



# CEMENTÁRNY A UDRŽITELNÝ ROZVOJ

## INTEGROVANÁ PREVENCE A OMEZOVÁNÍ ZNEČIŠTĚNÍ



Zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a omezení znečištění a o integrovaném registru znečišťování, který vstoupil v České republice v platnost v roce 2002, přináší v souladu s příslušnými direktivami EU integrované zhodnocení všech vlivů provozu cementárny na životní prostředí a povede k vydání jednoho komplexního tzv. integrovaného povolení k provozu. Integrované povolení bude vydáno na základě vzájemné komunikace mezi žadatelem a povolujícím subjektem, jejímž výsledkem má být stanovení opatření a podmínek pro provoz zařízení, vhodných jak pro životní prostředí, tak pro provozovatele zařízení. Zákon definuje povinnost získat integrované povolení do 30.10. 2007.

Zároveň prováděcí předpisy stanovují povinnost zveřejňovat údaje o znečišťujících látkách, vedených v integrovaném registru znečišťování, poprvé za rok 2004 v roce následujícím.

České a moravské cementárny od roku 2002 spolupracují ve Svazu výrobců cementu ČR, který je řádným členem mezinárodní cementářské asociace Cembureau.



VSTUP ČESKÉ REPUBLIKY DO EVROPY ZNAMENÁ I PRO TUZEMSKÉ CEMENTÁRNY PLNOU APLIKACI ENVIRONMENTÁLNÍ LEGISLATIVY EVROPSKÉ UNIE BEZ ZBYTEČNÉHO ROZŠIŘOVÁNÍ NA ÚKOR SOCIÁLNÍ ODPOVĚDNOSTI, DOHLEDU ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ A EKONOMICKÉ PROSPERITY.

## HLAVNÍ DŮVODY PRO ZAVEDENÍ INTEGROVANÉHO SYSTÉMU ŘÍZENÍ ZNEČIŠTĚNÍ ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

- existují rozdílné přístupy k řízení emisí do ovzduší, vody a půdy, které mohou způsobovat pouze přesuny znečištění z jednoho prostředí nebo složky do druhé,
- omezování materiálových a energetických toků,
- v rámci legislativy EU byla přijata opatření proti vypouštění nebezpečných látek do ovzduší a vodního prostředí, nebyla však přijata potřebná opatření zaměřená na emise nebezpečných látek do půdy,
- je nezbytné zajistit snižování znečištění životního prostředí jako celku a zabránit komplexně emisím do ovzduší, půdy a vody a současně maximálně omezit produkci odpadů,
- provozovatel musí brát v úvahu komplexně všechny aspekty životního prostředí a oznámit je příslušnému kompetentnímu orgánu, který vydává komplexní povolení, aby si je před vydáním souhrnného povolení mohl ověřit,
- musí být zajištěna plná koordinace mezi příslušnými kompetentními úřady při povolovacím řízení, protože jedině tak lze dosáhnout nejvyšší možné míry efektivnosti ochrany životního prostředí jako celku,
- emisní limity a ekvivalentní technická opatření k jejich dodržení musí být založena na nejlepších dostupných technikách a technologiích se zřetelem na technické parametry jednotlivých zařízení a jejich částí.



Program integrované prevence byl přijat českými cementárními již v roce 2000 vytvořením autorizovaného překladu základního dokumentu pro tuto oblast, tj. Referenčního dokumentu o nejlepších dostupných technikách v cementářském a vápenickém průmyslu, vypracovaném v příslušných komisích EU v Seville a Bruselu.



Co ale vlastně tento program znamená?

## INTEGROVANÁ PREVENCE A OMEZOVÁNÍ ZNEČIŠTĚNÍ

Každá lidská hospodářská činnost s sebou přináší vedle produkce výrobků a služeb i dopad na životní prostředí. Minimalizace těchto dopadů se tak stává prioritou dalšího rozvoje. Stav a vývoj životního prostředí stále více ovlivňuje hodnotu života, hospodářskou činnost a vztahy mezi lidmi. Tyto skutečnosti se promítají i do legislativy v oblasti životního prostředí. Reprezentantem tohoto nového přístupu je i zákon o integrované prevenci a omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů č. 76/2002 Sb. (zákon o IPPC).

Tato směrnice neznamená jen přínos pro životní prostředí, ale navozuje i podmínky pro zrychlení inovačních procesů, modernizaci a zvýšení výrobních kapacit, úspory nákladů na suroviny, materiály a energie a zlepšení organizačních systémů.

Integrovaná ochrana životního prostředí nesleduje jen produkované znečištění, ale identifikuje jeho příčiny a usiluje o předcházení vzniku znečištění přímo při výrobní technologii.

## IPPC / BAT

### PŘIJATÝ ZÁKON O IPPC OBSAHUJE USTANOVENÍ, TÝKAJÍCÍ SE:

- integrovaného rozhodování
- žádosti o integrované povolení
- povolovacího procesu
- rozhodnutí o žádosti
- stanovení závazných podmínek provozu
- integrovaného registru znečištění
- systému výměny informací
- nejlepších dostupných technik (BAT)
- referenčních dokumentů o nejlepších dostupných technikách (BREF)
- výkonu státní správy.

### NEJLEPŠÍ DOSTUPNÉ TECHNIKY (BAT) PRO VÝROBU CEMENTU:

Úrovně emisí a spotřeby “spojené s nejlepšími dostupnými technikami” je třeba chápat tak, že tyto úrovně představují ekologický provoz, který by bylo možno očekávat jako výsledek uplatnění popsanych technik v tomto odvětví, přičemž se přihlíží k rovnováze nákladů a výhod obsažených v definici BAT.

Vzhledem k tomu, že referenční dokumenty nestanovují právně závazné normy, podávají informace pro poradenství v průmyslu, pro členské státy a veřejnost o dosažitelných úrovních emisí a spotřeby při použití určených technik. Vhodné mezní hodnoty pro konkrétní případy je třeba určit s přihlédnutím k cílům nařízení IPPC a místním podmínkám.



# CEMENTÁRNY A UDRŽITELNÝ ROZVOJ

## POSTUP A OBEČNÁ OPATŘENÍ



### VOLBA POSTUPU

Na spotřebu energie a množství emisí do ovzduší při výrobě cementářského slínku má hlavní vliv zvolený výrobní způsob. Za nejlepší dostupnou techniku výroby cementářského slínku pro nové závody a zásadní modernizace se považuje pec se suchým výrobním způsobem, s víceúrovňovým výměníkem a předkalcinací. Příslušná hodnota tepelné bilance BAT je 3 000 MJ/t slínku.



### OBEČNÁ PRIMÁRNÍ OPATŘENÍ

Nejlepší dostupné techniky pro výrobu cementu zahrnují následující obecná primární opatření:

- plynulý a stabilní pecní proces blízký se určeným parametrům procesu je výhodný s ohledem na všechny emise pecí, jakož i na spotřebu energie. Dosahuje se jej:
  - optimalizací řízení procesu, včetně počítačových automatických řídicích systémů,
  - použitím moderních váhových systémů dávkování pevných paliv,
- minimalizace spotřeby energie z paliv prostřednictvím:
  - přehříváním a předkalcinací na nejvyšší možnou míru s přihlédnutím ke stávající konfiguraci pece,
  - použitím moderních chladičů slínku umožňujících maximální rekuperaci tepla,
  - rekuperaci tepla z odpadních plynů,
- minimalizace spotřeby elektrické energie prostřednictvím:
  - systémů řízení energetických toků,
  - mlecího zařízení a ostatních elektrinou poháněných zařízení s vysokou účinností,
- pečlivá volba a kontrola látek vstupujících do pece může snížit emise:
  - pokud je to proveditelné volba surovin a paliv s nízkým obsahem síry, dusíku, chlóru, kovů a těkavých organických sloučenin.



### OXIDY DUSÍKU

Nejlepšími technikami pro snížení emisí NO<sub>x</sub> je kombinace obecných primárních opatření a:

- primární opatření k omezení emisí NO<sub>x</sub>
  - ochlazením plamene,
  - hořáky s nízkou produkcí NO<sub>x</sub>,
- stupňovitý výpal,
- selektivní nekatalytická redukce (SNCR).

### OXIDY SÍRY

Emise SO<sub>2</sub> z cementáren jsou primárně určeny obsahem těkavé síry v surovinách. Pece, které využívají suroviny s nízkým obsahem nebo bez obsahu těkavé síry, mají emise SO<sub>2</sub> hluboko pod touto úrovní, aniž by používaly techniku odsiřování.

Nejlepší dostupnou technikou snižování emisí SO<sub>2</sub> je kombinace obecných primárních opatření a:

- pro počáteční emisní úroveň nejvýše 1 200 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>:
  - přidávání absorbentu,
- pro počáteční emisní úroveň vyšší než 1 200 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>:
  - mokrá vypírka odpadních plynů,
  - suchá vypírka odpadních plynů.

### PRACH

Nejlepšími dostupnými technikami pro snižování prachových emisí jsou kombinace obecných primárních opatření a:

- minimalizace a prevence prachových emisí ze sekundárních zdrojů,
- efektivní odstraňování částic z bodových zdrojů použitím:
  - elektrostatických odlučovačů s rychlým měřicím a řídicím zařízením za účelem minimalizace četnosti výskytu CO,
  - tkaninových filtrů s více komorami a s detektory těsnosti.

### ODPADY

Recyklace zachycených částic do výrobního procesu kdykoli, kdy je to proveditelné, se považuje za BAT. Pokud zachycený prach není recyklovatelný, považuje se za BAT využití tohoto prachu v jiných komerčních produktech, pokud to jeho charakter umožňuje.

### SROVNÁNÍ EMISNÍCH ÚROVNÍ SPOJENÝCH S UŽITÍM BAT A EMISNÍCH LIMITŮ PODLE PLATNÉ LEGISLATIVY V OCHRANĚ OVZDUŠÍ

	emisní úrovně spojené s užitím BAT	emisní limity podle zákona o ochraně ovzduší		
		do 1.1. 2005	po 1.1. 2005	při spalování odpadu
stavové podmínky	normální stavové podmínky suchý plyn 10 % ref. obsahu O <sub>2</sub>	plyn za obvyklých provozních stavových podmínek a vlhkosti	normální stavové podmínky suchý plyn 10 % ref. obsahu O <sub>2</sub>	normální stavové podmínky suchý plyn 10 % ref. obsahu O <sub>2</sub>
jednotka	mg.m <sup>-3</sup>	mg.m <sup>-3</sup>	mg.m <sup>-3</sup>	mg.m <sup>-3</sup>
● NO <sub>x</sub>	200 - 500	1800	1200/500 <sup>1/</sup>	800/500 <sup>1/</sup>
● SO <sub>2</sub>	200 - 400	400	400	50
● prach	20 - 30	50	50	30

1/ stávající zařízení / nová zařízení

# CEMENTÁRNY A UDRŽITELNÝ ROZVOJ

## INTEGROVANÝ REGISTR ZNEČIŠTĚNÍ (IRZ)

- Do zákona implementován na základě Úmluvy Evropské hospodářské komise OSN o přístupu veřejnosti k informacím, o účasti veřejnosti na rozhodování a o přístupu k právní ochraně v záležitostech životního prostředí (tzv. Aarhuské úmluvy).
- Integrovaný registr znečištění bude praktickým nástrojem integrované prevence a kontroly znečištění, který slouží k minimalizaci zdravotních a ekologických rizik.
- IRZ bude sledovat použití vybraných chemických látek, jejich přenosy a úniky, a to formou standardizovaných dat pro každou specifickou látku a její emise do vody, ovzduší a půdy. Shromažďované informace budou každoročně Ministerstvem životního prostředí zpracovány ke zveřejnění. Údaje z registrů mohou být použity pro sledování příspěvku daného zdroje k celkovému riziku emisí znečišťujících látek v dané lokalitě.
- Rozsah, podobu a způsob vedení integrovaného registru znečištění bude upravovat prováděcí předpis k zákonu o IPPC.
- První ohlašovací povinnost pro IRZ bude k 15. únoru 2005.

Cementárny a vápenky v ČR se dlouhodobě připravují na splnění povinností z tohoto zákona a zejména části o integrovaném registru znečištění a připravily informace o kvalitě životního prostředí v okolí svých výrobních jednotek a dotýkající se svých výrobních aktivit.

## MATERIÁL PŘIPRAVILY



Výzkumný ústav maltovin  
Praha, spol. s r.o.

SVAZ VÝROBCŮ  
CEMENTU ČR

## ČISTÉ OVZDUŠÍ U CEMENTÁREN

Jedním z občasně se objevujících strašáků bývá neopodstatněné upozorňování na výskyt látek PCDD a PCDF z provozu výroby cementu.

O jaké látky se jedná a mohou se vůbec při běžném provozu vyskytovat?

Polychlorované dibenzodioxiny a dibenzofurany (PCDD/PCDF) jsou dvě skupiny sloučenin blízkých si strukturou a chemickým chováním. První skupina zahrnuje asi sedmdesát, druhá asi sto třicet jednotlivých látek. Jejich koncentrace se vyjadřuje souhrnně v přepočtu na ekvivalent toxicity 2,3,7,8-TCDD (I-TEQ).

Jakýkoliv proces, při kterém dochází ke spalování organických látek v přítomnosti chloru, může potenciálně docházet ke vzniku polychlorovaných dibenzodioxinů a polychlorovaných dibenzofuranů (PCDD/PCDF). Tyto látky by mohly vznikat u rotačních pecí jednak přímo při spalování organických látek za přítomnosti chloru, jednak zpětnou, tzv. *de novo* syntézou zejména ve výměníku nebo za ním, popřípadě v zařízení na omezování atmosférických emisí, to vše za předpokladu, jsou-li přítomny uhlíkové prekurzory a chlor.

Avšak látky typu PCDD/PCDF vzniklé hořením paliva jsou během průchodu pecí díky vysoké teplotě plamene a době zdržení spalin v pásmu nejvyšších teplot spolehlivě rozloženy.

Při ochlazování plynů v rozmezí teplot 200° - 450° C by mohlo potom dojít za přítomnosti prekurzorů ke zpětné tvorbě PCDD/DF *de novo* syntézou.

