

**Potenciál alternativ k těžbě stavebního kamene,
štěrkopísků a vápenců v České republice**

květen 2000

Potenciál alternativ k těžbě stavebního kamene, štěrkopísků a vápenců v České republice

Zpracování a vydání této studie umožnila laskavá finanční podpora Nadace Partnerství.

Zpracoval Vojtěch Kotecký
Vydalo Hnutí DUHA v květnu 2000
ISBN 80-902056-9-0

Hnutí DUHA, Bratislavská 31, 602 00 Brno
tel.: 05-4521 3802, 4521 4431
fax: 05-4521 4429
email hduha@ecn.cz
www.duhafoe.cz

Hnutí DUHA patří mezi přední české ekologické organizace. Prosazuje veřejný zájem na zdravém životním prostředí, ochraně přírody a krajiny, poukazuje na problémy a navrhuje konstruktivní řešení. Metody jeho práce sahají od jednání s úřady i politiky, přes legislativní návrhy, informování a zapojování veřejnosti, působení na spotřebitele a průmysl, výzkum či právní kroky až po spolupráci s obcemi. Působí na národní, místní i mezinárodní úrovni. Zastupuje Českou republiku ve Friends of the Earth International, největší mezinárodní federaci ekologických organizací se členy v 61 zemích.

Tato studie popisuje nebo zmiňuje řadu případových studií i produktů či způsobu využití materiálu. Jejich uvedení nepředstavuje podporu konkrétní společnosti, výrobku, procesu nebo projektu ze strany Hnutí DUHA, ani není garancí ekologické nezávadnosti.

Poděkování

Tuto studii umožnila zpracovat ochota desítek lidí, které zde není možné vyjmenovat. Hnutí DUHA děkuje všem, kdo pro její přípravu věnovali svůj čas a poskytli informace, odpověděli na písemné dotazy či souhlasili s rozhovorem. Zvláštní dík potom patří Miroslavu Patrikovi a Michalu Štinglovi (Děti Země), Martinu Holému (MŽP ČR), Edvardovi Sequensovi (Sdružení Calla), Miroslavu Škopánovi (Asociace pro rozvoj recyklace stavebních materiálů), Miroslavu Martišovi (Institut aplikované ekologie České zemědělské univerzity), Jiřímu Hájkovi (Stavby silnic a železnic) a Šárce Vinklerové (ČEZ).

Obsah

1. Shrnutí	9
2. Úvod	15
3. Těžba stavebních surovin v České republice	20
3.1. Zásoby stavebních surovin	20
3.2. Těžba stavebních surovin	22
3.3. Environmentální limity těžby stavebních surovin	28
4. Spotřeba stavebních surovin	31
4.1. Stavební kámen a štěrkopísky	32
4.2. Vápence	33
4.3. Stavební hmoty	36
5. Efektivní využívání surovin	40
5.1. Využívání odpadů ze získávání stavebních surovin	40
5.2. Zbytkový beton	42
5.3. Staveništní odpad	43
6. Recyklace odpadů	44
6.1. Stavební a demoliční odpady	44
6.2. Recyklace kolejového lože železnic	63
7. Substituce	67
7.1. Odpady spalovacích procesů	67
7.2. Odpady z těžby jiných surovin	77
7.3. Substituce jinými stavebními materiály	80
8. Snížení konečné spotřeby surovin	85
8.1. Úsporné projektování a životnost staveb	85
8.2. Využití existujících staveb	86
8.3. Výstavba silniční infrastruktury	88
8.4. Úspora vápenců na odsiřování	92
9. Závěry a doporučení	95
9.1. Potenciál náhrady přírodních surovin	95
9.2. Doporučení	97
Poznámky	103

1. Shrnutí

Česká ekonomika je prakticky soběstačná v zásobování stavebním kamenem, štěrko-písky a vápencem. Zajišťování těchto surovin ovšem představuje významnou environmentální zátěž. Těžebny znamenají výrazný zásah do krajinného rázu, ničí cenné přírodní lokality a stanoviště ohrožených druhů, prašnost, hluk, doprava a otřesy zhoršují životní prostředí v okolních obcích. Zvlášť velký problém představuje těžba v některých chráněných krajinných oblastech, především Českém středohoří, Českém i Moravském krasu, na Třeboňsku a v Litovelském Pomoraví.

Toto zatížení není možné zcela eliminovat. Lze jej však snížit. Nezbytná je k tomu v první řadě redukce celkového objemu těžby, změna jejího postupu a vyloučení dobývání v nejcennějších lokalitách.

Tato studie analyzuje první z těchto problémových okruhů: zkoumá, jaký je potenciál snížení spotřeby stavebního kamene, štěrko-písků a vápenců ve střednědobé perspektivě, tj. zhruba do roku 2010-2015. Tyto suroviny jsou využívány převážně ve stavebnictví, ať již přímo (nezpracované nebo drcené, mleté či prané), nebo ve stavebních hmotách, jako je beton, cement, vápno, maltové směsi aj. Především vápence ovšem slouží rovněž v dalších oblastech, například k odsiřování elektráren, v různých průmyslových odvětvích i v zemědělství. Analýzu spotřeby ovšem komplikuje nedostatek, nepřesnost a nevěrohodnost dat. Zejména údaje o využití stavebního kamene a štěrko-písků prakticky neexistují, výzkum je zde proto odkázán na kusé a velmi nepřesné odhady.

Zdroje úspor surovin

Existuje celá řada nejrůznějších řešení, která mohou vést k úspoře diskutovaných surovin. Jejich potenciál se liší velikostí i prozkoumaností. V řadě případů je jeho kvantifikace pro nedostatek dat či obtížnou odhadnutelnost trendů obtížná. Platí to především pro marginální případy nebo řešení, která mohou přinést velké úspory, ovšem jen v dlouhodobé perspektivě a pod podmínkou poměrně významných změn ekonomického prostředí nebo průmyslové kultury.

Efektivnější využívání surovin: při těžbě a primárním zpracování surovin i využívání stavebních materiálů vzniká značné množství odpadu. Různými způsoby využití by bylo možné část vznikající i starší skrývky a výklizů z lomů, stejně jako prosívek z drcení. Asi čtvrtina českých výrobců doposud nezpracovává zbytkový beton. Odhady ze zahraničí rovněž naznačují, že při lepší organizaci práce a kontrole na staveništích by mohlo být ušetřeno překvapivě enormní množství materiálu, který je doposud ničen.

Recyklace odpadních stavebních materiálů: stavební a demoliční odpad je tradičně považován za nejvýznamnější substituent kameniva. V některých případech jej může nahrazovat i v poměrně náročných aplikacích, například jako plnivo do betonu. Odhad jeho skutečného potenciálu komplikuje především nepřesnost existujících dat. Odhaduje se však, že z objemu využitelného materiálu je v současné době recyklováno kolem 10%, zatímco v některých evropských zemích míra recyklace dosahuje 80-90 procent.

Substituce nestavebními materiály: spektrum jiných, převážně odpadních materiálů, které lze ve stavebnictví využít, je poměrně široké.

