.

Teplota portlandského slínku ve slinovacím pásmu dosahuje 1 450 °C.

Pokud se pálí těžkým topným olejem, je tento olej před vstupem do hořáku ohřát na teplotu 140 °C a je pod tlakem vstříkován do pálícího pásma společně s primárním vzduchem. Hořáky je možno upravit tak, že se spaluje palivo společně s plynnými, kapalnými nebo vhodně upravenými tuhými odpady. Většinu tuhých odpadů s výhřevností min. 15 MJ.kg<sup>-1</sup> lze bezpečně využívat jako alternativní palivo. Alternativní paliva mohou být případně dodávána samostatným hořákem, umístěným pod nebo nad hlavním hořákem.

Velmi snadná je aplikace alternativních paliv u moderních pecních systémů, opatřených tzv. předkalcinací, tj. přitápěním do dispersního výměníku tepla. V tomto případě jsou vhodná i paliva o nízké výhřevnosti. Rovněž dochází k redukci oxidů dusíku, přítomných v kouřových plynech rotační pece.

Při výběru alternativních paliv se vyhýbáme použití organických látek, obsahujících pesticidy, biologicky aktivním nebo radioaktivním materiálům a chemikáliím, které by mohly po procesu spalování obsahovat zdraví škodlivé produkty, kterými jsou např. chlorované uhlovodíky.

### Výhody spalování druhotných paliv v rotačních pecích:

- vysoká spalovací teplota, dostatečná doba prodlevy materiálu a oxidační atmosféra je zárukou dokonalého rozkladu organických látek, především na vodní páru a oxid uhličitý.
- nevratná fixace kovových prvků do krystalické struktury portlandského slínku.
- nevznikají žádné tuhé ani kapalné produkty (tzv. odpady z odpadů).
- ve čtyřstupňovém cyklovém výměníku tepla se spaliny dokonale promísí s velmi jemně mletou surovinovou moučkou. Tím dochází k zachycení oxidů síry a k jejich přeměně v neškodný síran vápenatý. Stejným procesem se zachytí a zneutralizují i další kyselá složky, pokud jsou přítomny, např. kyselina chlorovodíková až na chlorid vápenatý.
- ušetří se neobnovitelné zdroje fosilních paliv. Např. v Německu nebo ve Francii již některé závody nahradily spalováním alternativních paliv 65 až 75 % fosilních paliv. V USA asi 30 %.
- snižují se náklady na stavbu spaloven a zabezpečených skládek.

### Nejčastěji spalované odpady v cementářských pecích v zahraničí:

#### TUHÉ ODPADY:

##### ROSTLINNÉ ZBYTKY:

- Rýžové slupky
- Skořápky ořechů

- Pecky a slupky z oliv a z dalších peckovin
- Pokrutiny z řepky
- Slupky z kávy
- Kůrový prach
- Dřevěný prach, třísky, štěpky, piliny
- Prach z dřevěného uhlí
- Sláma
- PL-Fuel (upravené listí tavené s odpadem plastických hmot)
- Ekobrikety
- Vlákenné chmýří

#### **PRŮMYSLOVÉ ODPADY:**

- Ropný koks
- Odpady z recyklace výroby papíru
- Odpady z výroby umělých hmot - upravené odřezky, granule
- Saze - prachy z anodového zpracování
- Smolný koks
- Odpady z výroby karbamidu
- Odpadní pryskyřice
- Multiprachy z briketáren
- Kožené odpady - z výroby bot a kožedělného průmyslu

#### **MĚSTSKÉ A KOMUNÁLNÍ ODPADY:**

- Sušené městské kalý
- RDF palivo (lehká složka vytríděná z komunálního odpadu)
- Staré pneumatiky
- Textilní odpady

#### **POLOTUHÉ A KAPALNÉ ODPADY:**

- Upotřebené oleje
- Ředidla a rozpouštědla
- Zbytky z výroby parafinu a z destilace minerálních olejů
- Kalý z recyklace olejů
- Živočišné tuky z jatek
- Filtrační hlinky
- Odpadní voda znečištěná organickými komponentami
- Metanol
- Pyrolytické produkty lignocelulózy
- Dehty z petrochemického průmyslu
- Lanolin z prané vlny



## **PLYNNÉ LÁTKY:**

- Bioplyn
- Pyrolyzní plyn
- Generátorový plyn z dřevěných odpadů
- Plyn z pyrolyzy pneumatik

V České republice se v rotačních pecích v cementárnách a vápenkách spalují odpady zatím jen v omezeném množství, i když u cementárů a vápeníků určitý zájem nechybí. Zatím se úspěšně spalují pneumatiky ve dvou závodech a upotřebené oleje. Současná úspora paliv fosilních druhotnými palivy v oblasti spotřeby českého cementářského a vápenického průmyslu je asi 8 %.