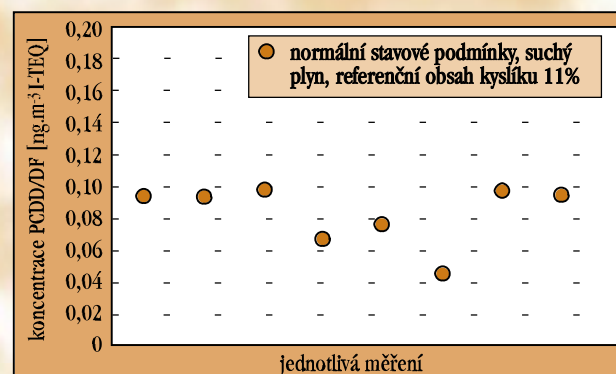
Je tedy nutné co nejvíce omezit dobu, při které plyny mohou mít uvedenou teplotu, to znamená rychle je zchladit. To právě pecní výměníky tepla spolehlivě zajišťují. Rovněž možná přítomnost prekurzorů je velmi omezena.

Chlor, pokud se vůbec vyskytuje, je spolehlivě navázán na částice kalcinující se suroviny a přítomnost uhlíkových prekurzorů - produktů nedokonalého spalování - je díky oxidační pecní atmosféře velmi málo pravděpodobná.

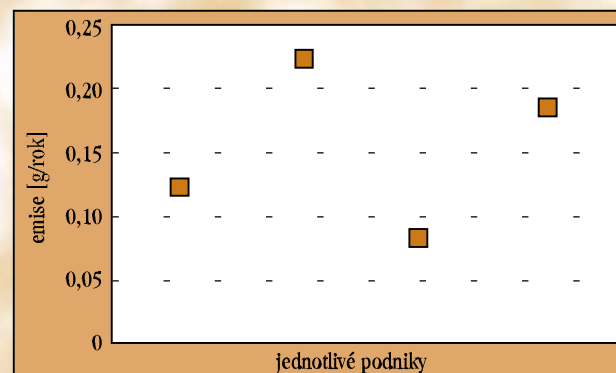
V roce 2001 nebylo měření PCDD/DF vyžadováno platnou legislativou standardně při běžném typu provozu rotační pece na základní palivo. Uvedená měření jsou proto prováděna převážně v rámci provozních zkoušek, obvykle v rámci spalovacích zkoušek při ověřování nových druhů paliva.

Výsledky měření potvrzují, že u správně vedené technologie výpalu slínku v cementářské rotační peci je reálné dodržení emisního limitu pro koncentraci polychlorovaných dibenzodioxinů a dibenzofuranů, který má hodnotu 0,1 ng.m<sup>-3</sup> I-TEQ.

## HODNOTY KONCENTRACÍ PCDD/DF, NAMĚŘENÝCH V ODPADNÍM PLYNU Z ROTAČNÍCH PECÍ



## ROČNÍ EMISE PCDD/DF



INTEGROVANÁ PREVENCE A OMEZOVÁNÍ ZNEČIŠTĚNÍ  
INTEGROVANÝ REGISTR ZNEČIŠŤOVÁNÍ



V roce 2002 vstoupil v České republice v platnost zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a omezení znečištění a o integrovaném registru znečišťování. Prováděcí předpisy jsou vydávány a aktualizovány průběžně. Podle tohoto zákona v souladu s příslušnými direktivami EU integrované zhodnocení všech vlivů provozu cementárny na životní prostředí povede k vydání jednoho komplexního tzv. integrovaného povolení k provozu.

Integrované povolení bude vydáno na základě vzájemné komunikace mezi žadatelem a povolujícím subjektem, jejímž výsledkem má být stanovení opatření a podmínek pro provoz zařízení, vhodných jak pro životní prostředí, tak pro provozovatele zařízení.

Zákon definuje povinnost získat integrované povolení do 30.10. 2007.

Zároveň prováděcí předpisy stanovují povinnost zveřejňovat údaje o znečišťujících látkách, vedených v integrovaném registru znečišťování, poprvé za rok 2004 v roce následujícím.

Výroba cementu je v České republice rozdělena mezi čtyři významné výrobce - a.s. Českomoravský cement (nástupnická společnost), a.s. Holcim (Česko), člen koncernu, Lafarge Cement, a.s. a a.s. CEMENT Hranice. Lze všeobecně konstatovat, že včasná privatizace na počátku uplynulého desetiletí přinesla velkým tuzemským výrobcům cementu pozitivní změny. Za účasti kapitálově silných zahraničních partnerů proběhla výrazná obnova, modernizace a zefektivňování výroby. Zahraniční partneři pak díky svým distribučním cestám rozšířili exportní možnosti. Přestože se od té doby situace na trhu opět proměnila, je nutné připomenout skutečnost, že zařazení tuzemských výrobců cementu do nadnárodních společností jim zajišťuje dlouhodobou perspektivu, o kterou by jako samostatné subjekty musely tvrdě bojovat.

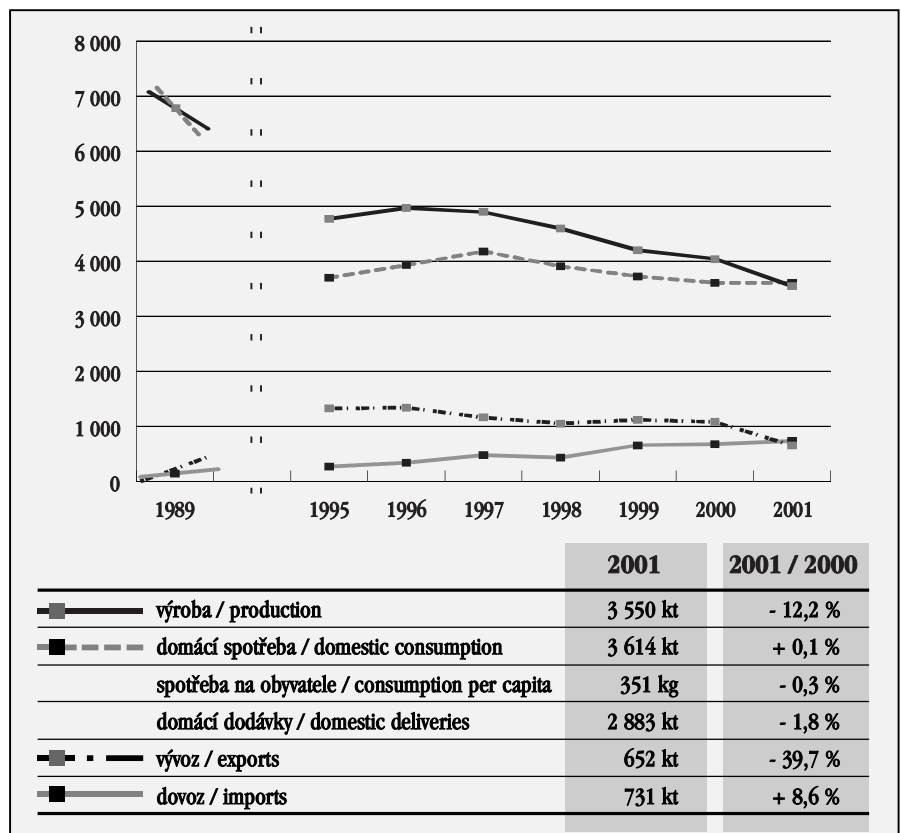
České a moravské cementárny jsou od roku 2002 zájmově sdruženy ve Svazu výrobců cementu ČR po dlouhodobé a stále pokračující spolupráci s výrobcí vápen, mletých vápenců a suchých maltových omítkových směsí, která byla započata v roce 1993. Svaz výrobců cementu je řádným členem evropské cementářské asociace Cembureau.

■ 1. VÝROBA CEMENTU

V současné době prochází výroba stavebních hmot, zejména cementu a částečně i betonu v České republice poměrně dlouhodobou krizí vyplývající ze změny podmínek na českém spotřebním trhu s tímto materiálem.

České cementářství po roce 1989 zažívalo boom zejména v období let 1993 - 1997. Ideální podmínky pro rozvoj byly dány zejména rozsáhlou základní výstavbou, kterou utlumily až investiční restrikce, a částečně i vhodnými vývozními podmínkami, které skončily v cenovém přiblížování k zemím Evropské unie. Od roku 1998 v ČR klesá spotřeba i výroba cementu.

Vlastní tuzemská spotřeba a tím i domácí výroba cementu je výrazně ovlivňována dovozem cementu ze zemí s jinými cenovými relacemi než má Česká republika. Doby, kdy Česká republika byla zajímavým exportérem cementu, patří zřejmě minulosti. Tím se náš stát přibližuje zemím Evropské unie, kde výroba a spotřeba cementu je výrazně tuzemskou záležitostí. Naopak k rostoucímu dovozu cementu do České republiky přispívá i levnější zahraniční doprava a stále sílící česká měna.

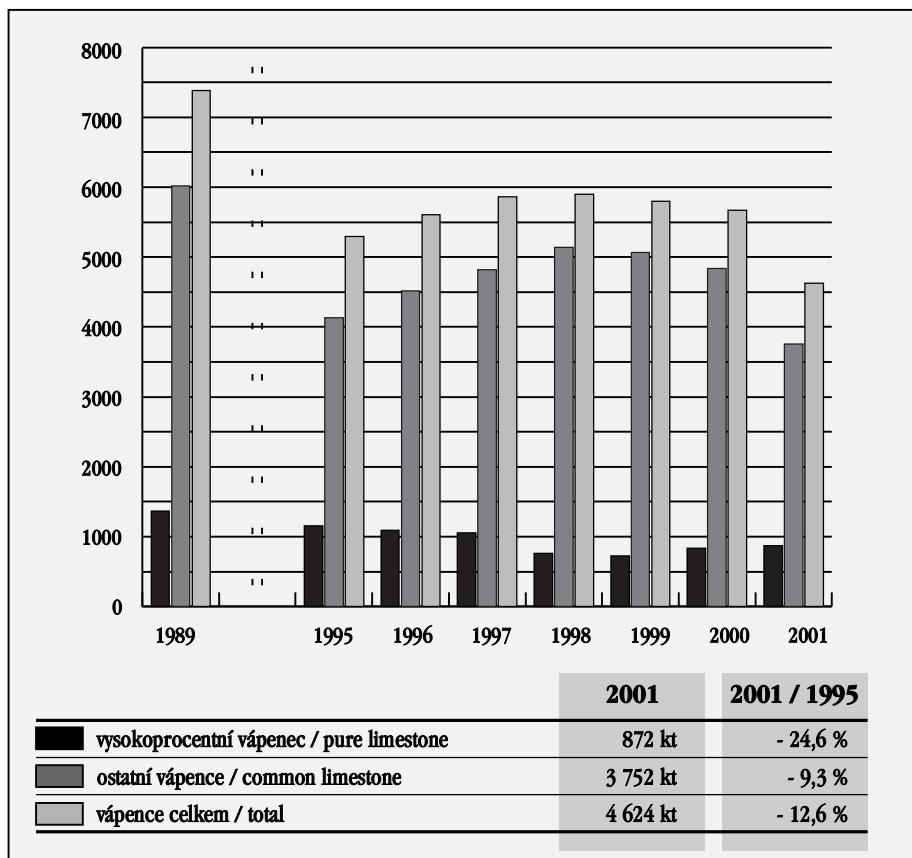


## 2. TĚŽBA VÁPENCŮ A VYUŽÍVÁNÍ ALTERNATIVNÍCH SUROVIN

Cementárny v uplynulých letech výraznými investicemi do technologie skladby suroviny na výpal slínku zahájily program úsporné těžby vápenců společně s programy renaturalizace vytěžených lomových prostor. Používání vysokoprocenních vápenců je udržováno na technologickém minimu a k nízkoprocenním vápencům přistupují další alternativní suroviny jako jsou hlinité či železité kyzy a další materiály snižující teploty vzniku taveniny. Nároky na těžbu, její ekologii a navrácení lomových prostor přírodě jsou velmi vysoké a mnohem efektivnější je těžbu minimalizovat.

Samostatnou kapitolou je výrazné využívání vysokopecní strusky, popílku či vápenců při mletí konečného produktu - cementu.

Cementářský průmysl využívá značná množství těchto hmot, která by jinak skončila jako odpad na skládkách či úložištích.

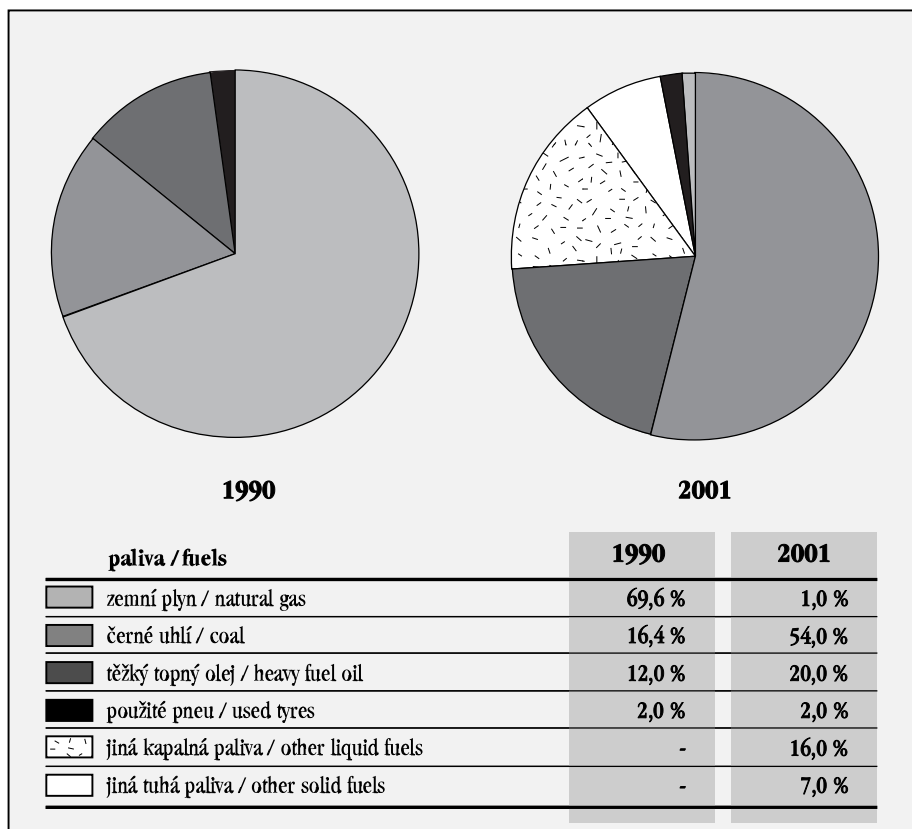


## 3. PALIVOVÁ ZÁKLADNA A VYUŽÍVÁNÍ ALTERNATIVNÍCH PALIV

Pozitivní environmentální trendy se nevyhnuly ani palivové základně cementářského průmyslu. Jestliže ještě před patnácti roky byl hlavním palivem na výpal slínku při výrobě cementu zemní plyn naftový, znamenaly uplynulé roky návrat k mletému černému uhlí. Plyn jako ušlechtilé palivo je možno využít v jiných průmyslových oborech a zejména při vytápění domácností, a tak cementárny nastoupily trend využívání alternativní paliv.