Nesporně nejvýznamnější zdroj představují odpady spalovacích procesů. Především popílky a elektrárenskou strusku lze použít přímo nezpracované nebo v různých směsích jako substituent především šterkopísků, ve stavebních hmotách (zejména namísto cementu i kameniva do betonu) a především k výrobě umělého kameniva. Technický potenciál spotřeby tohoto materiálu je enormní, za současných podmínek je ovšem jeho využití velmi limitované. Podmínkou proto zůstává změna ekonomického prostředí a investice do nových výrobních kapacit. Významnější ještě může být rozvoj zpracování metalurgických strusek, především potom přepracování starších hald, obsah kterých se odhaduje na stovky miliónů tun.

Druhý významný okruh představují doprovodné suroviny z těžby jiných nerostů. Významnější jsou ovšem pouze regionálně: šterkopísky z hnědouhelných lomů v severozápadních Čechách, umělé kamenivo z keramzitových jílu získávaných na stejném místě, místně odpady z těžby nerud, materiál z přepracování některých především středočeských hald po dobývání uhlí a rud.

Konečně velmi diverzifikovanou skupinou je substituce nejrůznějšími jinými stavebními materiály, ať již jde o využití pórobetonů, lehkých betonů, dřeva či nekonvečních staviv, především slámy a nepálené hlíny. Některé z těchto aplikací mají jen velmi omezený význam, potenciál jiných může výhledově být velmi podstatný, především ve výstavbě obytných domů a budov služeb či administrativních objektů, ve střednědobé perspektivě je však jen velmi limitovaný. Obecně není snadné jej odhadovat, natož potom kalkulovat.

Snížení konečné spotřeby: posledním okruhem zdrojů úspor je snížení konečné spotřeby surovin. Za zmínku stojí čtyři řešení: úspory při projektování a prodlužování životnosti staveb; lepší využití bytového fondu či materiálově efektivní způsoby bytové výstavby (například vyhýbání se výstavbě v extravillánech); volba limitovanější a tedy rovněž méně materiálově náročné varianty koncepce výstavby silnic a dálnic; snížení výroby elektrické energie z tepelných zdrojů, který umožní redukovat potřebu vápence.

Potenciál vybraných zdrojů

Pro nedostatek dat je odhad skutečného potenciálu úspor stavebního kamene, šterkopísků a vápenců komplikovaný. Provést úplný přehled prakticky není možné. Omezuje se proto na výčet několika významnějších a zhruba kvantifikovatelných zdrojů.

Kvantitativní odhady jsou značně problematické. Opírají se o nepřesné statistiky, odhadované produkce a předpokládané možnosti využití. Ke konkrétním údajům je proto třeba přistupovat se značnou rezervou. Mají spíše velmi hrubou, orientační roli a jejich součet rozhodně nepředstavuje žádnou hodnotu, kterou by Hnutí DUHA považovalo za směrodatnou jako potenciál substituce přírodních surovin.

Odpady ze zpracování a těžby kameniva a vápenců: množství odpadů již leží na odvalech, není však znám jejich objem a kvalita je proměnlivá. Pokud by se podařilo spotřebovat k substituci kameniva 50% nově vznikajících prosívek - což je poměrně realistické, předpokládáme-li vedle využití v nezpracovaném stavu do betonu rovněž možnost jejich stabilizace -, mohlo by množství dostupného materiálu mírně překračovat milión tun.

Zbytkový beton: technický potenciál rozvoje recyklace zbytkového betonu se pohybuje kolem 30.000 m³.

Stavební a demoliční odpad: názory na potenciál recyklace stavebního a demoličního odpadu využitelného jako substituent přírodního kameniva se liší. Závisí významně na - rovněž velmi variabilních - odhadech objemu produkovaných materiálů. Patrně nejvíce realistické odhady dosahují 4 miliónů tun.

Metalurgické strusky: nevyužitý potenciál recyklace činí podle konzervativního odhadu asi 0,5 miliónu tun. Další asi dvojnásobek by bez větších obtíží mohl přidat rozvoj přetěžování zásob v haldách.

Nezpracované popílky: maximální potenciál využití nezpracovaných popílků se pohybuje kolem 10-20 procent, tedy maximálně 1-1,8 miliónu tun tohoto materiálu.

Popílky do betonu: potenciál spotřeby popílku ve výrobě betonu je asi o 500-550 tis. tun větší, než v současnosti. Nahrazuje především cement a nelze proto výsledky automaticky převádět na objem přírodní suroviny.

Umělé kamenivo: pokud se výrazně změní ekonomické prostředí tak, aby znevýhodňovalo využití primárních surovin, a zároveň budou osvětovým působením měněny kulturní předsudky a nezájem o tento materiál, považujeme za realistické kolem roku 2010 nahrazovat minimálně 3 milióny tun kameniva umělým kamenivem. V současných ekonomických podmínkách je to však zcela nerealistické.

Odpady z těžby jiných nerostných surovin: množství dostupných materiálů není známo, pravděpodobně je ale realistické počítat minimálně s množstvím kolem miliónu tun ročně, pokud předpokládáme i přetěžování starších hald a úložišť.

Výstavba silnic a dálnic: volba alternativní varianty rozvoje dopravních sítí by podle provedené kalkulace umožnila za dobu realizace ušetřit kolem 20 miliónů tun štěrkopísků či stavebního kamene a zhruba milión tun cementu.

Úspora vápenců na odsiřování: ekonomický potenciál energetické efektivity a obnovitelných zdrojů energie umožňuje do roku 2010 snížit spotřebu vápenců na odsiřování asi o 460.000 tun ročně. Využití možností, které nabízejí kogenerace a moderní technologie spalování uhlí (integrováný paroplynový cyklus), by tento objem ještě podstatně zvýšilo.

Hlavní doporučení

Využití potenciálu snížení spotřeby stavebního kamene, štěrkopísků a vápence je blokováno řadou ekonomických, politických i kulturních bariér. V kapitole 10 proto předkládáme řadu doporučení adresovaných státu, průmyslu i městům a obcím, která by měla umožnit jejich překonání.

Stát

- reformovat poplatky z těžby nerostných surovin nebo zavést daň z těžby stavebních surovin tak, aby favorizovaly využití odpadů ve stavebnictví, stimulovaly jejich maximální využití i efektivní a šetrné nakládání se surovinou a produkty z ní vyrobenými
- vyloučit skládkování stavebních a demoličních odpadů nebo omezit množství, které smí na skládce zůstat, na 10% přijímaného objemu. Zároveň je nezbytné

zcela vyloučit využívání stavebních a demoličních odpadů k rekultivacím a terénním úpravám