Očekává se nárůst využívání alternativních paliv v souvislosti s přiblížením legislativy k Evropské unii, a to především díky tomu, že v EU nelze skládkovat materiály s vyšším spalitelným podílem než 25 %. Tato hranice se bude v EU dále zpřísnovat. Např. v SRN bude v roce 2005 povoleno skládkovat materiál se spalitelným podílem pouze do 5 %.

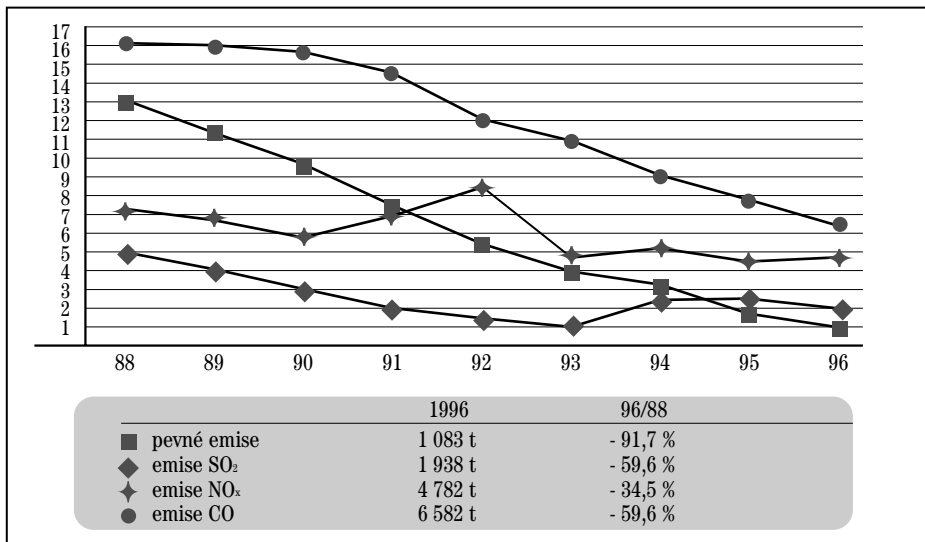
## 14. UDRŽITELNÝ ROZVOJ, VÝROBA VÁPNA A CEMENTU A NEROSTNÉ SUROVINOVÉ ZDROJE

Udržitelný rozvoj je rozvoj uspokojující potřeby současné doby, aniž by byla ohrožena schopnost budoucích generací uspokojovat jejich vlastní budoucí potřeby. To bylo politické stanovisko i filozofický pojem zavedený v 80. letech. Můžeme to považovat za rovnováhu enviromentálních, sociálních a ekonomických úvah, která musí být dosažena kvůli budoucím generacím. Tato definice byla přijata na Mezinárodní konferenci o životním prostředí v r. 1992 v Rio de Janeiru. Přestože na tom, že pro budoucí generace je nutno zajistit zdravé životní prostředí, se shodneme všichni, pak to, co udržitelný rozvoj znamená v praxi, může být chápáno v různých oblastech značně diferencovaně.

Enviromentální pohled znamená účinnější využívání přírodních zdrojů energie, rozvážné zvládnání odpadu, uzavření řetězce hmoty a všeobecná snaha o co nejmenší dopad průmyslových činností na životní prostředí. Ekonomický pohled znamená konkurenční průmysl, který může přežít a prosperovat ve zdravém ekonomickém klimatu a tím splňovat enviromentální požadavky a sociální úkoly jako je zvyšování životní úrovně, bytová výstavba, zdravotní péče, vzdělání apod.

Nerostné suroviny se v posledních letech dostaly do popředí zájmu geologů, ekonomů a politiků, ale i specialistů na ochranu a tvorbu krajiny a životního prostředí, a v této souvislosti i široké veřejnosti. Je nepochybné, že nerostné suroviny jako takové budou vždy základem ekonomiky každého státu, v jehož hospodářství hraje alespoň trochu významnější roli nějaké průmyslové odvětví, jako je např. strojírenství nebo výroba stavebních hmot, popř. průmyslová chemie.