Energetická účinnost těchto paliv je na úrovni kvalitního černého uhlí a některé svým nespalitelným podílem jsou významnou součástí surovinové směsi pro výpal cementářského slínku. Při této výrobě se jejich nespalitelná složka stává součástí surovinové směsi a bezodpadově přechází do slínku. Celý pecní systém, sestávající z výměníků tepla, rotační pece a chladiče slínku, představuje dokonalý systém pro zachycení a bezodpadové zneškodnění škodlivin, vznikajících při spalovacím procesu.

Výroba certifikovaných alternativních paliv pro výpal cementu představuje ucelený systém popsaný výrobními normami a bezpečnostními listy, zakončený prohlášením o shodě.



## 4. KVALITA CEMENTU A EVROPSKÉ NORMY

Cement je prvním stavebním materiálem, který je v České republice vyráběn podle evropských cementářských norem. Tím jsme předběhli řadu jiných evropských států. Jeho kvalita je vysoká a není jednoduché ji dosahovat. Výrobci tuto kvalitu musí garantovat. Dávování cementu do betonu je nyní přiměřeně přesné. Plýtvání cementem v betonu je dávnou minulostí uplynulých desetiletí.

Cement je v betonu podle připravovaných betonářských evropských norem částečně nahrazován druhotnými, někdy odpadními materiály, jako např. popílčkem či struskou. To opět snižuje spotřebu cementu absolutně i jeho podíl v betonu.

### 27 výrobků skupiny cementů pro obecné použití

Hlavní druhy	Označení 27 výrobků (druhy cementů pro obecné použití)	Složení (poměry složek podle hmotností) <sup>a)</sup>											
		Hlavní složky											Doplňující složky
		Slínek	Vysokopecní struska	Křemičitý úlet	Pucolány		Popílky		Kalcinovaná břidlice	Vápenec			
					přírodní	přírod. kalcin.	křemičitý	vápenatý		obsah TOC max. 0,5 %	obsah TOC max. 0,2 %		
P	Q											V	
K	S	D <sup>b)</sup>					T						
CEM I	Portlandský cement	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Portlandský struskový cement	CEM II/A-S CEM II/B-S	80-94 65-79	6-20 21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5 0-5
	Portlandský cement s křemičitým úletem	CEM II/A-D	90-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Portlandský pucolánový cement	CEM II/A-P CEM II/B-P CEM II/A-Q CEM II/B-Q	80-94 65-79 80-94 65-79	- - - -	- - - -	6-20 21-35 - -	- - 6-20 21-35	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	0-5 0-5 0-5 0-5
CEM II	Portlandský poplčkový cement	CEM II/A-V CEM II/B-V CEM II/A-W CEM II/B-W	80-94 65-79 80-94 65-79	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	6-20 21-35 - 6-20 21-35	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	0-5 0-5 0-5 0-5
	Portlandský cement s kalcinov. břidlicí	CEM II/A-T CEM II/B-T	80-94 65-79	- -	- -	- -	- -	- -	- 6-20 21-35	- -	- -	- -	0-5 0-5
	Portlandský cement s vápencem	CEM II/A-L CEM II/B-L CEM II/A-LL CEM II/B-LL	80-94 65-79 80-94 65-79	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	6-20 21-35 - -	- - 6-20 21-35	- - - -	0-5 0-5 0-5 0-5
	Portlandský směsný cement <sup>c)</sup>	CEM II/A-M CEM II/B-M	80-94 65-79	<..... 6-20 .....> <..... 21-35 .....>								- -	0-5 0-5
CEM III	Vysokopecní cement	CEM III/A CEM III/B CEM III/C	35-64 20-34 5-19	36-65 66-80 81-95	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	0-5 0-5 0-5
CEM IV	Pucolánový cement <sup>c)</sup>	CEM IV/A CEM IV/B	65-89 45-64	- -	<..... 11-35 .....> <..... 36-55 .....>				- -	- -	- -	- -	0-5 0-5
CEM V	Směsný cement <sup>c)</sup>	CEM V/A CEM V/B	40-64 20-38	18-30 31-50	- -	<..... 18-30 .....> <..... 31-50 .....>		- -	- -	- -	- -	- -	0-5 0-5

a) Hodnoty v tabulce se vztahují k součtu hlavních a doplňujících složek.

b) Obsah křemičitého úletu je omezen do 10%.

c) Hlavní složky v portlandském směsném cementu CEM II/A-M a CEM II/B-M, v pucolánovém cementu CEM IV/A a CEM IV/B a ve směsném cementu CEM V/A a CEM V/B mimo slínku musí být deklarovány v označení cementu.

## 5. TECHNOLOGIE VÝROBY CEMENTU

Cementárny v České republice jsou pod intenzivním dohledem nejen státních orgánů, ale stále více i ekologických iniciativ. Na cement je třeba hledět stejně jako na přírodní materiál např. v případě kameniva a z hlediska moderní společnosti vyžadovat jeho úsporné využití.

Cementářský pecní agregát na výpal slínku představuje ve své nejrozšířenější variantě (rotační pec s disperzním výměňkovým systémem) přímo ideální zařízení na odstraňování odpadů tzv. spoluspalováním, případně využívání celé řady různorodých druhotných paliv s rozdílným obsahem příměsí. Ze studia problematiky nebezpečných odpadů ve vzta-

hu k životnímu prostředí a k jejich odstraňování vyplývá, že vlastními škodlivinami je třeba rozumět především toxické organické látky a toxické kovy v rozpustné formě. Pro první druh škodlivin je k zneškodňování vhodné spalování, přičemž však nesmí dojít ke kompozici jiných toxických sloučenin. Toxické či jinak bioaktivní kovy je pak třeba

převést do inaktivní formy ať již chemickou cestou (na nerozpustné soli) nebo fyzikální cestou (inertizace).

Jemně rozemletá surovinová moučka, skládající se z vápence a určitého množství příměsí, upravujících chemické složení, vstupuje nejprve do protiproudého systému disperzních výměníků tepla. Tento systém má zpravidla čtyři stupně, na nichž během přímého styku jemně rozemletého vápence s horkými kouřovými plyny dochází k předávání tepla a také k chemickým reakcím vápence se složkami kouřových plynů. V této fázi procesu jsou zachycovány z kouřových plynů kyselé složky - SO<sub>2</sub>, Cl<sup>-</sup>, F<sup>-</sup> a některé další těžké prvky a sloučeniny. Předehřátá surovina z výměníků vstupuje do vlastní rotační pece a protiproudem kouřových plynů postupuje dále, přičemž její teplota dále stoupá, dochází k tepelnému rozkladu vápence a vzniklý oxid vápenatý reaguje s dalšími složkami surovinové směsi za vzniku slínekových minerálů. Během této fáze se materiál dostává do tzv. slinovacího pásma pece, kdy je teplota tak vysoká, že se v něm objevuje tavenina. Za těchto podmínek dochází ke vzniku hlavních slínekových minerálů a během tohoto procesu se v jejich vznikající krystalové mřížce pevně vážou atomy většiny tzv. těžkých kovů (TK). Tato vazba je velmi pevná a stupeň zachycení TK se blíží hodnotě 100 %.

Přídavné palivo na bázi alternativních materiálů může být spalováno v hlavním hořáku rotační pece společně se standardním palivem nebo samostatně v pomocném hořáku v množství představujícím libovolné procento tepelného příkonu pece.

Místo pomocného hořáku je také možno u pecí vybavených předkalcinátorem využít hořáku předkalcinátoru, přičemž přídavná paliva mohou být dávkována společně se standardním palivem. Vypálený materiál z pece (cementářský slínek) postupuje do chladiče, kde se ochlazuje vzduchem, kterému předává své teplo. Tento ohřátý vzduch z větší části vstupuje do rotační pece jako tzv. sekundární spalovací vzduch.

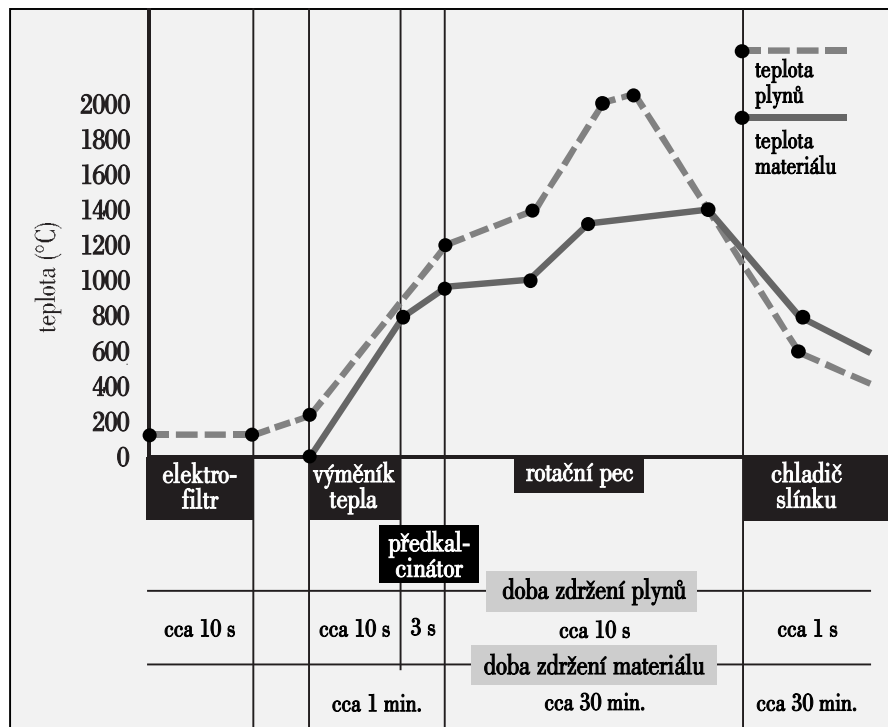
Kouřové plyny ze systému výměníků tepla postupují přes stabilizátor do elektrostatického odlučovače, kde jsou zbaveny prachu a případného zbytku těžkých kovů a odcházejí komínem do atmosféry. Zachycený prach se zbytky těžkých kovů se vrací zpět do výrobního procesu jako součást surovinové moučky.

Surovinová moučka se ve výměnících tepla postupně ohřívá z normální teploty až na cca 900 °C, přičemž se spaliny naopak ochlazují. Teplota materiálu v rotační peci dále stoupá, jak materiál postupuje proti proudu spalin k hořáku pece. V nejteplejší části - ve slinovacím pásmu dosahuje až 1450 °C. Dále smě-

rem k výpadu z pece teplota materiálu - slínku klesá až na cca 1200 °C. V chladiči je slínek vzduchem ochlazen na teplotu pod 80 °C. Hořák zasahuje až 6 m do nitra rotační pece. Teplota v plameni dosahuje 2100 °C, přičemž délka plamene dosahuje až 15 m. Doba zdržení hořícího paliva v plameni je při běžných rychlostech proudění plynů v rotační peci asi 2 - 5 sekundy při teplotě nad 1200 °C podle velikosti zařízení. Teplota a doba zdržení spolu s mírně oxidačním prostředím představují ideální podmínky pro tepelnou destrukci a oxidaci molekul i takových látek jako jsou halogenované uhlovodíky, PCB nebo PCDD a PCDF.

Spalování v cementářské rotační peci probíhá za minimálního nutného přebytku vzduchu. Proto je pecní atmosféra v celém objemu pece oxidační.

Výměňkový systém jako celek funguje jako souproutěprotiproudý systém. Jednotlivé stupně výměňkového systému jsou zároveň vlastně cyklónovými odlučovači, v nichž předehřívání materiál postupuje v souproutě se spalinami. Mezi tuhou fází a kouřovými plyny dochází k intenzivnímu kontaktu. Výměňkový systém tak plně nahrazuje druhý stupeň čištění kouřových plynů s mnohem vyšší účinností než je tomu u komerčních zařízení tohoto druhu ve spalovnách (polosuchá vypírka vá-



Surovinová směs je směs jemně rozemletého vápence s dalšími přísadami, které upravují chemické složení směsi tak, aby mohly vzniknout během výpalu minerály, které jsou v cementu zdrojem schopnosti reagovat s vodou za vzniku hydrosilikátů a hydroaluminátů vápenatých. Přísady do surovinové moučky dodávají potřebné oxidy křemíku, hliníku a železa. Surovinová směs je jemný prášek, v důsledku přebytku vápence se tato směs chová silně zásaditě.