- zřídit na ministerstvu životního prostředí tabulkové místo určené k aktivnímu výzkumu a zajišťování praktické podpory využití alternativních materiálů ve stavebnictví
- zřídit program grantů, půjček a garancí na podporu využívání sekundárních stavebních materiálů
- požadovat maximální možné využití sekundárních materiálů ve veřejných stavebních zakázkách
- stanovit minimální cíl recyklace 85% odpadu vznikajícího při veřejnými zakázkami financovaných demolicích či rekonstrukcích staveb do roku 2005, zvážit možnost jeho právní kodifikace a realizovat vybrané demonstrační projekty
- stanovit při přípravě státní politiky životního prostředí dílčí cíle 85% recyklace stavebního a demoličního odpadu a 70% recyklace popelovin z energetiky včetně teplárenství a metalurgických strusek do roku 2010
- koncepčně pracovat na výzkumu spotřeby přírodních stavebních surovin i produkce odpadů, především potom na zkvalitnění a rozšíření dostupných statistických údajů
- brát v úvahu spotřebu surovin při tvorbě dopravní politiky, rozhodování o konkrétních projektech a přípravě i schvalování státního rozpočtu a volit varianty s minimální materiálovou náročností
- obnovit původní rozpočet Státního programu podpory úspor a obnovitelných zdrojů energie a klást ve energetické politice i při přípravě legislativy důraz na energetickou efektivnost a využívání alternativních zdrojů, především obnovitelných a kogenerace
- při formulaci bytové politiky, jejích nástrojů i konkrétních opatření klást důraz na využití stávajícího bytového fondu, dostavby, přístavby a rekonstrukce stávajících budov a výstavbu v intravillánech
- připravit koncepci využívání druhotných surovin.
- dbát při rozhodování o stavbách na dodržování povinnosti využít možností recyklace jako prioritního způsobu nakládání s odpadem

Průmysl

- aktivně vyhledávat možnosti úspor přírodních surovin v jednotlivých záměrech při jejich projektové přípravě i realizaci

- usilovat o maximální uplatnění odpadů z demolic a rekonstrukce staveb, nabízet je k recyklaci a zajišťovat třídění na staveništi. Stanovit minimální cíl recyklace 85% odpadu do roku 2007
- do konce roku 2001 přijmout interní opatření k minimalizaci odpadů na staveništi ve společnostech podnikajících ve stavebnictví
- vyžadovat maximální technicky dosažitelný podíl sekundárních surovin a zajištění maximální možné recyklace odpadů z demolic a rekonstrukcí při rozhodování o investicích a při zadávání projektů
- publikovat ve výročních zprávách či zvláštních, environmentálně zaměřených pravidelných publikacích stavebních společností, projekčních či architektonických kanceláří i jednotlivých investorů, jaký podíl na jejich spotřebě či navrhované spotřebě stavebních surovin tvoří sekundární materiály
- zpracovat do roku 2005 inventarizaci nově vznikajících či uložených doprovodných surovin a odpadů na těžebnách a aktivně je nabízet k využití

Obce a města

- požadovat maximální možné využití sekundárních materiálů ve veřejných stavebních zakázkách
- stanovit minimální cíl recyklace 85% odpadu vznikajícího při obecními nebo městskými zakázkami financovaných demolicích či rekonstrukcích staveb do roku 2005
- aktivně podporovat projekty zpracování především stavebních a demoličních odpadů a vycházet vstříc zájemcům o jejich provozování
- při rozhodování o investicích především do dopravní infrastruktury brát v úvahu spotřebu surovin a volit minimálně materiálově náročné varianty, jsou-li rovněž jinak environmentálně přijatelné
- aktivně a cíleně vzdělávat a informovat občany o možnostech odevzdání stavebního a demoličního odpadu k recyklaci, využití sekundárních materiálů ve stavebnictví a úsporu stavebních surovin
- při formulaci bytové politiky, jejích nástrojů i konkrétních opatření klást důraz na využití stávajícího bytového fondu, dostavby, přístavby a rekonstrukce stávajících budov a výstavbu v intravillánech

2. Úvod

Dopady těžby nerostných surovin se od první poloviny 90. let staly jedním z nejfrekventovanějších environmentálních témat v České republice. Bezprostřední příčinou se staly kontroverze nad několika konkrétními projekty neúnosného dobývání a zpracování nerostů: cementárnou u Tmaně, kamenolomy na Tlustci, v Koberovech i jinde, průzkumy či těžbou ložisek zlata v Mokrsku, Kašperských Horách a na Rožmitálsku, diskusí o případném prolomení územních ekologických limitů a obětování dalších obcí povrchovým hnědouhelným dolům v Podkrušnohoří, podbarvenými celou řadou dalších lokálních kontroverzí a obecným tlakem těžby na některé chráněné krajinné oblasti, zejména České středohoří a Český kras.

Znepokojení veřejnosti je oprávněné. Přes nesporná zlepšení, ke kterým vedlo především snížení poptávky a částečná změna přístupu k těžbě v průběhu posledního desetiletí, má tento sektor značné environmentální dopady. Největší problém představuje zásah do krajinného rázu a častá likvidace cenných přírodních stanovišť, podstatná však bývají rovněž environmentální a hygienická negativa, způsobená v okolních obcích otřesy při odstřelech, prašností, hlukem z drčení a přepravou suroviny. Zvláště intenzivní problém představuje dobývání v chráněných krajinných oblastech a některých dalších hodnotných lokalitách.

Ukazuje se přitom, že problém nepředstavuje několik izolovaných projektů. Tlak sektoru na krajinu je všeobecný, jakkoli podléhá regionálním rozdílům a mezi jednotlivými surovinami se liší.

Hlavní suroviny aktuálně či potenciálně těžené v České republice lze rozlišit do několika skupin:

- černé a hnědé uhlí
- stavební a průmyslové nerudy
- uran
- zlato

Zlato těženo není a v dohledné době patrně ani nebude, zatímco dobývání uranu je rychle utlumováno, během několika let skončí a environmentální problémy v jeho případě plynou zejména ze starých zátěží. Největší environmentální negativa s sebou proto přináší těžba uhlí a nerud.

Měřeno objemem těžby je postavení obou skupin zhruba vyrovnané, ačkoli relativní význam nerud postupně roste a množstvím těžené suroviny již několik let uhlí mírně předstihují, mj. kvůli rapidnímu poklesu poptávky po něm.

Zároveň se tyto dvě skupiny podstatně odlišují charakterem těžby a jejích dopadů. Zatímco v případě uhlí je koncentrována do několika dolů v poměrně úzce vymezených regionech, u nerud vykazuje rozšíření po celém území.

Hnutí DUHA vždy kladlo důraz na systémová opatření, která považuje za efektivnější než partikulární diskuse nad jednotlivými záměry - ač ani těm není možné se vyhnout.

Takové prostředky musí být využity na straně produkce, kde ovlivní místo či způsob těžby, i spotřeby, aby došlo ke snížení poptávky po přírodních surovinách. Význam opatření obecného rázu je pro charakter distribuce těžeben značný především právě v případě nerud.

Vymezení tématu studie

Právě snížení spotřeby surovin patří mezi nejúčinnější prostředky ke omezení environmentálních negativ jejich těžby a zpracování. Tam, kde ji není možné zcela eliminovat, ovšem musí být doplněno opatřeními, která zajistí, že zbývající objem bude získáván únosnými postupy.

Potenciál snížení spotřeby nerud v české ekonomice a opatření, která k jeho využití musí přijmout stát, obce a města i průmysl, doposud nebyl systematicky zkoumán. Hlavním cílem studie Hnutí DUHA je tuto mezeru zaplnit.