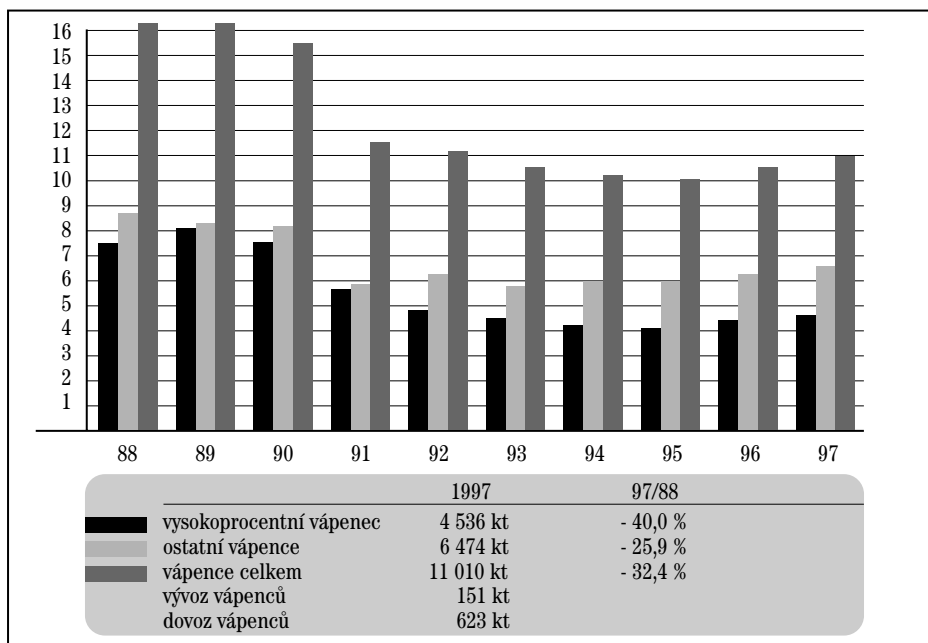
Graf. č. 1 - EMISE CEMENTÁREN A VÁPENEK 1988-1996



Stejně tak je nepochybné, že v minulosti bylo jejich využívání velmi nevhodné. V současné době proto začínají mít stále větší význam procesy recyklace a využívání odpadů. S jejich využíváním může spotřeba nerostných surovin na jednotku produkce klesat. Rozhodujícím faktorem budoucího našeho vývoje bude stupeň zhodnocení - valorizace nerostných surovin v ekonomice České republiky.

Z celého spektra možných otázek se věnujme problematice nerostných surovinových zdrojů ve vztahu k udržitelnému rozvoji. Těžba nerostných surovin obecně tvoří asi 10 % globálního ekonomického výstupu. V České republice v roce 1991 činil podíl domácí těžby na průmyslové výrobě 19 %, v roce 1993 12,5 % a v roce 1996 poklesl na 5 %, což představuje 2,2 % hrubého domácího produktu. Nejde tedy o nadměrné drancování, jak často slyšíme. Podle nejnovějších světových statistik spotřeba surovin na osobu se pohybuje kolem 20 t ročně. Z velké části jde o suroviny energetické a stavební.

**Graf. č. 2 - TĚŽBA VÁPENCŮ V ČESKÉ REPUBLICE 1988-1997**



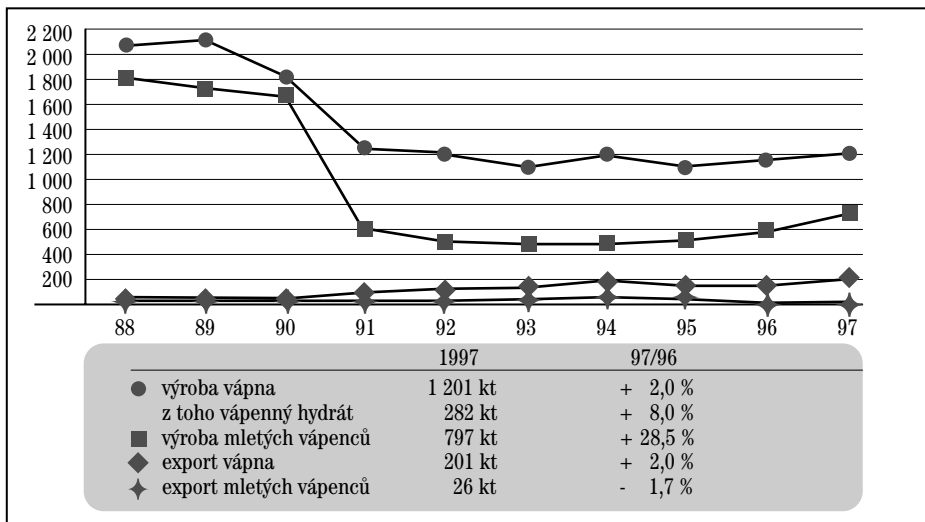
Úbytek spotřeby ve strojírenství, chemii a stavebnictví naopak výrazným nárůstem spotřeby kompenzuje oblast ochrany životního prostředí. Značně vzrostly požadavky na dodávky pro čištění kouřových plynů energetických zdrojů a pro čištění odpadních vod. Tento nárůst činil v roce 1997 ve vápně a hydrátu 78,9 % a ve vápencích 130,6 %.