Slínek je materiál ve formě částic kulovitého tvaru, o velikosti 5 - 100 mm. Třebaže obsahuje většinu oxidu vápenatého vázanou ve formě silikátů a aluminátů vápenatých, jeho chování je také silně zásadité. Vzdávka je v chladnějších částech pece zhotovena ze šamotových cihel se slabě kyselou reakcí. V pásmu vyšších teplot je pak zhotovena z magnézitových nebo chrommagnezitových cihel a má alkalickou reakci. Celkově prostor uvnitř pece včetně vypalovaného materiálu tak má výrazně alkalickou reakci.

penným mlékem). Během postupu surovinové moučky výměňkovým systémem dochází k zachycování některých složek kouřových plynů na surovinové moučce. Díky své zásadité reakci a velkému reakčnímu povrchu surovinová moučka intenzivně zachycuje kyselé složky jako oxidy síry, chloridové a fluoridové ionty a pevně je chemicky váže. Kromě toho se zachycují i některé těžké kovy, které nebyly zachyceny již v peci tím, že na chladnějších částicích kondenzují a postupně se chemicky vážou.

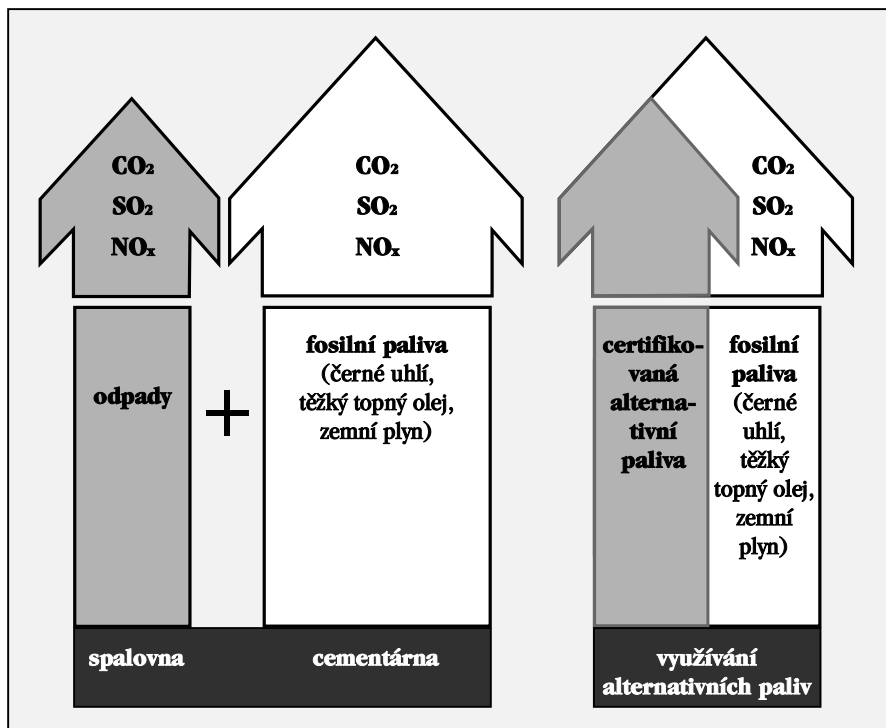
Ve slinovacím pásmu pece, kde teplota slinující suroviny dosahuje okolo 1450 °C, dochází za přítomnosti taveniny v surovině k chemickým reakcím, kdy vznikají slínekové minerály. V této fázi jsou do jejich krystalové mřížky pevně vázány s výjimkou Tl a Hg prakticky veškeré těžké (jinak také toxické) kovy.

Pecní linky jsou vybaveny účinnými elektrostatickými odlučovači se stabilizátory, odpovídajícími tzv. prvnímu stupni čištění kouřových plynů ve spalovnách. Odlučivost těchto zaříze-



ní dosahuje až 99,9 %. Spolu s tuhými znečišťujícími látkami (TZL) jsou pak zachycovány všechny další znečišťující látky v nich vázány se stejnou účinností. V elektrostatickém odlučovači mají plyny i tuhé částice teplotu pod 180°C, takže zde kondenzují na prachových částicích i těžkající těžké kovy (TK) jako je Hg a Tl. Funkce výměňkového systému při čištění spalin již byla popsána v předchozích odstavcích. Spolu s teplotou a vlastnostmi plamene hořáku představuje cementářská rotační pec s disperzními výměníky tepla optimální zařízení k ekologicky šetrnému způsobu dokonalého tepelného a materiálového využití hořlavých odpadních materiálů.

Výroba slínku v cementářské rotační peci je bezodpadovou technologií. Podmínky spalování v cementářských a vápenických pecích jsou takové, že je možno spalovat alternativní materiály v širokém rozsahu složení, původu a vlastností bez rizika pro životní prostředí. Proces je charakterizovaný vysokou filtrační schopností protiproudě se pohybujících částic, obsahujících kromě CaCO<sub>3</sub> i volné CaO. Tyto částice díky intenzivnímu styku s kouřovými plyny jsou schopny zachytit ze spalin veškeré kyselé reagující složky jako jsou SO<sub>2</sub>, Cl, F a další. Kromě toho, hlavně ve stabilizátoru a elektrostatickém odlučovači, slouží jako kondenzační jádra, na nichž se účinně zachycují i sloučeniny "těžkajících" těžkých kovů jako je Hg a Tl. Ostatní těžké nebo také toxické kovy se váží do krystalové mřížky slínkových minerálů s účinností více jak 95 % tak pevně, že se ani ze ztvrdlého betonu, vyrobe-

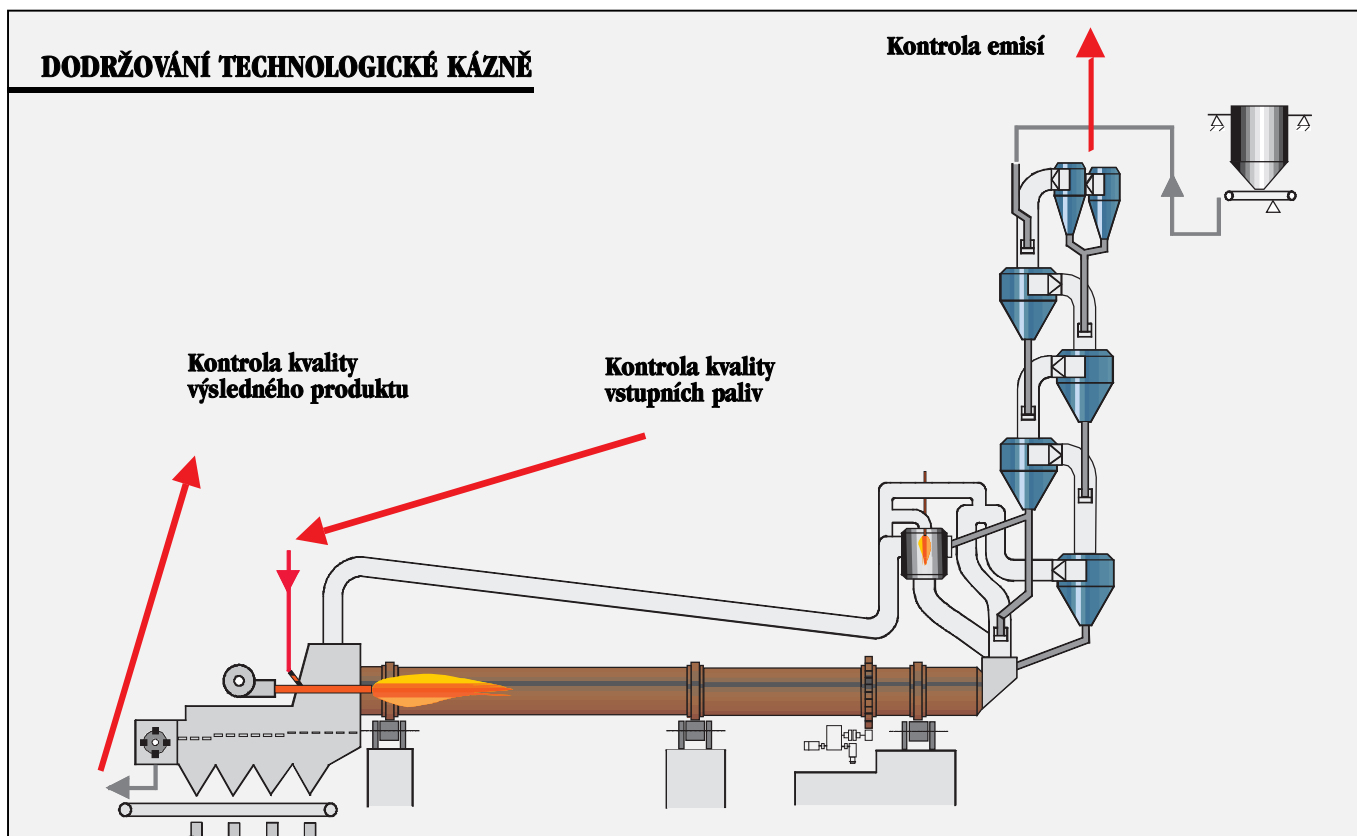


ného z takového cementu neuvolňují a výluhy z takového betonu splňují požadavky na pitnou vodu. Teplota plamene společně s dobou zdržení paliva v plameni umožňuje také dokonalou destrukci a vyhoření všech organických látek včetně PCB a chlorovaných uhlohydrátů.

Výhoda popsaného zhodnocení různých odpadů ve formě alternativních paliv spočívá v bezodpadové destrukci organických látek a v intenzivním a vysoce účinném zachycení těžkých kovů a kyselých škodlivin, čímž je

umožněna úspora přírodních neobnovitelných zdrojů paliv a surovin a redukce objemu odpadů, ukládaných na skládky při minimálním riziku pro životní prostředí a zdraví obyvatelstva.

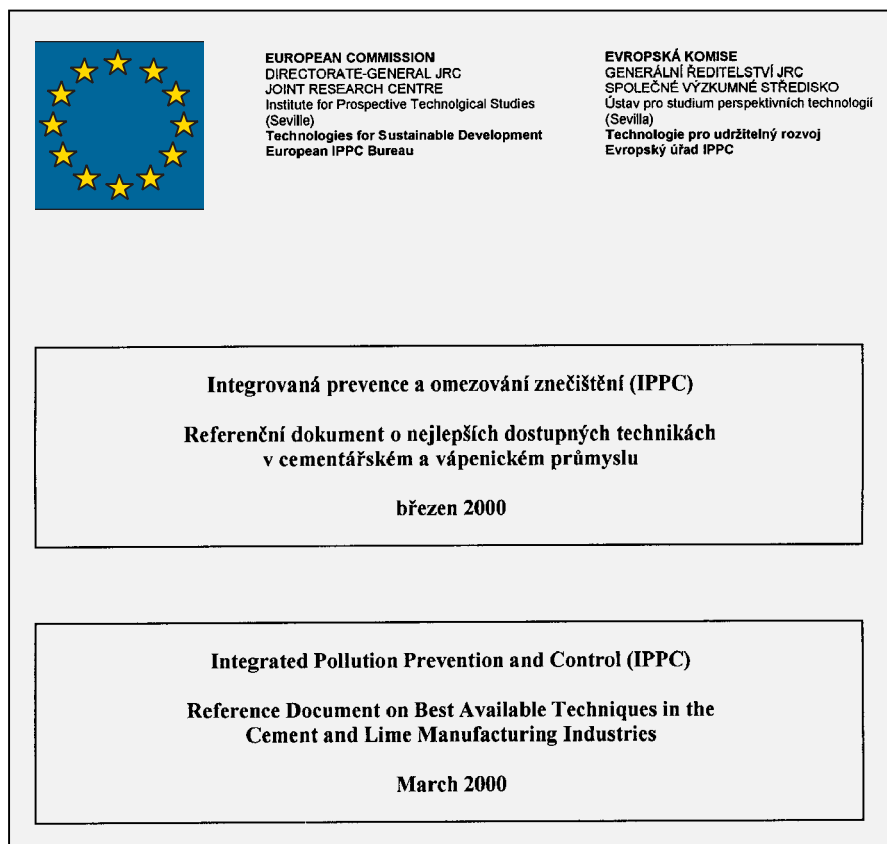
**Výpal slínku**  
- kontrola kvality vstupů a výstupů



## 6. INTEGROVANÁ PREVENCE A INTEGROVANÝ REGISTR ZNEČIŠŤOVÁNÍ

Program integrované prevence byl přijat českými cementárnami již v roce 2000 vytvořením autorizovaného překladu základního dokumentu pro tuto oblast, tj. Referenčního dokumentu o nejlepších dostupných technikách v cementářském a vápenickém průmyslu, vypracovaném Evropskou komisí EU v Seville a Bruselu.

Co ale vlastně tento program znamená?



### INTEGROVANÁ PREVENCE A OMEZOVÁNÍ ZNEČIŠŤENÍ NEJLEPŠÍ DOSTUPNÉ TECHNIKY

Každá lidská hospodářská činnost s sebou přináší vedle produkce výrobků a služeb i dopad na životní prostředí. Minimalizace těchto dopadů se tak stává prioritou dalšího rozvoje. Stav a vývoj životního prostředí stále více ovlivňuje hodnotu života, hospodářskou činnost a vztahy mezi lidmi. Tyto skutečnosti se promítají i do legislativy v oblasti životního prostředí. Repräsentantem tohoto nového přístupu je i zákon o integrované prevenci a omezování znečišťování, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů č. 76/2002 Sb. (zákon o IPPC).

Tato směrnice neznamená jen přínos pro životní prostředí, ale navozuje i podmínky pro zrychlení inovačních procesů, modernizaci a zvýšení výrobních kapacit, úspory nákladů na suroviny, materiály a energie a zlepšení organizačních systémů.

Integrovaná ochrana životního prostředí nesleduje jen produkované znečištění, ale identifikuje jeho příčiny a usiluje o předcházení vzniku znečištění přímo při výrobní technologii.