Zkoumané suroviny: studie se zaměřuje na tři významné suroviny, jejichž těžba vedle uhlí představuje v českých podmínkách největší environmentální zátěž: stavební kámen, štěrkopisky a vápenec. Zmenšení spotřeby těchto nerostů je vedle uhlí pro omezení negativních dopadů těžby minerálních zdrojů na našem území rozhodující.

Vynechány tedy byly dvě skupiny surovin:

- dvě poměrně široce těžené suroviny, které ovšem díky charakteru dobývání (poměrně malé těžebny) většinou představují podstatně menší zátěž pro prostředí - dekorační kámen a cihlářská surovina
- nejružnější minoritní průmyslové nerudy (například sádrovec, grafit, živec, různé jíly, kaolín aj.). Jejich dobývání představuje nesrovnatelně menší zátěž ze dvou důvodů. Prvním je obecně menší výskyt a tedy rovněž počet těžeben: v roce 1998 jich bylo dohromady 76 [1]. Druhým potom jejich obvykle menší velikost, ačkoli ta není pravidlem (výjimku představují například některá ložiska kaolínu či živců). Zároveň se navzájem podstatně liší charakterem využití a tedy rovněž zaměřením případných opatření k omezení těžby. K relativně menšímu environmentálnímu významu se zde tedy přidává obtížná hodnotitelnost, způsobená značnou diverzitou účelů.

Ekonomický a technický potenciál: studie zkoumá technický potenciál snížení spotřeby těchto surovin. Ekonomické limity pro ni tedy nejsou rozhodujícím faktorem. Naopak, mezi možná opatření, vliv kterých na využití tohoto potenciálu hodnotí, patří rovněž změna ekonomického prostředí různými nástroji, jako je reforma daňové politiky.

To pochopitelně neznamená, že by výzkum a jeho závěry zcela ignorovaly ekonomickou realitu. Zaprvé diskutují, nakolik právě ona využití potenciálu limituje. Především ale respektují zřejmá omezení a nezkoumají technicky proveditelné alternativy k těžbě, které se možností hospodářství evidentně zcela vymykají - například okamžité nahrazení všech tepelných elektráren integrovaným paroplynovým cyklem, který nevyužívá

vápenec k odsiřování, nebo, budeme-li postupovat ad absurdum, rozemletí dálniční sítě na betonový recyklát. Podobně sběr demoličních odpadů v malých obcích by sice byl teoreticky možný, v celkové bilanci však marginální a přitom výrazně neefektivní.

Zkoumaný časový horizont: výzkum se zaměřuje na opatření, která lze provést ve střednědobém časovém horizontu, tj. zhruba do roku 2010. Ten ovšem není striktně stanoveným cílovým datem, hraje pouze orientační roli. Zmíněné nahrazování klasických tepelných elektráren integrovaným paroplynovým cyklem je přinejmenším u části z nich realistické, avšak počítat s ním lze až po ukončení jejich životnosti, tedy převážně v další dekádě.

S ohledem na tento časový horizont se víceméně omezuje na prakticky vyzkoušená a poměrně snadno realizovatelná opatření. Diskutuje možnosti některých výrazných změn přístupu k různým oblastem (dopravní, energetická či daňová politika), pohybuje se však v rovině běžně diskutovaných a v jiných zemích aplikovaných postupů. Nepočítá proto s výraznou změnou obecného ekonomického či kulturního kontextu. Připouští tedy například zvýšení energetické efektivity v míře, která byla kalkulována jako realistické maximum ve střednědobé perspektivě, nikoli však třeba úplnou náhradu dnešní architektury v nové bytové výstavbě dřevěnými domy.

Zdroje potenciálu: studie zkoumá nejrůznější zdroje možného snížení, ať již je jím efektivní využívání surovin a produktů, opětovné zpracování, substituce jinými materiály i snížení konečné spotřeby. Důraz přitom klade na hlavní materiálové toky - nezabývá se proto každým okrajovým opatřením, které by mohlo uspořit několik tun surovin ročně.

S několika specifickými výjimkami (například diskuse využití nepálené hlíny v architektuře) nepracuje s možností substituce jinými nerostnými surovinami - například betonových tvárníc cihelnými. Hnutí DUHA je přesvědčeno, že není možné vytlačovat jeden environmentální problém jiným. Náhrada těžby jinou těžbou takovým případem nesporně je.

Pochopitelně mohou být rozdíly mezi environmentálními dopady dobývání různých ložisek a je tedy možné, že právě třeba substituce vápence a štěrkopísku či stavebního kamene (beton) cihlářskou surovinou (cihly) by pozitivní efekt měla. Takový závěr však nelze generalizovat a vyžadoval by proto detailní zkoumání jednotlivých ložisek a dopadů změněných trendů jejich dobývání, což není v možnostech této studie.

Diskutovány rovněž nejsou některé možnosti, které jsou marginální a přitom environmentálně problematické. Například sklo lze využívat jako stavební materiál do různých zásypů či konstrukce silničních vozovek [2]. Objem odpadního skla ovšem není příliš velký a environmentálně výhodnějším způsobem jeho využití je přímá recyklace, která ušetří nejen surovinu - navíc poměrně specifickou, za kterou je obtížné hledat náhradu -, ale rovněž množství energie.

Podrobnost výzkumu: téma studie je skutečně široké. Každý z dílčích problémů by vydal na samostatný výzkum. Míru detailu, do kterého jednotlivé otázky zkoumá, limituje její rozsah a dostupnost dat, respektive předvídatelnost trendů.

Rozsah práce neumožňuje detailně analyzovat jednotlivé problémy. Větší pozornost je proto věnována především hlavním zdrojům (stavební a demoliční odpady, odpady spalovacích procesů aj.), i ty by však mohly být podrobeny podstatně podrobnějšímu výzkumu. Spíše okrajové nebo doposud málo známé problémové okruhy studie prakticky jen otevírá.

Trendy mohou být významně podmíněny rovněž faktory, které surovinová politika neovlivňuje, například bytová výstavba demografickým vývojem a ekonomickou silou domácností.

Podrobnost, v jaké jsou diskutovány srovnatelně významné problémy, proto pochopitelně není vyvážená, a to ani v podobném časovém horizontu. Nelze jednoduše stejně podrobně analyzovat potenciál náhrady primárních surovin recyklovaným stavebním a demoličním odpadem a umělým kamenivem, nemluvě o zvýšení podílu dřeva v architektuře.

Samotný nedostatek, nepřesnost a nevěrohodnost statistických údajů či znalosti trendů také představují významné omezení.

Tyto limity bohužel znamenají, že se výzkum v řadě případů musí omezit na obecná konstatování, málo přesné odhady a příklady.

V některých případech studie nejde do podrobností rovněž proto, že u témat v českých podmínkách poměrně dobře prozkoumaných má větší smysl odkázat na existující výsledky i publikace a omezit diskusi na samotný aspekt spotřeby surovin. Typickým příkladem jsou trendy energetické a dopravní politiky.

Struktura studie

Studie má tři hlavní části.

První část popisuje současný stav a kontext:

- kapitola 3 zkoumá zásoby surovin, jejich těžbu a souvislosti (trendy těžby, export, environmentální dopady)
- kapitola 4 diskutuje spotřebu relevantních stavebních materiálů. Právě zde se významným omezením ukázal být nedostatek dat, který především v případě stavebního kamene a štěrkopísků prakticky znemožňuje analyzovat kvantitativní podíl jednotlivých konečných účelů či sektorů na spotřebě.