Objem výroby vápna se po propadu v letech následujících po politických a hospodářských změnách v České republice stabilizoval na 1 200 kt.rok<sup>-1</sup>. Z hlediska dlouhodobého vývoje

lze předpokládat, že se tento objem nezmění. Výroba vápenného hydrátu pak dosáhla 282 kt.rok<sup>1</sup>, ve výrobě mletých vápenců bylo dosaženo 797 kt.rok<sup>1</sup>.

Dosavadní průběh roku 1998 ukazuje na celkový objem výroby stejný jako v roce 1997, jen roste spotřeba domácí na úkor vývozu. U mletých vápenců je vidět další nárůst spotřeby do oblasti ochrany životního prostředí.

**Graf. č. 3 - VÁPNO A MLETÉ VÁPENCE - VÝROBA A EXPORT 1988-1997**



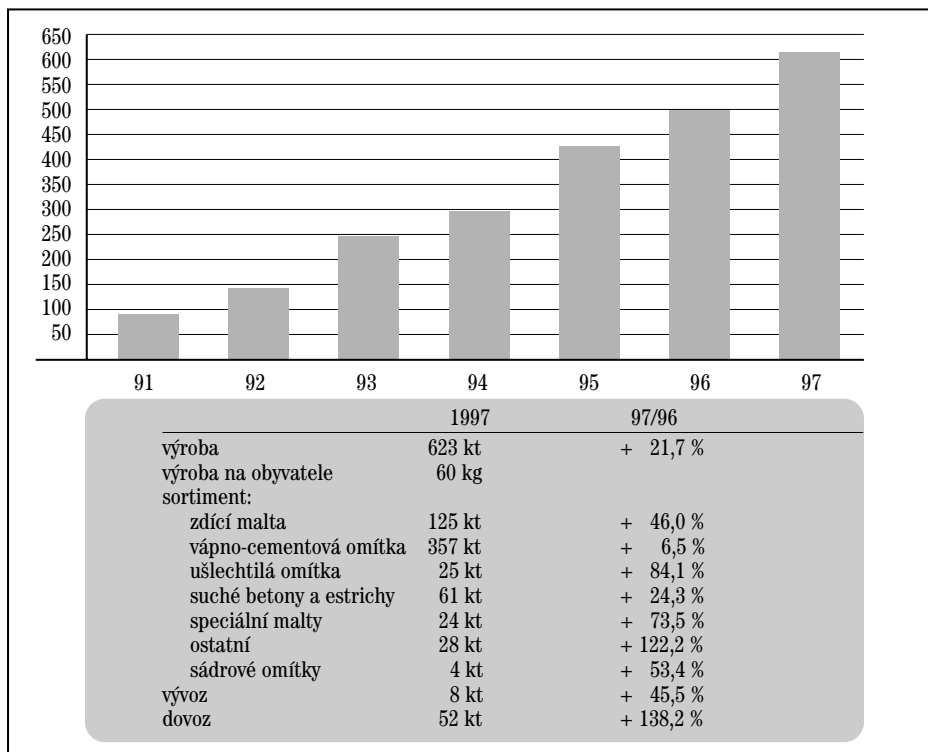
Samostatnou rozvojovou oblastí je výroba suchých omítkových a maltových směsí. Je nutno si uvědomit, že ještě v roce 1991 byla v této oblasti Česká republika rozvojovou krajinou, kde výroba a spotřeba suchých omítkových a maltových směsí na jednoho obyvatele byla pod 10 kg za rok. Nárůst, který probíhá v posledních letech, je mohutný a v roce 1997 bylo již dosaženo 60 kg na obyvatele. Výroba roku 1997, tj. 623 kt, představuje meziroční nárůst 21,7 %. I do budoucna lze očekávat další nárůst spotřeby těchto moderních materiálů.