**Hlavní důvody pro zavedení integrované prevence:**

- existují rozdílné přístupy k řízení emisí do ovzduší, vody a půdy, které mohou způsobovat pouze přesuny znečištění z jednoho prostředí nebo složky do druhé
- omezování materiálových a energetických toků
- v rámci legislativy EU byla přijata opatření proti vypouštění nebezpečných látek do ovzduší a vodního prostředí, nebyla však přijata potřebná opatření zaměřená na emise nebezpečných látek do půdy
- je nezbytné zajistit snižování znečištění životního prostředí jako celku a zabránit komplexně emisím do ovzduší, půdy a vody a současně maximálně omezit produkci odpadů

- provozovatel musí brát v úvahu komplexně všechny aspekty životního prostředí a oznámit je příslušnému kompetentnímu orgánu, který vydává komplexní povolení, aby si je před vydáním souhrnného povolení mohl ověřit
- musí být zajištěna plná koordinace mezi příslušnými kompetentními úřady při povolovacím řízení, protože jedině tak lze dosáhnout nejvyšší možné míry efektivnosti ochrany životního prostředí jako celku
- emisní limity a ekvivalentní technická opatření k jejich dodržení musí být založena na nejlepších dostupných technikách a technologiích se zřetelem na technické parametry jednotlivých zařízení a jejich částí.

**Přijatý zákon o IPPC obsahuje ustanovení, týkající se:**

- integrovaného rozhodování
- žádosti o integrované povolení
- povolovacího procesu
- rozhodnutí o žádosti
- stanovení závazných podmínek provozu
- integrovaného registru znečišťování
- systému výměny informací
- nejlepších dostupných technik (BAT)
- referenčních dokumentů o nejlepších dostupných technikách (BREF)
- výkonu státní správy.

**Nejlepší dostupné techniky (BAT) pro výrobu cementu**

Úroveň emisí a spotřeby "spojené s nejlepšími dostupnými technikami" je třeba chápat tak, že tyto úrovně představují ekologický provoz, který by bylo možno očekávat jako

výsledek uplatnění popsaných technik v tomto odvětví, přičemž se přihlíží k rovnováze nákladů a výhod obsažených v definici BAT.

Vzhledem k tomu, že referenční dokumenty nestanovují právně závazné normy, podávají informace pro poradenství v průmyslu, pro členské státy a veřejnost o dosažitelných úrovních emisí a spotřeby při použití určených technik. Vhodné mezní hodnoty pro konkrétní případy je třeba určit s přihlédnutím k cílům nařízení IPPC a místním podmínkám.

### Volba postupu

Na spotřebu energie a množství emisí do ovzduší při výrobě cementářského slínku má hlavní vliv zvolený výrobní způsob.

Za nejlepší dostupnou techniku výroby cementářského slínku pro nové závody a zásadní modernizace se považuje pec se suchým výrobním způsobem, s vícestupňovým výměníkem a předkalcinací. Příslušná hodnota tepelné bilance BAT je 3 000 MJ/t slínku.

### Obecná primární opatření

Nejlepší dostupné techniky pro výrobu cementu zahrnují následující obecná primární opatření:

- plynulý a stabilní pecní proces blížící se určeným parametrům procesu je výhodný s ohledem na všechny emise pecí, jakož i na spotřebu energie. Dosahuje se jej:
  - optimalizací řízení procesu, včetně počítačových automatických řídicích systémů,
  - použitím moderních váhových systémů dávkování pevných paliv,
- minimalizace spotřeby energie z paliv prostřednictvím:
  - předehříváním a předkalcinací na nejvyšší možnou míru s přihlédnutím ke stávající konfiguraci pece,
  - použitím moderních chladičů slínku umožňujících maximální rekuperaci tepla,
  - rekuperaci tepla z odpadních plynů,
- minimalizace spotřeby elektrické energie prostřednictvím:
  - systémů řízení energetických toků,
  - mlecího zařízení a ostatních elektřinou poháněných zařízení s vysokou účinností,
- pečlivá volba a kontrola látek vstupujících do pece může snížit emise:
  - pokud je to proveditelné volba surovin a paliv s nízkým obsahem síry, dusíku, chlóru, kovů a těkavých organických sloučenin.

### Oxidy dusíku

Nejlepšími dostupnými technikami pro snižování emisí NO<sub>x</sub> jsou kombinace obecných primárních opatření a:

- primární opatření k omezení emisí NO<sub>x</sub>
- ochlazováním plamene,
- hořáky s nízkou produkcí NO<sub>x</sub>,
- stupňovitý výpal,
- selektivní nekatalytická redukce (SNCR).

### Oxidy síry

Emise SO<sub>2</sub> z cementáren jsou primárně určeny obsahem těkavé síry v surovinách. Pece, které využívají suroviny s nízkým obsahem nebo bez obsahu těkavé síry, mají emise SO<sub>2</sub> hluboko pod touto úrovní, aniž by používaly techniku odsiřování.

Nejlepšími dostupnými technikami snižování emisí SO<sub>2</sub> jsou kombinace obecných primárních opatření a:

- pro počáteční emisní úroveň nejvýše 1 200 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>:
  - přidávání absorbentu,
- pro počáteční emisní úroveň vyšší než 1 200 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>:
  - mokrá vypírka odpadních plynů,
  - suchá vypírka odpadních plynů.

### Prach

Nejlepšími dostupnými technikami pro snižování prachových emisí jsou kombinace obecných primárních opatření a:

- minimalizace a prevence prachových emisí ze sekundárních zdrojů,
- efektivní odstraňování částic z bodových zdrojů použitím:
  - elektrostatických odlučovačů s rychlým měřicím a řídicím zařízením za účelem minimalizace četnosti výskytu CO,
  - textilních filtrů s více komorami a s detektory těsnosti.

### Odpady

Recyklace zachycených částic do výrobního procesu kdykoli, kdy je to proveditelné, se považuje za BAT. Pokud zachycený prach není recyklovatelný, považuje se za BAT využití tohoto prachu v jiných komerčních produktech, pokud to jeho charakter umožňuje.

### Srovnání emisních úrovní spojených s užitím BAT a emisních limitů podle platné legislativy v ochraně ovzduší

	emisní úrovně spojené s užitím BAT	emisní limity podle zákona o ochraně ovzduší		
		do 1.1. 2005	po 1.1. 2005	při spalování odpadu
stavové podmínky	normální stavové podmínky suchý plyn 10 % ref. obsahu O <sub>2</sub>	plyn za obvyklých provozních stavových podmínek a vlhkosti	normální stavové podmínky suchý plyn 10 % ref. obsahu O <sub>2</sub>	normální stavové podmínky suchý plyn 10 % ref. obsahu O <sub>2</sub>
jednotka	mg.m <sup>-3</sup>	mg.m <sup>-3</sup>	mg.m <sup>-3</sup>	mg.m <sup>-3</sup>
● NO <sub>x</sub>	200 - 500	1800	1200/500 <sup>1/</sup>	800/500 <sup>1/</sup>
● SO <sub>2</sub>	200 - 400	400	400	50 <sup>2/</sup>
● prach	20 - 30	50	50	30

1/ stávající zařízení / nová zařízení  
2/ možné výjimky, pokud emise nevzniká ze spalování odpadu

## INTEGROVANÝ REGISTR ZNEČIŠŤOVÁNÍ (IRZ)

Do zákona o integrované prevenci byl integrovaný registr znečišťování implementován na základě Úmluvy Evropské hospodářské komise OSN o přístupu veřejnosti k informacím, o účasti veřejnosti na rozhodování a o přístupu k právní ochraně v záležitostech životního prostředí (tzv. Aarhuské úmluvy).

Integrovaný registr znečišťování bude praktickým nástrojem integrované prevence a kontroly znečišťování, který slouží k minimalizaci zdravotních a ekologických rizik.

Integrovaný registr znečišťování bude sledovat použití vybraných chemických látek, jejich přenosy a úniky, a to formou standardizovaných dat pro každou specifickou látku a její emise do vody, ovzduší a půdy. Rozsah, podobu a způsob vedení integrovaného registru znečišťování bude upravovat prováděcí předpis k zákonu o IPPC. První ohlašovací povinnost pro IRZ bude k 15. únoru 2005.

Cementárny a vápenky v ČR se dlouhodobě připravují na splnění povinností z tohoto zákona a zejména části o integrovaném registru znečišťování a připravily informace o kvalitě životního prostředí v okolí svých výrobních jednotek a dotýkající se svých výrobních aktivit.

## ■ EMISE DO OVZDUŠÍ

V roce, kdy byly zjišťovány hodnoty emisí uvedené v následujících kapitolách, upravoval podmínky ochrany ovzduší zákon 309/1991 Sb. ve znění pozdějších úprav o ochraně ovzduší a zákon 389/1991 Sb. ve znění pozdějších úprav o státní správě ochrany ovzduší a poplatcích za jeho znečišťování. Vlastní měření emisí, seznam znečišťujících látek, kategorizaci zdrojů a hodnoty emisních limitů upravovala vyhláška 117/1997 Sb. ve znění vyhlášky 97/2000 Sb. Z požadavků těchto zákonných předpisů se potom odvíjely četnosti a rozsahy měření emisí, prováděné na jednotlivých zdrojích. Tento rozsah byl v mnoha případech doplněn o měření prováděná na základě individuálního rozhodnutí inspekce (obvykle při nejrůznějších provozních zkouškách), případně o měření provedená na základě vlastní potřeby provozovatele.

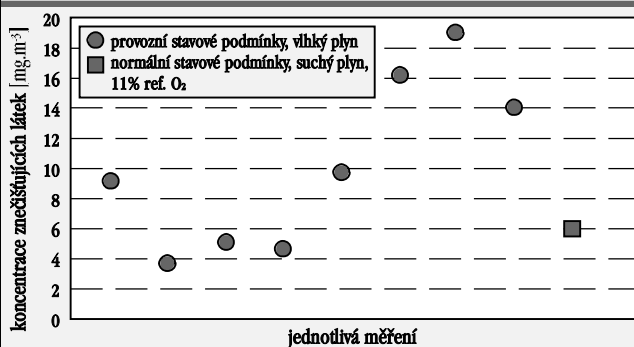
### ■ PRACH

Na výrobu 1 t cementu je třeba zpracovat přibližně 1,5 - 1,7 t cementářské suroviny, která je složena převážně z nízkoprocentních vápenců, drobně korigovanými odpadními podíly vysokoprocentních vápenců a dále břidlicami, jíly a slínky. Pro výpal slínky je nutno použít cca 0,1 t uhlí. Cementářský slínek je dále semílán spolu s dalšími nezbytnými přísadami, např. struskou, popílkem a sádrovcem. Všechny tyto hmoty jsou rozdrúzovány na velmi jemné částice. Při všech krocích technologického procesu (příprava suroviny, příprava paliva, výpal slínky, mletí cementu) vzniká možnost velkého množství emisí prachových částic.

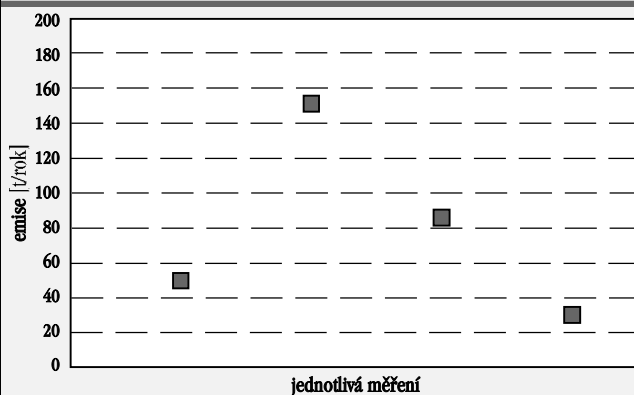
Zatímco v padesátých a šedesátých letech minulého století dosahovaly hodnoty koncentrací emisí prachu i několika gramů na 1 m<sup>3</sup> odpadního plynu, v současné době, díky pravidelně modernizovaným odlučovacím zařízením, jsou koncentrace emisí s velkou rezervou pod emisním limitem, který činí 50 mg.m<sup>-3</sup>.

Na hlavních výrobních jednotkách, kterými jsou rotační pece, chladiče a mlecí jednotky, jsou emise prachových částic sledovány kontinuálními měřicími systémy. Ostatní drobné zdroje emisí (dopravní cesty, expedice...) jsou pravidelně kontrolovány jednorázovým měřením emisí. Celková roční emise je potom tvořena součtem všech emisí měřených na jednotlivých zdrojích.

**Hodnoty koncentrací prachu, naměřených kontinuálními systémy a jednorázovým měřením v odpadním plynu z rotačních pecí**



**Roční emise prachu**



### ■ OXIDY DUSÍKU

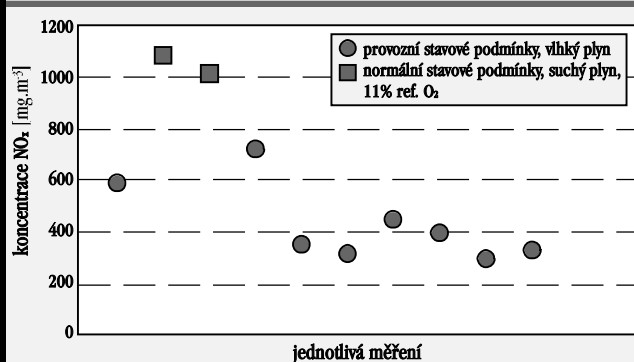
Jako u každého procesu, který probíhá za vysokých teplot, vznikají oxidy dusíku i při výpalu slínky, přitom z 90 - 95 % vzniká oxid dusnatý (NO), zbytek je tvořen oxidem dusičitým (NO<sub>2</sub>). Oxid dusnatý je v atmosféře poměrně rychle oxidován na oxid dusičitý, na oxid dusičitý jsou rovněž přepočteny měřené emise oxidů dusíku. Existují dva hlavní zdroje vzniku oxidů dusíku - termické oxidy dusíku vznikají reakcí dusíku ze spalovacího vzduchu se vzdušným kyslíkem a palivové oxidy dusíku vznikají oxidací dusíku vázaného v palivu s kyslíkem, obsaženým ve spalovacím vzduchu.

Termické NO<sub>x</sub> vzniká při teplotách nad 1200° C, tedy převážně v pálícím pásmu pece. Rychlost reakce závisí na teplotě a na obsahu kyslíku (tedy na přebytku vzduchu). Oba tyto faktory reakci urychlují. Vznik termických oxidů dusíku lze účinně snižovat použitím vhodného hořáku, který zajistí co nejrovnoměrnější rozvrstvení teplot v plameni. Rovněž spoluspalování některých alternativních paliv působí příznivě na emise těchto oxidů.