Druhá část tvoří jádro studie. Jejím cílem je hrubě zmapovat potenciál úspor vápenců, stavebního kamene a štěrkopísků. Analyzuje také bariéry a meze, které brání realizaci jednotlivých opatření - ekonomické, kulturní (například spotřebitelské návyky a kultura v průmyslu), politické, technické a v neposlední řadě environmentální.

Jsou v zásadě tři způsoby, kterými lze snížit spotřebu té které suroviny: (a) redukovat konečnou potřebu, (b) nahradit ji jiným zdrojem nebo (c) využít odpadů, které vznikají před spotřebováním zdroje (kvůli málo efektivnímu zpracování), či po něm (při likvidaci výrobku, v našem případě nejčastěji stavby).

V našem případě substituentem často není jiná primární surovina, nýbrž recyklace odpadu odlišného původu (převážně průmyslové odpady). V jednom, relativně okrajovém případě (energósádovce), mohou sledované suroviny dokonce být nahrazovány recyklací poněkud atypického produktu využití jedné z nich (vápence), pro zjednodušení a přehlednost jej však zařazujeme mezi substituenty.

Část se tedy dělí do čtyř kapitol, které se postupně zabývají potenciálem:

- efektivního využívání vytěžených primárních surovin (5.)
- recyklace odpadních stavebních hmot (6.)
- substituce neobnovitelných stavebních surovin jinými materiály, minerálními i obnovitelnými (7.)
- snížení konečné spotřeby stavebních materiálů (8.).

Třetí část studie (kapitola 9) shrnuje poznatky do závěrů, které postupně analyzují celkový potenciál náhrady přírodních surovin a shrnují hlavní doporučení.

3. Těžba stavebních surovin v České republice

3.1. Zásoby stavebních surovin

Stavební suroviny představují poměrně široce rozšířený nerostný zdroj. V zásadě tedy - především ve srovnání například s rudami - neexistují dramatické rozdíly v relativní kvantitě zásob mezi jednotlivými, zejména evropskými zeměmi. Rovněž zásoby stavebních surovin v České republice jsou poměrně velké, země je v této oblasti většinou relativně soběstačná.

Přesto se určité rozdíly mezi jednotlivými státy evropského kontinentu projevují. Jsou dány především několika faktory:

- geomorfologickým charakterem území. V nížinných územích, jako je například prakticky celé Nizozemí, přirozeně převažují sedimenty.
- charakterem geologického podkladu. V tomto případě se projevují především rozdíly mezi státy s relativně vysokým podílem vápenců - jako je například Řecko - a ostatními zeměmi, která se odráží v charakteru stavebního kamene.
- využitelností zásob. Reálná využitelnost zásob může být limitována ekonomicky (pro vysoké dopravní náklady se v lokalitách vzdálených od center spotřeby nevyplatí těžit), hustotou osídlení, potřebami ochrany přírody a krajiny či přírodními charakteristikami území - například teoreticky značné zásoby stavebního kamene ve vysokých polohách z technických i ekonomických důvodů často nelze těžit.

Tyto aspekty se projevují v rozdílech mezi Českou republikou a ostatními evropskými státy, stejně jako v odlišnostech mezi regiony v rámci země. Typický příklad představuje vápenec, v některých zemích hlavní stavební surovina tradiční architektury, jinde - například u nás - prakticky doplňkový zdroj, využívaný pouze pro víceméně specializované účely.

Konkrétní objem zásob podléhá určité dynamice, která je podmíněna ekonomickými faktory, environmentálními limity a prioritami rozvoje území. Pro potřeby této studie pracujeme s extrémně optimistickou variantou: do celkového objemu počítáme veškeré geologické zásoby. Kalkulovat alespoň s částí nebilančních zásob teoreticky lze - cena suroviny by teoreticky měla se zmenšujícími se zdroji stoupat - naproti tomu zahrnutí vázaných zásob, využití kterých brání mj. i environmentální ohledy, realistické většinou není.

Na druhé straně je třeba poznamenat, že vypovídací schopnost údaje o objemu zásob je v případě stavebního kamene a štěrkopísků jen omezená, neboť zahrnuje pouze výhradní ložiska. Nevýhradní ložiska se přitom na současné těžbě podílejí nižšími desítkami procent (podrobnější diskusi viz kapitola 3.2.).

Případná kalkulace životnosti je navíc dále komplikována metodickými obtížemi, neboť se mění nejen objem, ale především rychlost jejich odtěžování. Pro potřeby této studie pracujeme s předpokladem tempa těžby odpovídajícího průměru druhé poloviny 90. let (1995-98).

Stavební kámen: je nejrozšířenější stavební surovinou v České republice: významnější ložiska chybí pouze v šesti většinou nížinných okresech [3]. České zásoby jsou odhadovány na zhruba 6,4 miliardy tun, z toho kolem 420 miliónů tun (asi 7 procent) tvoří zásoby nebilanční [4]. Životnost známých zásob za daných předpokladů činí asi 240 let.

Regionální rozmístění ložisek není zcela rovnoměrné. Většina v nich je soustředěna v Českém masívu, zatímco v moravskoslezské části Západních Karpat jsou pouze ojedinělá ložiska. Důvodem zde není pouze malá absolutní rozloha tohoto území, ale rovněž relativně malý počet kvalitních ložisek.

Ložiska vulkanitů jsou soustředěna především v severozápadních Čechách (České středohoří a Doupovské hory), v menší míře rovněž na dalších místech převážně Čech (Podkrkonoší, Českolipsko aj.). Hlubinné vyvěřeliny se soustřeďují v první řadě ve středních, západních a částečně jižních Čechách, Železných horách a na Brněnsku. Regionálně metamorfované horniny, jako jsou ruly, jsou rozloženy v menších celcích distribuovaných víceméně po celém území, především ale v Čechách. Určitý význam mají rovněž usazeniny (droby Nížkého Jeseníku a Drahanské vrchoviny, rovněž okolí Prahy).

Obecně ložiska převažují v členité krajině, chybí naopak v rozsáhlých nížinách, jako je Polabí či moravské úvaly. Zejména s ohledem na geomorfologii české krajiny jsou proto ložiska stavebního kamene obecně podstatně rozšířenější, než je tomu u štěrkopísků. Regiony, ve kterých absentují, jsou navíc relativně malé, a není proto nezbytná substitute: spotřebu lze snadno uspokojit importem ze sousedních území.

Štěrkopísky: geomorfologická charakteristika české krajiny je příčinou obecně menších zásob i více limitovaného rozšíření štěrkopísků.

Celkové zásoby byly stanoveny na asi 4,2 miliardy tun, z toho asi 430 miliónů tun (10%) tvoří nebilanční [5]. Životnost by při průměrné roční těžbě výhradních ložisek kolem 20 miliónů tun mohla činit asi 210 let. Reálně však nelze počítat s výraznějším rozšířením mimo již těžená ložiska. V takovém případě ovšem životnost několiknásobně poklesne. Evidováno je 219 výhradních ložisek [6], co do počtu - nikoli ovšem podílu na těžbě - však převažují nevýhradní.