Změna nastala i v pohledu zákazníků na kvalitu našich výrobků. Vysoké požadavky na kvalitu vápna a její rovnoměrnost jsou při ochraně životního prostředí, ve výrobě oceli a stavebních hmot. To je důvodem, proč stále více výrobců si nechává řízení jakosti a výrobu certifikovat podle ISO 9001, resp. ISO 9002.

Výrobní jednotky v České republice věnují každoročně stamilionové částky do tzv. environmentálních investic. Výsledkem je srovnání roku 1997 s rokem 1988, tedy s dobou před privatizací, která teprve umožnila tyto investice pro zlepšování environmentálních podmínek. Pevné emise poklesly o 93,1 %, emise SO<sub>2</sub> o 64,6 %, emise NO<sub>x</sub> o 27,4 % a emise CO o 43,6 %. To jsou údaje, které charakterizují výsledky celého oboru cementáren a vápenek.

Z enviromentálního hlediska zásady udržitelného rozvoje je pro výrobce vápenců a vápna rozhodující otázka optimálního využívání surovinové základny. Na jakosti vápenců jsou totiž výrobci vápna daleko závislejší než výrobci cementu. Znamená to, že zájmem výrobců vápenců a vápna je maximálně využívat všechny dostupné zdroje vysokoprocenních vápenců, zamezit jejich ztrátám pro jiné účely a odevzdat je hospodářství státu ve formě tříděných a mletých vápenců a vápna v takových druzích a v takové jakosti, jak je potřebné. S tím souvisí i komplexní využívání ložisek, kde právě vysokoprocenní vápence jsou v čistých frakcích separovány pro nejnárodnější účely.

**Graf. č. 4 - SUCHÉ OMÍTKOVÉ A MALTOVÉ SMĚSI - RŮST VÝROBY 1991-1997**



Údaje v této kapitole byly zveřejněny s laskavým svolením Svazu výrobců cementu a vápna Čech, Moravy a Slezska.

## 15. MEZINÁRODNÍ SPOLUPRÁCE

Česká republika je zapojena do mezinárodní spolupráce a výměny zkušeností v oblasti střední i celé Evropy. Každoroční setkání v rámci krajin Visegradu je umocněno členstvím Svazu výrobců cementu a vápna Čech, Moravy a Slezska v Evropské a Světové asociaci výrobců vápna (EuLA - European Lime Association, ILA - International Lime Association) a Evropské asociaci výrobců cementu (Cembureau).

Mezinárodní spolupráce a navázání rovněž působí v rámci Evropské normalizační komise CEN, takže výroba těchto komodit je v České republice plně v rovíně evropské normalizace a tím samozřejmě i kvality.

**Producenti cementu, vápna a mletých vápenců po vzoru svých kolegů ze zemí Evropské unie dbají na harmonický rozvoj těžby a renaturalizace po ukončení lomové činnosti v jednotlivých etapách těžby.**

Příkladem může být zahájená renaturalizace části lomu Čertovy schody pod dohledem orgánů místní správy, orgánů chráněné krajinné oblasti, Akademie věd, Ministerstva životního prostředí a dalších zainteresovaných organizací.

Stejný příklad lze nalézt na lokalitách v Radotíně, Vitošově a jinde.

**Nemalé investice, které tato činnost vyžaduje, jsou nezbytné pro enviromentální návrat krajiny blíže k člověku.**

## 16. ZÁVĚR

Světové statistiky uvádějí, že vápno náleží mezi pět nejdůležitějších výrobků, jaké kdy člověk vynalezl, vyrobil a dodnes používá.

Vápenec a vápno i dnes patří mezi nejdůležitější látky, které člověk ke svému životu potřebuje. Ochrana životního prostředí a její procesy, zdravotnictví a hygiena, zemědělství, výroba pitné vody a potravin, likvidace lidských exkrementů - to vše jsou procesy, kde je vápno a vápenec nezastupitelné.

Tato publikace předkládá k diskusi údaje o úloze vápna a vápenců v problematice životního prostředí a v dalších oborech lidské činnosti. Autoři věří, že jejich názory přispějí ke zkvalitnění odborné debaty nad obsáhlou problematikou využívání těchto materiálů pro naši společnost.