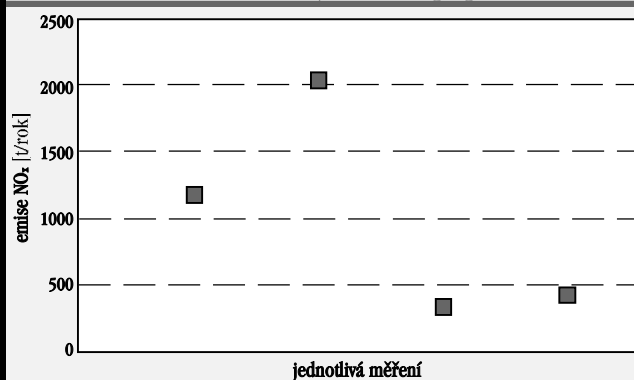
Palivové oxidy dusíku vznikají spalováním dusíku přítomného v palivu. Atomy dusíku vázaného v palivu se buď vzájemně slučují na molekuly N<sub>2</sub>, nebo reagují s kyslíkem ve spalovacím vzduchu za vzniku oxidů dusíku. Palivové oxidy dusíku mohou vznikat již za nižších teplot, takže např. teploty v předkalcinátorech, které se pohybují kolem 850 - 950° C, ještě nestačí na vznik termických oxidů dusíku, umožňují však již vznik palivových NO<sub>x</sub>.

Emisní limit pro oxidy dusíku je v současnosti 1800 mg.m<sup>-3</sup> při provozních vztázných podmínkách. Mezi znečišťujícími látkami vznikajícími při výrobě cementu patří oxidy dusíku k nejvýznamnějším. Proto je jejich výskytu věnována značná pozornost, což se odráží mj. i na počtu provedených měření v průběhu roku 2001.

**Hodnoty koncentrací oxidů dusíku, vyjádřených jako NO<sub>x</sub>, zjištěných kontinuálními systémy a jednorázovým měřením v odpadním plynu z rotačních pecí**



**Roční emise oxidů dusíku, vyjádřených v přepočtu na NO<sub>x</sub>**



## OXID SIŘIČITÝ

Síra a její sloučeniny můžou vstupovat do procesu výpalu slínku se surovinou nebo s palivem.

Surovina může obsahovat síru obvykle ve formě sulfidů nebo organicky vázané síry. Na zvýšených emisích oxidu siřičitého se může nepříznivě projevit zejména sulfidická síra (obvykle obsažená v surovině jako pyrit či markazit), která je v procesu předehřívání cementářské suroviny oxidována při teplotách 370 - 420 °C na SO<sub>2</sub>, takže může docházet k jeho uvolňování ve výměníku. Odpadní plyny z pece se často používají jako zdroj tepla pro surovinový mlýn, kde je významná část uvolněného SO<sub>2</sub> zachycována na částicích velmi jemně mleté suroviny. Surovinový mlýn tedy může sloužit jako účinný odlučovač SO<sub>2</sub> z pece.

V některých ložiscích cementářské suroviny skutečně k výskytu síry dochází. V minulosti proto občas byly pozorovány zvýšené emise SO<sub>2</sub>. Tomto jevu se ve většině případů podařilo zamezit vhodnou skladbou surovinové směsi. Pokud toto řešení nestačí, aplikují se další metody na snížení emisí SO<sub>2</sub>, například čištění odpadních plynů vápenným hydrátem. Aplikací uvedených metod se daří u všech agregátů udržovat emise oxidu siřičitého pod platným emisním limitem, který je 400 mg.m<sup>-3</sup> v přepočtu na provozní stavové podmínky.

Síra vstupující do systému výpalu s palivem je kompletně během spalovacího procesu oxidována na SO<sub>2</sub>. Ten v rotační peci a výměníkovém systému kompletně reaguje s alkalickými složkami kalcinující suroviny na alkalické sírany, které jsou pevně vázány ve slínku. U cementářské rotační pece tedy síra obsažená v palivu nepřispívá k tvorbě emisí oxidu siřičitého do ovzduší.

## OXID UHELNATÝ

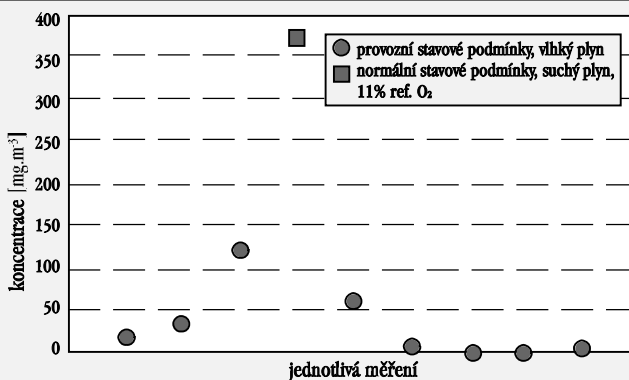
Emise oxidu uhelnatého mají svůj původ jednak ve spalovacím procesu, jednak v obsahu organických látek v cementářské surovině.

Pro optimalizaci spalovacího procesu z hlediska výskytu CO v odpadních plynech je důležité především pravidelné a stejnoměrné dávkování paliva do systému. Nerovnoměrnosti při dávkování zejména pevných paliv mohou způsobit krátkodobý až několikanásobný nárůst hodnot koncentrací CO. To může vést k automatickému bezpečnostnímu vypnutí elektroodlučovače (ochrana proti výbuchu), což s sebou přináší i krátkodobé zvýšení emise prachových částic. Proto je důležité těmto stavům zamezit.

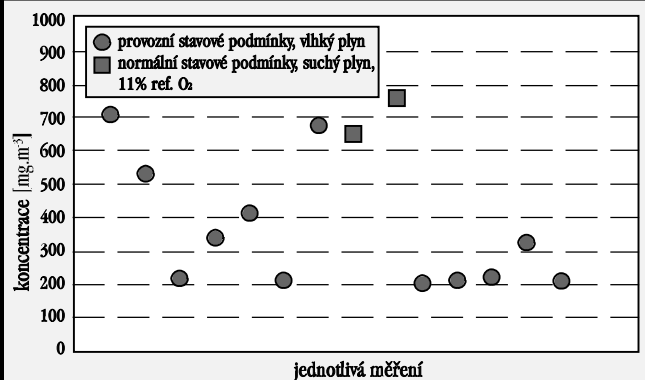
Na emise CO mají rovněž vliv poměry na hořáku, přebytek spalovacího vzduchu, tvar a teplota plamene, přičemž poměry, vedoucí ke snížení emisí CO mají vedlejší účinek ve zvyšování emisí NO<sub>x</sub> a naopak. Je tedy třeba citlivě zvolit vhodný kompromis při zachování maximální kvality vyráběného produktu, tedy slínku.

Emise CO jsou rovněž závislé na obsahu organických látek v surovině. V závislosti na ložisku se do procesu dostává s natěženou surovinou 1,5 - 6 g organického uhlíku na 1 kg slínku. Při postupu výměníkovým systémem a předehřívacím pásmem jsou organické látky uvolňovány a z větší části oxidovány. Na CO jich bývá obvykle přeměněno 5 - 15 % z celkového množství. Běžné hodnoty koncentrací CO v odpadním plynu se u evropských pecí pohybují kolem 1000 mg.m<sup>-3</sup>, mohou však dosahovat až 2000 mg.m<sup>-3</sup> CO. Pro oxid uhelnatý není u cementářských rotačních pecí specifický emisní limit stanoven.

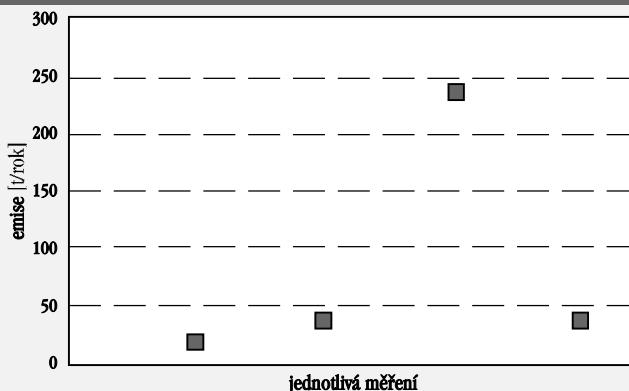
Hodnoty koncentrací SO<sub>2</sub>, naměřených kontinuálními systémy a jednorázovým měřením v odpadním plynu z rotačních pecí



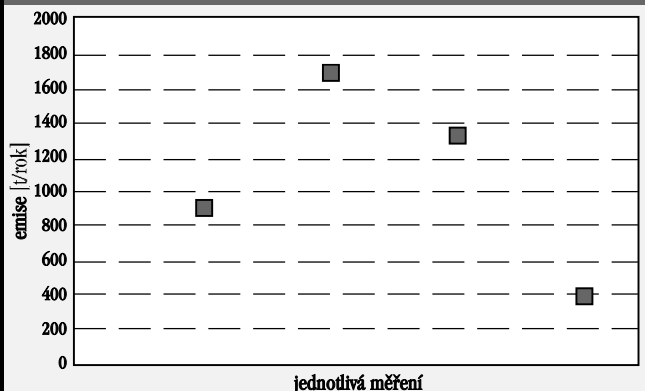
Hodnoty koncentrací CO, naměřených v odpadním plynu z rotačních pecí



Roční emise oxidu siřičitého



Roční emise oxidu uhelnatého



## ■ POLYCHLOROVANÉ DIBENZODIOXINY A DIBENZOFURANY (PCDD/PCDF)

Jedná se o dvě skupiny sloučenin blízkých si strukturou a chemickým chováním. První skupina zahrnuje asi sedmdesát, druhá asi sto třicet jednotlivých látek. Jejich koncentrace se vyjadřuje souhrnně v přepočtu na ekvivalent toxicity 2,3,7,8-TCDD (I-TEQ).

V jakémkoliv procesu, při kterém dochází ke spalování organických látek v přítomnosti chloru, může potenciálně docházet ke vzniku polychlorovaných dibenzodioxinů a polychlorovaných dibenzofuranů (PCDD/DF). Tyto látky mohou vznikat u rotačních pecí jednak přímo při spalování organických látek za přítomnosti chloru, jednak zpětnou, tzv. *de novo* syntézou zejména ve výměníku nebo za ním, popřípadě v zařízení na omezování atmosférických emisí, to vše za předpokladu, jsou-li přítomny uhlíkové prekurzory a chlor.

Látky typu PCDD/DF vzniklé hořením paliva jsou během průchodu pecí díky vysoké teplotě plamene a době zdržení v pásmu nejvyšších teplot spolehlivě rozloženy.

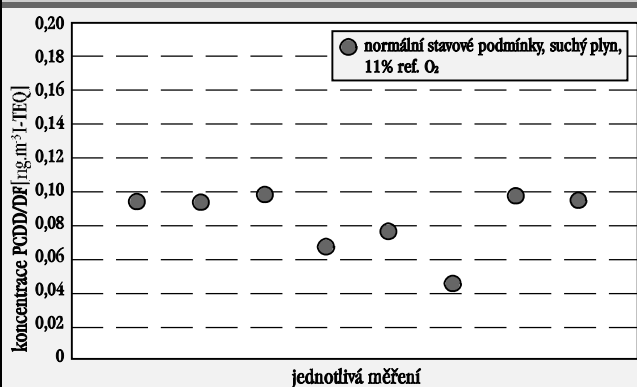
Při ochlazování plynů v rozmezí teplot 200° - 450° C může potom dojít za přítomnosti prekurzorů ke zpětné tvorbě PCDD/DF *de novo* syntézou. Je tedy nutné co nejvíce omezit dobu, při které plyny mohou mít uvedenou teplotu, to znamená rychle je zchladit. To právě pecní výměníky tepla spolehlivě zajišťují.

Rovněž případná přítomnost prekurzorů je velmi omezena. Chlor je spolehlivě navázán na částice kalcinující se suroviny a přítomnost uhlíkových prekurzorů - produktů nedokonalého spalování - je díky oxidační pecní atmosféře velmi málo pravděpodobná.

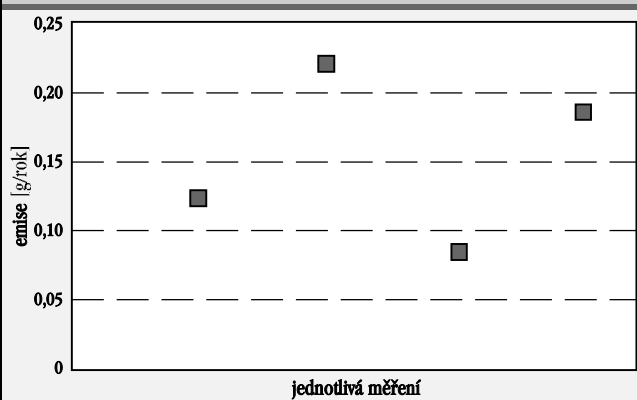
V roce 2001 nebylo měření PCDD/DF vyžadováno platnou legislativou standardně při běžném typu provozu rotační pece. Uvedená měření jsou proto prováděna převážně v rámci provozních zkoušek, obvykle jako součást zkoušek při ověřování nových druhů paliv.

Výsledky měření potvrzují, že u správně vedené technologie výpalu slínku v cementářské rotační peci je reálné dodržení emisního limitu pro koncentraci polychlorovaných dibenzodioxinů a dibenzofuranů, který má hodnotu 0,1 ng.m<sup>-3</sup> I-TEQ. Tento emisní limit byl v roce 2001 již vyhlášen, ale ještě nevstoupil v platnost.