Ložiska štěrkopísků jsou koncentrována převážně v nížinách, zejména potom v nivách velkých řek. Mezi nejvýznamnější oblasti patří Polabí (nivy Labe a jeho přítoků včetně Dolního Povltaví), jižní Čechy (Lužnice a Nežárka), Pomoraví (úvaly), nivy střední a dolní Dyje a jejích přítoků, stejně jako některá území severní Moravy (Odra, Opava). Obvykle méně kvalitní glacigenní písky se vyskytují zejména v některých regionech severních Čech a severní Moravy.

Vápence: na rozdíl od štěrkopísků a především potom stavebního kamene jsou česká ložiska vápenců omezena pouze na několik poměrně limitovaných regionů.

Celkové zásoby činí 4,9 miliardy tun, z toho 496 miliónů tun (10 procent) nebilanční [7]. Teoretická životnost by se tedy při ročním objemu těžby asi 11 miliónů tun měla pohybovat kolem 450 let. V tomto případě ovšem jakékoli úvahy o životnosti dále komplikuje skutečnost, že vápence nelze chápat jako uniformní jednotku, nýbrž představují několik různých druhů surovin podstatně odlišné kvality, využití i životnosti zásob. Navíc uvažovat s vytěžením zásob, které často tvoří podklad mimořádně cenných přírodních území (Pálava, Český a Moravský kras aj.) je u vápenců zcela nerealistické. Evidováno je 108 ložisek, z toho v současné době těženo 29 [8].

Nejvýznamnější oblastí výskytu vápenců je Barrandien - tedy v zásadě Český kras. Významné zásoby se nacházejí rovněž v několika dalších významných regionech - Moravském krasu, Železných horách, střední Moravě a jižním Slezsku, Pálavě, Pošumaví či podhůří Krkonoš, Jizerských hor a Jeseníků.

3.2. Těžba stavebních surovin

Spotřebu nerostných stavebních materiálů v převážné většině zajišťuje těžba primárních surovin, sekundární zdroje mají spíše marginální význam. Celkový objem domácí těžby je přitom rozhodující pro posouzení environmentálních dopadů, zatímco při analýze možností jejich omezení bude klíčová spotřeba.

V této kapitole proto diskutujeme postavení, trendy a sociální i environmentální kontext těžby i zpracování stavebního kamene, štěrkopísků a vápenců včetně vyvážených surovin. Domácí spotřebou včetně importu se zabývá kapitola následující.

Na spotřebě se rozhodující měrou podílí domácí těžba, zatímco import ji doplňuje pouze několika procenty. Podobně rovněž relativní podíl exportovaných materiálů v celkovém objemu dobývání stavebních surovin v České republice není příliš velký. Příčinou je cena surovin, poměrně nízká ve vztahu k jejich velké masě. Není proto efektivní transportovat vytěžené nerosty na velké vzdálenosti, což potenciál mezinárodního obchodu ve srovnání s kovy, uhlovodíky či průmyslovými surovinami značně limituje. Přesto nelze postavení exportu a importu v bilanci těžby a spotřeby stavebních surovin opominout.

Klíčové stavební suroviny jsou v České republice dobývány výhradně v povrchových těžebnách. Ojedinelé historické hlubinné těžby vápenců představují výjimečný případ a byly podmíněny spíše geologickou situací.

Regionální distribuci těžby ovlivňuje vzájemné působení přírodních podmínek a sociálně ekonomických faktorů. U kovů či palivoenergetických surovin díky jejich relativní vzácnosti a poměrně vysoké ceně převažuje vliv geologických charakteristik. Klíčovou rolí při rozhodování o těžbě proto hraje kvalita ložiska, zatímco význam jeho přístupnosti či dopravní vzdálenosti je spíše marginální. Může se tak stát, že například Spojené státy a Chile produkují zhruba stejné množství - kolem 17% světové produkce každý - mědi, ačkoli jejich podíl na spotřebě tohoto kovu je pochopitelně nesrovnatelný [9].

Naproti tomu u stavebních surovin převažuje vliv sociálně ekonomických podmínek, jako jsou dopravní vzdálenosti či náročnost těžby i přepravy ve vyšších polohách. Těžebny jsou proto koncentrovány nejčastěji v blízkosti center spotřeby či tras zajišťujících levnou dopravu (velké řeky - v našem případě Labe, mořské pobřeží v severoevropských zemích). V české praxi to znamená převažující význam domácí těžby, relativně malý podíl exportu na dobývání a téměř úplnou absenci těžby v horských oblastech.

V rámci České republiky samotné se - s výjimkou právě vysokých poloh - ovšem význam sociálně ekonomických faktorů na rozdíly mezi regiony opět potlačuje, neboť populace a tedy rovněž poptávka je rozmístěna víceméně rovnoměrně. Distribuci těžby tak opět ovlivňují v první řadě přírodní charakteristiky: rozmístění ložisek v území. Zvláště je tento faktor významný zejména v případě nerostů s významněji limitovaným výskytem, ze surovin sledovaných touto studií tedy především u vápence.

Vzdálenost mezi produkcí a spotřebou se postupně zvětšuje. Zatímco tradiční architektura využívala lokálních zdrojů v nejužším slova smyslu, s rozvojem dochází ke

koncentraci těžeben, prodlužování dopravních vzdáleností a unifikaci stavebních technik.

Přesto vzdálenost center spotřeby zůstává kvůli relativně krátkým rentabilním dopravním vzdálenostem nadále vedle přirozeného rozložení ložisek klíčovým faktorem ovlivňujícím těžbu. Zvláštní roli přitom hrají rozsáhlé, materiálově mimořádně náročné stavby, které významně zvyšují poptávku po stavebních surovinách v regionu, například dálnice. Výstavba zpracovatelských závodů - především cementáren a vápenek - potom vytváří interaktivní efekt, neboť je na větší ložiska zpracovávané suroviny vázána, na druhé straně ovšem jejich vybudování posléze vede k intenzivní exploataci zdroje.

Naproti tomu minimální vliv na současnou distribuci těžeben měly environmentální limity. Minimálně se na nich například projevuje existence chráněných krajinných oblastí: lomy a pískovny byly většinou otevřeny před vznikem CHKO, respektive v době před rokem 1992, kdy jejich ochranný režim byl pouze velmi slabý. Ohledy na zájmy ochrany přírody proto hrály významnější roli pouze u maloplošných chráněných území, neboť nejvýznamnější z nich většinou vznikla dříve než CHKO a rovněž míra ochrany byla větší. Tento faktor se alespoň částečně podepsal na absenci těžby v nejcennějších jádrových lokalitách dnešních chráněných krajinných oblastí, například na soliterních kopcích Lounského středohoří, centrálním Karlštejnsku či hlavním hřebeni Pavlovských kopců.