## 17. POUŽITÁ LITERATURA

1. Alff P. a kol.: Vom Kalkstein zum Kalk. Bauverlag GmbH, Wiesbaden, Berlin, 1963
2. Boynton R.S.: Chemistry and Technology of Lime and Limestone. Interscience Publishers John Wiley & Sons, 1989
3. Bárta R.: Chemie a technologie cementu, ČSAV Praha, 1961
4. Cikrt M.: Overview of the Czech Cement Industry. Paper, International Cement Conference, Prague, 1991
5. Dirner V. a kol.: Ochrana životního prostředí, Hospodaření se zdroji nerostných surovin. Učební texty MŽP ČR a VŠB Ostrava, str. 197-205, 1997
6. Grydgaard: Kiln conversions. International Cement Review, str. 51-89, 1998
7. Hejtman B.: Petrografie. III. vydání, SNTL (Alfa), Praha, 1981
8. Helan B., Klement K.: Vápno, výroba a použití. SNTL, Praha, 1960
9. Hornická ročenka 1997, Český báňský úřad, Zaměstnanecký svaz důlního a naftového průmyslu, Společenstvo těžařů, Montanex, Ostrava, 1998
10. Hrbek P.: Výroba vápna v ČR 1998. Přednáška při Setkání představitelů oboru Visegradu, Přerov
11. Kasig W., Hufnegel F.J.: Geschichte der deutschen Kalkindustrie. Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e.V., 1987
12. Kettner R.: Všeobecná geologie I. ČSAV, Praha, 1958
13. Kukul Z.: Návod k pojmenování a klasifikaci sedimentů, Ústřední ústav geologický, Metodická příručka 2, str. 1-80, Praha, 1985
14. Kratochvíl I.: Výroba cementu a vápna a ochrana životního prostředí. Silikátový zpravodaj, str. 2-4, 1/1997
15. Krutský N.: Geologické předpoklady zajištění surovin pro výrobu hydraulických vápen. Stavivo, str. 5-7, 1/1981
16. Kupper D. a kol.: Trends on Desulfurization and Denitration Techniques in the Cement Industry, Dallas, PCA Fall Meeting 1990
17. Kühl R.: Zement - Chemie, Band II. Verlag - Technik, Berlin, 1952
18. Lahovský J.: Světový vývoj v technologii výroby vápna. I. Seminář přednášek pořádaný Společností pro papírenský průmysl, Svor, 1980



19. Lahovský J.: Vápenické výrobky pro odsiřování kouřových plynů. Vápenický seminář v Lošticích, 1993
20. Ložiska nerudných surovin ČR, Univerzita Karlova, 1992, Praha
21. Oppermann B., Mehlmann M., Peschen N.: Produkty průmyslu vyrábějícího vápno pro ochranu životního prostředí, 7. Mezinárodní kongres o vápně, Řím, 1990
22. Peschen N.: Vápno a vápence pro ochranu životního prostředí. Silikátový zpravodaj, str. 7-12, 1/1997
23. Petránek J.: Usazené horniny. Nakladatelství Československé Akademie Věd, Praha, 1963
24. Polák A.: Nerudné nerostné suroviny. Ústřední geologický úřad, Praha, 1965
25. Rovnaníková P.: Vývoj historických pojiv od vápna k portlandskému cementu. Stavební materiály, str. 21-23, 2/1998
26. Schiele E., Berens L.W.: Kalk. Herstellung - Eigenschaften - Verwendung, Verlag Stahleisen M.B.H., Düsseldorf, 1972
27. SIC - HPK vertical shaft lime kiln innovations. World Cement, str. 24-25, 1998
28. Surovinové zdroje České republiky - Nerostné suroviny. Národní informační středisko ČR, Geofond, 1988
29. Tuček A.: Vápno pro speciální účely, přednáška Skalský Dvůr, 1980
30. Weiler H.: Zkušenosti s čistěním kouřových plynů vápennými produkty u uhelných elektráren a u zařízení spalujících odpady. Přednáška při 2. Evropské technické konferenci, Kolín nad Rýnem, 1996
31. Witzany J.: Beton, ekologický materiál současnosti a budoucnosti - možnosti využití v pozemním stavitelství. Silikátový zpravodaj, str. 26, 1/1997
32. 1996 Cement Industry Latest Technology Seminar. Zement - Kalk - Gips International, str. A 45-47, 9/1996
33. 1998 World Cement Projects Report. Rock Products Cement Edition, str. 28-49, 1998



ISBN 80-7212-049-2

Praha 1998