**Hodnoty koncentrací PCDD/DF, naměřených v odpadním plynu z rotačních pecí**



**Roční emise PCDD/DF**



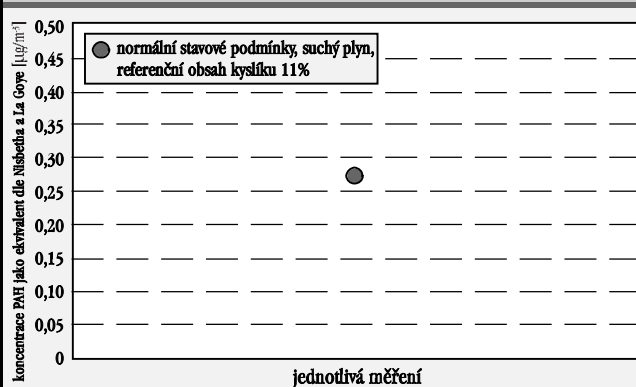
## ■ POLYCYKlickÉ AROMATICKÉ UHLOVODÍKY

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH) nepatřily v aktuálním roce k látkám, jejichž emise byly standardně sledovány. V rámci platné legislativy nebyla zakotvena povinnost pravidelného měření, seznam sledovaných sloučenin ani závazný způsob interpretace výsledků. Proto je k dispozici pouze jediné měření s rozsahem sledovaných látek podle EPA 610 a výsledky jsou přepočteny na ekvivalent toxicity podle Nisbetha a LaGoye.

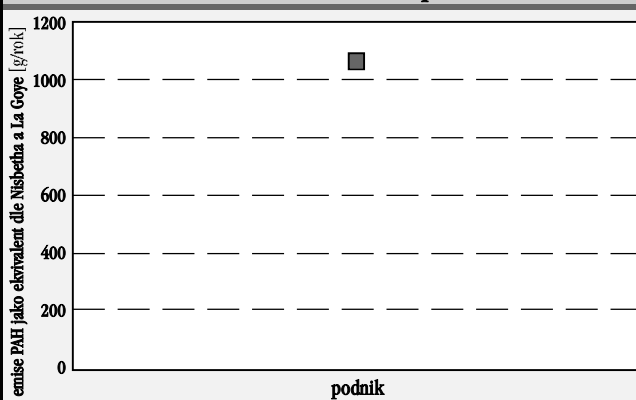
Mezi PAH obsaženými v odpadním plynu z cementářských rotačních pecí je dominantní sloučeninou naftalén, který tvoří více než 90 % hmotnostní podíl ze sledovaných PAH. Podmínky panující v pálícím pásmu rotační pece prakticky zajišťují, že rozklad PAH, které by mohly pocházet z paliva, proběhne beze zbytku. Měřené emise PAH mají svůj původ v organických látkách, obsažených v těženém cementářské surovině dávkované do výměníkového systému rotační pece.

Pro PAH nebyl v roce 2001 stanoven emisní limit.

**Koncentrace PAH (rozsah podle EPA610), naměřené v odpadním plynu z rotační pece**



**Roční emise PAH z cementářské rotační pece**



## ■ ANORGANICKÉ PLYNNÉ SLOUČENINY CHLORU

Cementářská surovina i paliva pro výpal slínku obsahují vždy v malém množství chlor, obvykle ve formě chloridů. Za vysokých teplot při výpalu slínku se uvolňují a reagují s alkáliemi obsaženými v cementářské surovině za vzniku těkavých alkalických chloridů. Tyto těkavé chloridy jsou v plynné fázi transportovány do výměňkového systému, kde v rozmezí teplot 700 - 900° C opět kondenzují, zejména na nejjemnějších částicích suroviny, se kterou se dostávají zpět do pece. Tím vzniká uzavřený cyklus, který může vést až ke tvorbě nálepků ve výměníku.

V odpadním plynu jsou chloridy obsaženy v plynné fázi, ale především nakondenzované na jemných prachových částicích suroviny. Ultrajemné částice mohou projít i přes vstupní filtr odběrové aparatury na měření emisí a zdánlivě zvyšují obsah chloru v plynné fázi. Naměřené koncentrace chloridových iontů jsou vyjadřovány hmotnostně v přepočtu na chlorovodík.

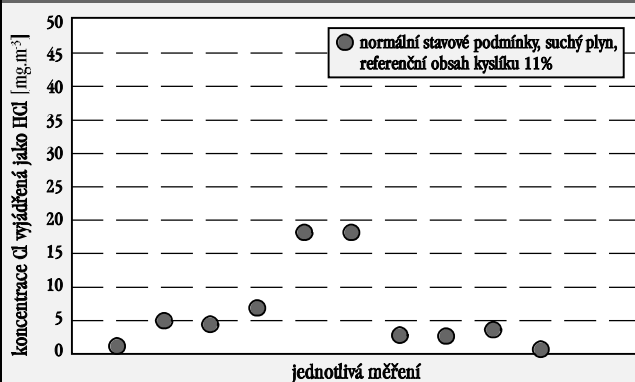
## ■ ANORGANICKÉ PLYNNÉ SLOUČENINY FLUORU

Fluoridy přítomné v rotační peci, jejichž původ je v palivu nebo v surovině, jsou z 90 - 95 % vázány ve slínku, zbytek je přítomen v jemných prachových částicích jako fluorid vápenatý. Velký přebytek vápenatých iontů v systému znemožňuje výskyt fluoru ve formě fluorovodíku.

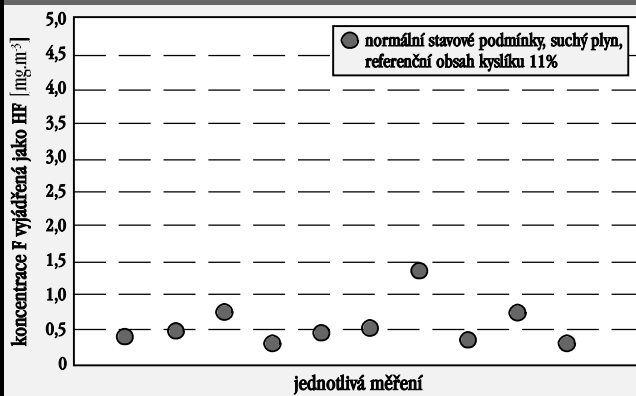
Ultrajemné prachové částice, které nezachytí vstupní filtr odběrové aparatury, jsou hlavním původcem měřených koncentrací fluoridových iontů v (zdánlivě) plynné fázi.

Naměřené koncentrace i emise se vyjadřují v hmotnostním přepočtu na fluorovodík.

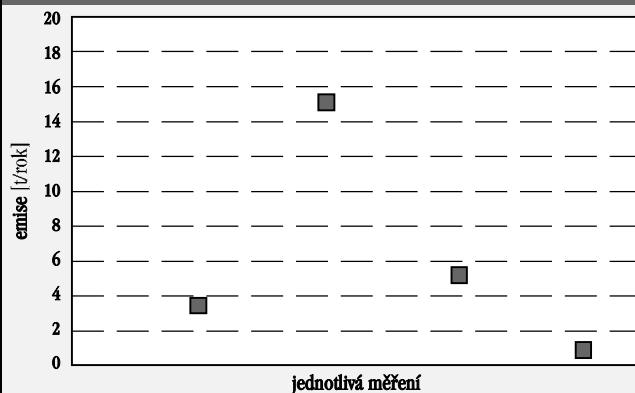
**Koncentrace plynných sloučenin chloru vyjádřené jako HCl, naměřené v odpadním plynu z rotační pece**



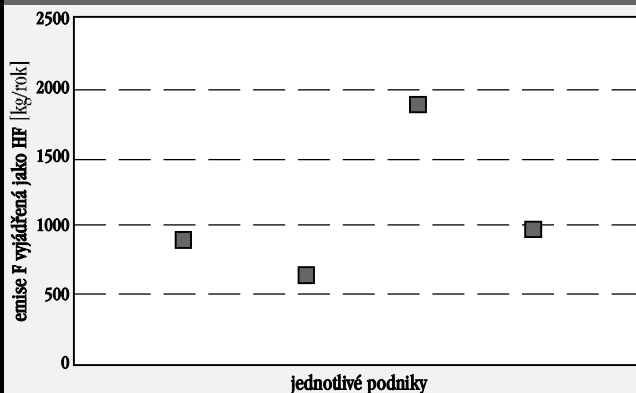
**Naměřené koncentrace fluoru vyjádřené jako HF**



**Roční emise plynných sloučenin chloru vyjádřené jako HCl**



**Roční emise fluoru vyjádřené jako HF**







## ■ VYLUHOVATELNOSTI

Integrovaný registr znečišťování by v sobě měl zahrnovat nejen údaje, týkající se emisí do ovzduší, ale veškeré toky látek do životního prostředí, tedy i do odpadních vod, případně deponice do půdy. V průmyslu cementu se tyto typy přenosů v očekávaném rozsahu integrovaného registru znečišťování nevyskytují ani nepředpokládají.

Další možný vliv na životní prostředí by tedy mohl pocházet z aplikovaného výrobku, tedy ze staveb, pro které byly cementy použity.

Proto jsou do této publikace zařazeny také údaje o vyluhovatelnostech jednotlivých cementů jako doplňující údaj, popisující chemickou stabilitu vyráběných cementů.

Protože se hodnoty vyluhovatelnosti jednotlivých typů cementů s časem příliš nemění, nejsou vyluhovatelnosti sledovány každý rok, ale obvykle s periodicitou tří let. Všechny údaje, uvedené v této kapitole byly získány v průběhu roku 2002, což je termín nejméně časově vzdálený od aktuálního roku 2001.

## ■ VYLUHOVATELNOSTI PODLE VYHLÁŠKY 383/2001 Sb.

Při hodnocení vyluhovatelnosti podle vyhlášky 383/2001 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady se postupuje podle metodiky popsané v příloze č. 4 této vyhlášky. Primárně hodnocení vyluhovatelnosti podle této metodiky slouží k posouzení, který odpad je možné umístit na skládky, popřípadě zda je možné jej ukládat v podzemních prostorách resp. na povrchu terénu. Obecně je vyluhovatelnost kritériem stability materiálu proti působení vnějších vlivů z hlediska uvolňování různých složek v jejich původní či změněné formě do prostředí; zásadním způsobem charakterizuje jeho vlastnosti, jeho možné chování a předurčuje možné způsoby použití takového materiálu.

Údaje prezentované v tomto oddíle se týkají vyluhovatelnosti kovů. V následujících tabulkách jsou pro ilustraci uvedeny absolutní obsahy kovů a potom vyluhovatelnosti, zjišťované podle metodiky citované vyhlášky. Rozsah prezentovaných kovů vychází z tabulky 6.3 přílohy č. 6 vyhlášky 383/2001 Sb. Hodnoty jsou uvedeny vždy pro slínek, cement CEM I a cement CEM II/B-S, a to jednotlivě pro každou cementárnu.

## ■ ARSEN (As)

Arsen má charakteristickou tendenci vytvářet oxidy  $As_2O_3$  a  $As_2O_5$ .  $As_2O_5$  přechází na  $As_2O_3$  za teplot, při kterých dochází k tání (cca 200° C). Proto se arsen váže spíše na pecní prach (odprašky), na slínek se váže pouze částečně. Je známo, že větší obsah  $As_2O_5$  snižuje ve slínku obsah nejvýznamnějšího slínekového minerálu alitu.

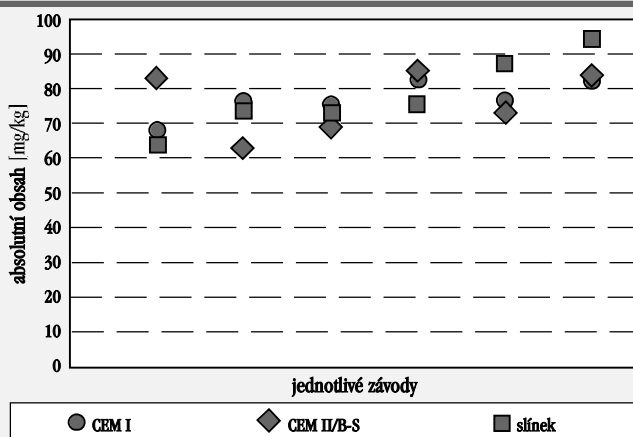
Arsen je převážně vázán na pecní odprašky, částečně na slínek portlandského cementu a jeho vyluhovatelnost je minimální.

## ■ KADMIUM (Cd)

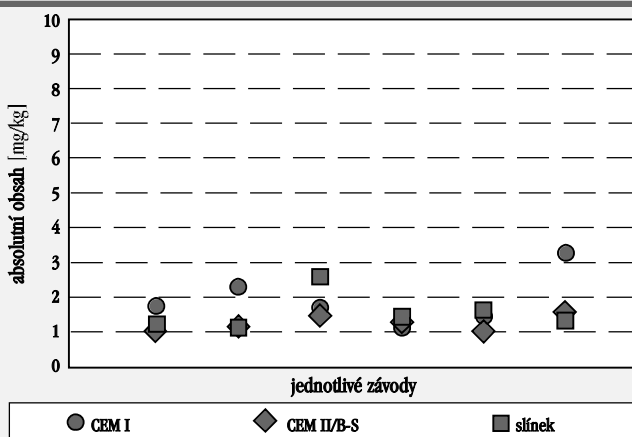
Kadmium se vyskytuje v cementářských surovinových směsích v množství 0,04 - 0,15.10<sup>-4</sup> %. Černé uhlí a lignit mohou obsahovat kadmium ve větším množství, běžná kapalná paliva jej obsahují jen nepatrně. V pecním systému se kadmium podobně jako jiné těžké kovy váže především na slínek. U pecních agregátů s disperzním výměníkem tvoří podíl vázaného kadmia ve slínku 85 - 95 %.

Kadmium je téměř plně vázáno ve slínku portlandského cementu a jeho vyluhovatelnost je minimální.