Stávající objem i charakter dobývání vedou k rozsáhlým negativním dopadům na životní prostředí a zejména v případě větších těžeben, kvalitnějších území a větší koncentrace těžby překračují limity únosnosti krajiny. K zajištění jejich respektování bude nezbytné mimo jiné snížit celkový objem využívání zdrojů. V této kapitole se proto zabýváme využíváním domácích zdrojů stavebních surovin a jeho sociálními a environmentálními souvislostmi.

Objem a charakter těžby

Objemy těžby jednotlivých stavebních surovin v České republice jsou v posledních letech víceméně stabilní.

Stavební kámen: těžba stavebního kamene je soustředěna především v severozápadních (České středohoří, Chebsko), jihozápadních (Plzeňsko) a středních Čechách, na severní a střední Moravě. Prakticky s výjimkou rozsáhlejších nížin (Polabí, moravské úvaly, Ostravsko) a vysokých horských poloh se však těžebny ve větší či menší míře nacházejí na celém území.

Těží se nejčastěji kvalitní vyvřelé horniny (70% podíl), v menší míře potom metamorfované (20%) a usazené (10%) [10].

Celkový objem těžby stavebního kamene přesahuje 30 miliónů tun - v roce 1997 činil necelých 33,3 mil. tun. Surovina byla dobývána ve 231 lomech, průměrná roční těžba na jednom ložisku činí přes 140 tis. tun. Výhradní ložiska se v roce 1997 na těžbě podílela 88%, nevýhradní 12 procenty. Objemy dobývání z nevýhradních ložisek bývají podstatně menší než v případě výhradních (přes 160, respektive 80 tis. tun)[11].

Průmyslu v České republice dominuje několik velkých společností, které převážně kontrolují těžebny s velkými objemy dobývané suroviny.

Tab. 1. Deset největších producentů stavebního kamene v roce 1998

Zdroj: kalkulace Hnutí DUHA podle ČBÚ et ZSDNP 1999 [12]

Pozn.: tabulka zahrnuje pouze těžbu samotných firem, nikoli jejich dceřiných společností. Například Spojené štěrkovny a pískovny jsou rovněž 100% vlastníkem firmy Tostein, provozovatele lomu v Olbramovicích, který ročně produkuje dalších téměř 420.000 tun stavebního kamene.

Deset největších producentů se na celkovém objemu dobývaných surovin podílí asi 55 procenty. Vede toho ovšem existuje celá řada drobnějších těžařů, často provozujících jen jediný lom: celkem stavební kámen v České republice těží 95 firem [13]. V řadě případů jde o spíše malé těžebny lokálního významu. V Německu ve dvou třetinách lomů pracuje méně než 10 zaměstnanců [14].

Vytěžený kámen se drtí a na sítích třídí na frakce. Poté je dodáván přímo spotřebiteli (zejména větší projekty) nebo distribučním firmám.

Štěrkopísky: dobývání štěrkopísků se přirozeně koncentruje zejména do niv velkých řek - v Polabí (Labe, Jizera, Ohře, dolní Vltava, Orlice), moravských úvalech (Morava a Dyje), jižních Čechách (Lužnice a Nežárka) aj. S výjimkou několika glacienních ložisek v severních Čechách a na severní Moravě mimo nivy prakticky chybí. Těžba je tedy distribuována podstatně nerovnoměrněji než v případě stavebního kamene.

V roce 1997 činila celková těžba štěrkopísků asi 29,9 miliónů tun. Průměrné množství suroviny vydobyté ročně na jedné z 182 těžeben činilo 165 tis. tun. Nevýhradní ložiska, která počtem převažují (108), se na těžbě podílejí 30 procenty. Těžebny jsou zde totiž podstatně menší: průměrný objem vytěžených štěrkopísků zde však činí jen 164 tis. tun, zatímco na výhradních 285 tis. tun [15]

Ve srovnání se stavebním kamenem je tedy těžba štěrkopísků soustředěna do menšího počtu těžeben. Naproti tomu ale koncentrace vlastnictví je menší: v roce 1998 v této oblasti aktivně podnikalo 116 firem. Podíl deseti největších společností na těžbě je srovnatelný (50%).

Vytěžené písky a štěrkopísky se často perou kvůli odstranění jílovitých částic, síťují, hrubší frakce rovněž někdy drtí. Obchod s nimi je obdobný jako u stavebního kamene.

Tab. 2. Deset největších producentů štěrkopísků v roce 1998

Zdroj: kalkulace Hnutí DUHA podle ČBÚ et ZSDNP 1999 [16]

Pozn.: tabulka zahrnuje pouze těžbu samotných firem, nikoli jejich dceřiných společností.

Vápence: podobně jako v případě štěrkopísků je těžba vápence limitována na poměrně malé regiony, dané geologickými charakteristikami území: nejvíce lomů je soustředěno v Barrandienu (Český kras) a na střední Moravě (Moravský kras, Pomoraví, Hranice), další jsou roztroušeny jinde. Těženo je 29 ze 108 evidovaných ložisek, celkový objem těžby se pohybuje kolem 11 miliónů tun [17].

Těžba vápenců je charakteristická relativně velkými lomy. 60 procent těžeben produkuje více než 200.000 tun suroviny, hranici miliónu tun přesahuje celá desetina z nich [18]. Většina provozovatelů vlastní jen jediný lom - co do počtu těžeben tedy, na rozdíl od stavebního kamene a štěrkopísků, nejsou mezi jednotlivými společnostmi větší rozdíly. Výrazně se ovšem liší objemy těžby. Produkci dominuje několik velkých producentů. Šest společností, které produkují více než 1 milión tun, se na těžbě u nás podílí téměř 80 procenty [19].

Tab. 3. Pět největších a pět nejmenších producentů vápence v roce 1998

Zdroj: kalkulace Hnutí DUHA podle ČBÚ et ZSDNP 1999 [20]

Vápence nelze chápat jako uniformní surovinu, neboť jsou užívány k poměrně širokému spektru účelů, částečně v závislosti na kvalitě (obsahu CaCO_3). Konečnou spotřebu diskutujeme v kapitole 4.2. Největší část vytěžených vápenců je využívána k výrobě stavebních hmot - vápna a cementu.

V České republice je nyní v provozu šest cementáren a sedm vápenek [21]. Situovány jsou obvykle v bezprostřední blízkosti velkých lomů (například Čertovy schody, Čížkovice, Prachovice, Velké Hydčice, Mokrá). V oboru došlo během 90. let k poměrně výrazné koncentraci.

Trendy objemů těžby

V objemu těžby došlo po roce 1989 k výraznému a rychlému poklesu, jehož příčinou bylo značné snížení spotřeby. K němu došlo v důsledku kombinace ekonomické deprese, výrazně efektivnějšího chování stavebního průmyslu (šetrnější nakládání s materiály) a dlouhodobější změny orientace ekonomiky, ve které podstatně poklesl význam velkých, materiálově náročných staveb, jako jsou panelová sídliště či velké přehrady. V průběhu dekády množství dobývané suroviny postupně, byť s fluktuacemi, opět stouvalo, nikdy však nedosáhlo úrovně 80. let.

MŽP přitom konstatuje, že v posledních letech opět

„sílí tlak na povolování nových otvírek těžeben stavebních surovin...snaha po nových otvírkách se koncentruje do oblastí, které jsou již stávající těžbou dlouhodobě postiženy“ [22].