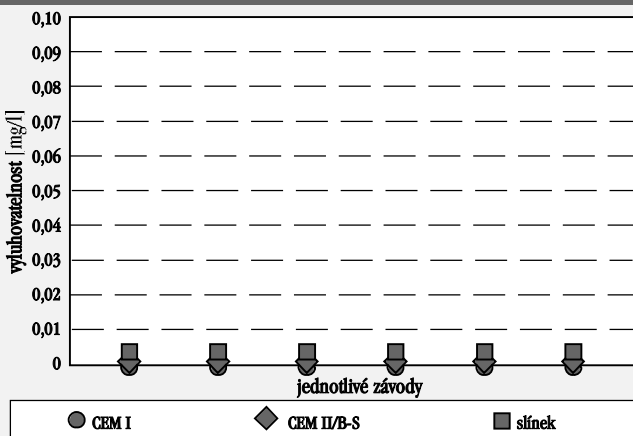
Absolutní obsahy arsenu



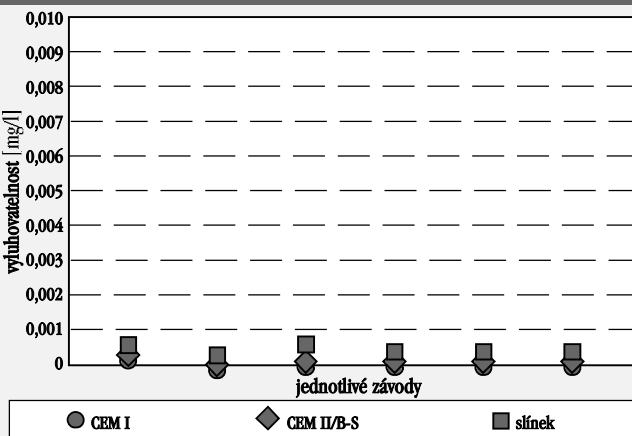
Absolutní obsahy kadmia



Vyluhovatelnosti arsenu



Vyluhovatelnosti kadmia



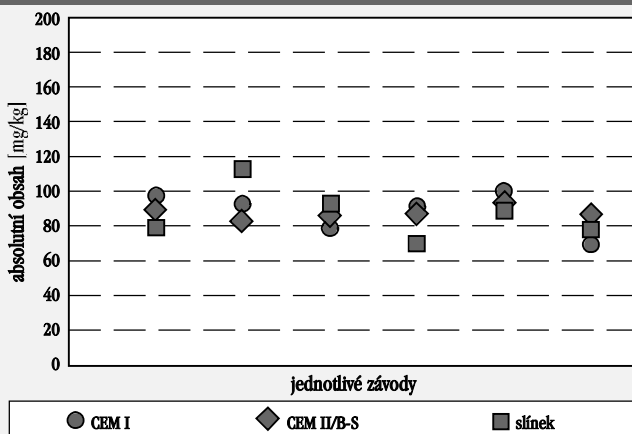
## SELEN (Se)

Selen může při výrobě cementu vstupovat do pecního systému jako stopový prvek jedině z paliva. Je pravděpodobné, že se selen vnesený do pece koncentruje v proudu plynů a odchází ze systému převážně v odprašcích. Část jeho obsahu z pecního systému může tékat. Selen je převážně vázán na odprašky a jeho vyluhovatelnost je minimální.

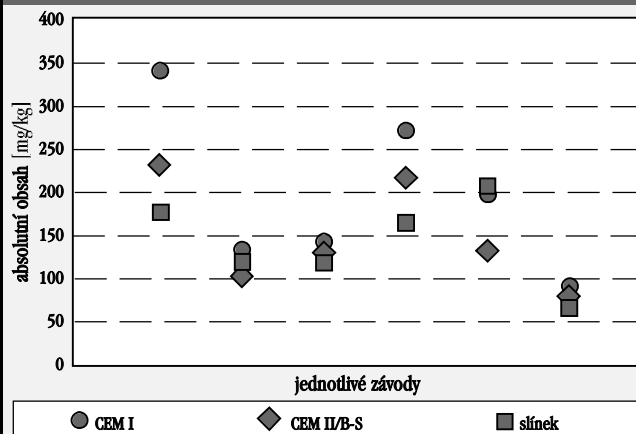
## OLOVO (Pb)

Olovo je v běžných vstupech do procesu výpalu slínku stopovým prvkem, ale lze jej očekávat v mnoha typech odpadních paliv. Obsah Pb je třeba s technologického hlediska přísně sledovat, protože při koncentraci příměsí jeho sloučenin v množství nad 0,2 % může vážně přibrzdit tuhnutí a nepříznivě ovlivňovat nárůst pevností betonu. Většina Pb se zachycuje ve slínku. Olovo je téměř plně vázáno ve slínku portlandského cementu a jeho vyluhovatelnost je minimální.

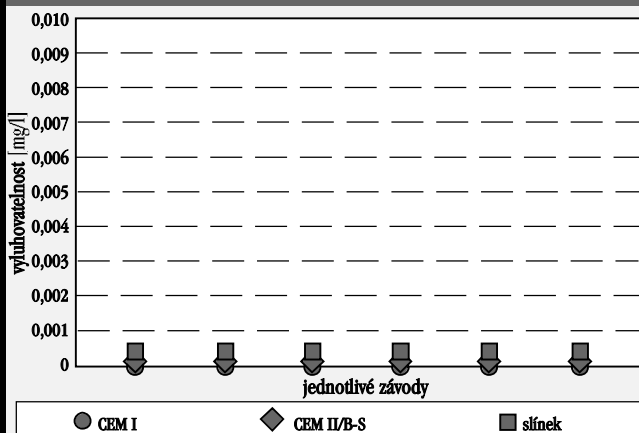
### Absolutní obsahy selenu



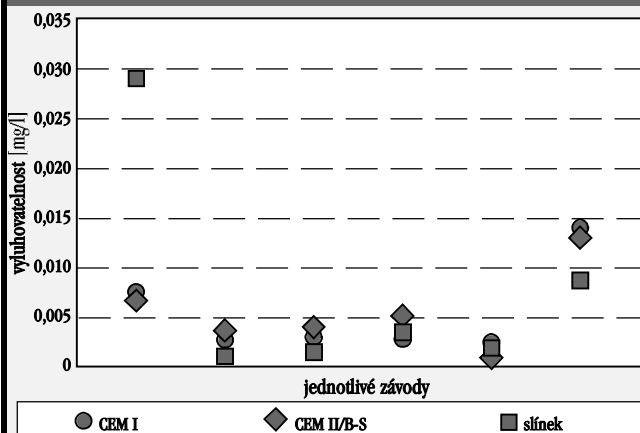
### Absolutní obsahy olova



### Vyluhovatelnosti selenu



### Vyluhovatelnosti olova



## NIKL (Ni)

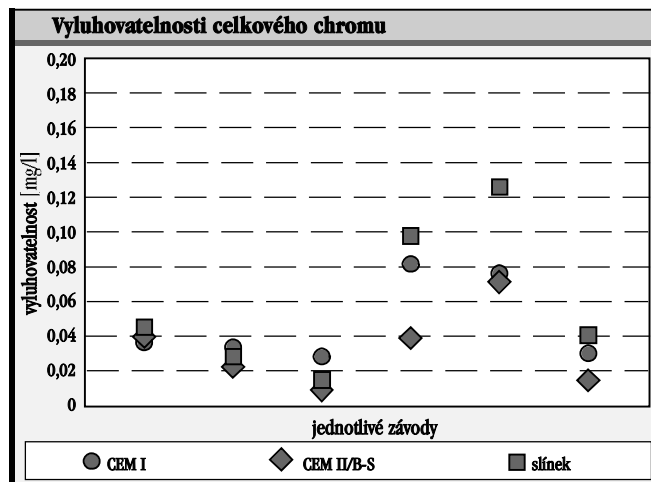
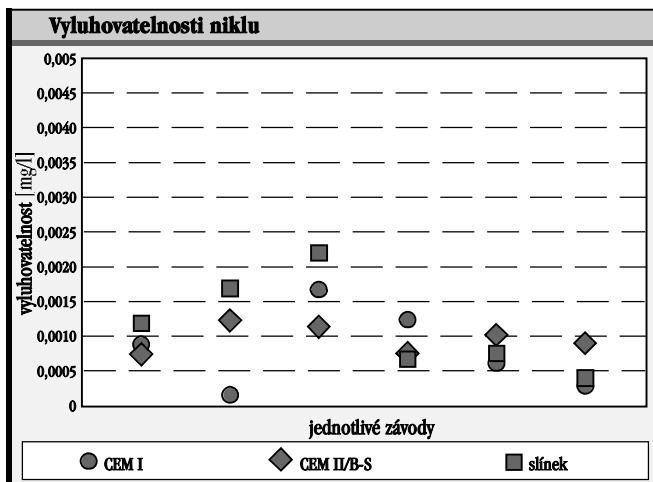
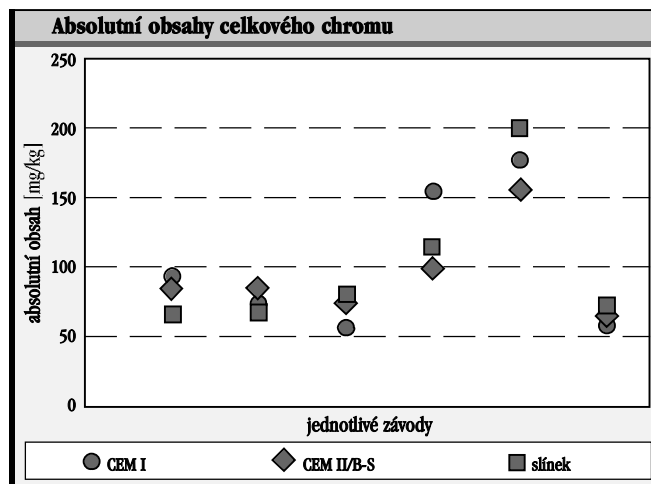
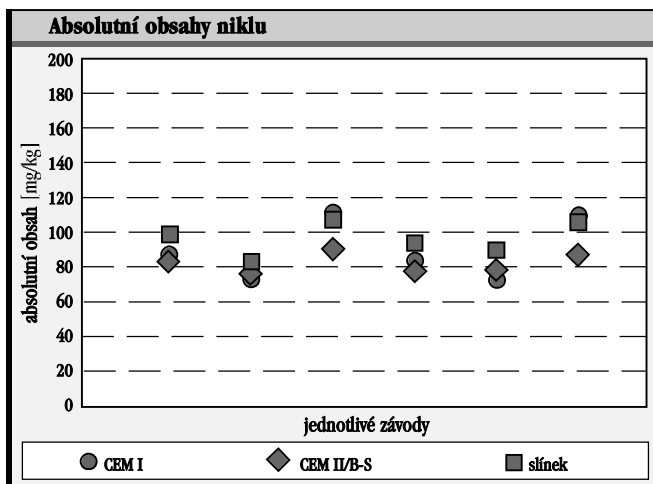
Nikl se obecně vyskytuje v cementářském slínku v koncentraci nad 0,02 %. Obsah Ni 0,5 - 1,0 % stabilizuje alit, až 4 % CaO může být v alitu nahrazeno NiO, který stabilizuje jeho jednodlonnou krystalovou modifikaci a zjevně zvyšuje pevnost cementu. Vodou rozpustné soli niklu jsou silnými akcelerátory hydratace cementu. Nikl je poněkud těkavý a pravděpodobně se koncentruje i v pecním prachu, který může obsahovat až 1000 ppm Ni. Většina niklu se ale zachycuje ve slínku. Vyšší koncentrace niklu v podobě NiO nahrazují CaO a působí na zvýšení pevnosti cementu.

Nikl je téměř plně vázán ve slínku portlandského cementu a jeho vyluhovatelnost je minimální.

## CHROM (Cr)

Chrom je v cementářských slínkách přítomen obvykle ve stopových množstvích. Jeho zdrojem může být jak surovina a palivo, tak i chrommagnezitová vyzdívka rotační pece. Vyšší obsah chromu (cca 1 % Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) zlepšuje palitelnost slínku, zvyšuje počáteční růst pevností, urychluje hydrataci cementu, ale také zvyšuje síranovou expanzi. Chrom je poněkud těkavý a může se nalézat i v odprašcích v koncentracích okolo 1 ppm.

Chrom je převážně vázán ve slínku portlandského cementu a jeho vyluhovatelnost je minimální.



## ■ OBSAH

■ <b>CEMENTÁRNÝ A OCHRANA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ</b> Integrovaná prevence a omezování znečištění Integrovaný registr znečišťování	<i>str. 1</i>
■ <b>1. VÝROBA CEMENTU</b>	<i>str. 1</i>
■ <b>2. TĚŽBA VÁPENCŮ A VYUŽÍVÁNÍ ALTERNATIVNÍCH SUROVIN</b>	<i>str. 2</i>
■ <b>3. PALIVOVÁ ZÁKLADNA A VYUŽÍVÁNÍ ALTERNATIVNÍCH PALIV</b>	<i>str. 2</i>
■ <b>4. KVALITA CEMENTU A EVROPSKÉ NORMY</b>	<i>str. 3</i>
■ <b>5. TECHNOLOGIE VÝROBY CEMENTU</b>	<i>str. 3-5</i>
■ <b>6. INTEGROVANÁ PREVENCE A INTEGROVANÝ REGISTR ZNEČIŠŤOVÁNÍ</b>	<i>str. 6-7</i>
■ <b>EMISE DO OVZDUŠÍ</b>	<i>str. 8</i>
■ <b>Prach</b>	<i>str. 8</i>
■ <b>Oxidy dusíku</b>	<i>str. 8</i>
■ <b>Oxid siřičitý</b>	<i>str. 9</i>
■ <b>Oxid uhelnatý</b>	<i>str. 9</i>
■ <b>Polychlorované dibenzodioxiny a dibenzofurany</b>	<i>str. 10</i>
■ <b>Polycyklické aromatické uhlovodíky</b>	<i>str. 10</i>
■ <b>Anorganické plynné sloučeniny chloru</b>	<i>str. 11</i>
■ <b>Anorganické plynné sloučeniny fluoru</b>	<i>str. 11</i>
■ <b>Těžké kovy</b>	<i>str. 12</i>
■ <b>Vyluhovatelnosti</b>	<i>str. 13</i>
■ <b>Arsen</b>	<i>str. 13</i>
■ <b>Kadmium</b>	<i>str. 13</i>
■ <b>Selen</b>	<i>str. 14</i>
■ <b>Olovo</b>	<i>str. 14</i>
■ <b>Nikl</b>	<i>str. 15</i>
■ <b>Chrom</b>	<i>str. 15</i>

### ■ MATERIÁL PŘIPRAVILY:



Výzkumný ústav maltovin  
Praha, spol. s r.o.

**SVAZ VÝROBCŮ  
CEMENTU ČR**