Rovněž dlouhodobě můžeme sledovat zřetelný růst těžby. Propad po roce 1989, způsobený úplnou změnou ekonomických podmínek, jež se odrazila rovněž na poptávce, je poněkud pozměňuje. Nicméně je evidentní shodný trend, který byl pouze krátkodobě narušen.

Nadále je ovšem těžba primárních surovin ve výrazné míře ovlivněna jednotlivými záměry či ekonomickými trendy, ať již v celostátním měřítku, nebo regionálně. Například diskutovaný projekt nové cementárny u Tmaně by zvýšil celkovou těžbu vápenců v zemi o více než 10 procent. Podobně zásadní roli pro objem těžby stavebního kamene může místně hrát výstavba dálnic. Například zařazení tahu D3 (Praha-České Budějovice-státní hranice) do programu výstavby dopravních sítí povede pravděpodobně k otvírce nových ložisek v regionu.

Celkový objem těžby v příštích letech bude záviset především na trendech ve stavebnictví, ovlivněných obecným vývojem ekonomiky i jednotlivými rozsáhlejšími projekty. Ke konkrétním kalkulacím je třeba přistupovat s určitou opatrností: například odhad ministerstva průmyslu a obchodu, který předpokládal po roce 2000 domácí spotřebu cementu kolem 530-550 kg/obyvatele, tedy 5,8-6,0 mil. tun [23], se evidentně nevyplňuje - ostatně názor producentů byl již dříve podstatně střízlivější - asi 450 kg/obv. [24] a nemění se [25].

Export

Export stavebních surovin a prvovýrobků zaznamenal na začátku 90. let prudký růst. Změna byla skutečně dramatická: absolutní objem vyvážených materiálů se v jednotlivých

případech zvýšil na mnohonásobek. Extrémní případy představují stavební kámen, jehož vývoz byl v roce 1994 ve srovnání s rokem 1989 osmnáctinásobný, a cement, u kterého došlo k růstu na dvacetinásobek. Významně však narostl i export některých jiných materiálů (štěrkopísky, surový vápenec).

Reálný podíl tohoto exportu na spotřebě však až na výjimky nebyl v celostátním kontextu příliš velký. Objem vývozu do roku 1989 byl natolik nízký, že ani mnohonásobné zvýšení se příliš nepromítlo do celkového objemu těžby a podílelo se na něm zhruba 10 procenty. Ačkoli vzrostl jeho relativní význam, nikdy nepředstavoval faktor rozhodující měrou determinující objemy a trendy těžby.

Výjimku představuje cement, u kterého objem exportu dosáhl značných relativních hodnot, v absolutním měřítku přesáhl pokles výroby: rozdíl exportů v letech 1989-94 činí 1,9 mil. tun, zatímco celková výroba pro domácí potřebu i vývoz klesla o 1,5 miliónu [26]. V roce 1992, kdy export kulminoval, se na české výrobě cementu podílel 38 procenty [27].

Zhruba od roku 1993 objem exportu jednotlivých materiálů postupně klesá. V roce 1997 činil podíl vývozu na celkové těžbě stavebního kamene a štěrkopísků z vyhrazených i nevyhrazených ložisek asi 1,3 procenta. Dochází ovšem k určitým meziročním fluktuacím - například v roce 1998 vývoz těchto dvou komodit stoupl oproti normálu předchozích několika let zhruba na dvojnásobek díky masivnímu vývozu do Polska. Export cementu se v posledních letech pohybuje nad 20% produkce [28]. Poměrně vysoký podíl exportu se udržuje rovněž u vápna, kde činí asi 15 procent [29].

Na druhé straně je ale pokles nesrovnatelně pomalejší, než byl růst začátkem 90. let, a množství vyvážených materiálů ještě zdaleka nedosáhlo hodnot, na kterých se pohybovalo před skokem v letech 1990-92. Ty však zřejmě byly nepřírozeně nízké a v časovém horizontu sledovaném touto studií - tj. asi do roku 2010 - se na ně zřejmě ani nevrátí, již jen působením přirozené regionální výměny v pohraničních oblastech, která bude zřejmě existovat i v budoucnu, byť pravděpodobně s vyrovnanější bilancí.

Faktem ovšem zůstává, že export hraje v celkové bilanci těžby v České republice spíše marginální roli. Výjimku představují cementářské vápence.

Podstatnější než absolutní hodnoty je ovšem pro analýzu exportních trendů jejich regionální distribuce. Vývoz se dramaticky zvýšil především z ložisek v pohraničních okresech a podél Labe a dolní Vltavy. Došlo tak k tomu, že v těchto regionech - typickým příkladem je chráněná krajinná oblast České středohoří - byl pokles těžby podstatně nižší než jinde a v některých k nim ani nedošlo [30]. Jev opačný k celostátním trendům - nárůst těžby - byl zaznamenán především v okrese Jindřichův Hradec [31].

Příčinou jsou malé dopravní vzdálenosti, které umožnily udržet mimořádně nízkou cenu, podstatně nižší než u suroviny z domácích německých a rakouských zdrojů. Levná lodní doprava po velkých vodních tocích tento pohraniční efekt prodloužila po Labi a Vltavě do vnitrozemí.

Vývozem se producenti snažili využít výhody výrazně levné suroviny a boomu stavebního trhu v nových německých spolkových zemích k vyrovnání poklesu domácí poptávky. Někteří producenti dokonce na exportu založili svoji investiční strategii. Například britská společnost Wimpey privatizovala podnik Severokámen, dominující produkci kameniva v severních Čechách (později jej převzal rovněž britský Tarmac), s explicitním cílem opřít podnikatelský záměr o export do Německa [32]. Podobně Heidelberger Zement plánoval stavbu nové cementárny v Českém krasu s tím, že třetina produkce bude určena na vývoz [33].

Sociální význam

V těžbě stavebního kamene, štěrkopísků a vápenců pracuje téměř 4.600 lidí [34], na zaměstnanosti se tedy podílí asi 0,1 procenta [35]. Jde o zhruba 6,2% celkového počtu lidí zaměstnaných u nás v těžbě nerostných surovin [36].

V důsledku propadu těžby došlo na začátku 90. let k výraznému snížení počtu zaměstnanců. Struktura zaměstnanosti se liší podle toho, zda jde o dobývání primární suroviny, nebo zpracovatelský provoz. Jednotlivé těžebny zaměstnávají obvykle relativně malý počet lidí, jsou široce distribuovány a obvykle představují rurální pracovní příležitosti, často v malých obcích. Snad s výjimkou největších lomů tedy obvykle nejsou rozhodujícím zaměstnavatelem v příslušné obci. Naproti tomu cementárny a vápenky obvykle představují průmyslové provozy koncentrující na jednom místě relativně velký počet pracovních míst.

3.3. Environmentální limity těžby stavebních surovin

Těžba nerostných surovin je činnost, která svým charakterem značně negativně ovlivňuje životní prostředí. Úplně mění původní charakter území, vyžaduje masivní přesuny hornin a jejich ukládání, často přináší negativní environmentální vlivy převážně lokálního charakteru od kontaminace toxickými látkami až po prašnost.

Dobývání stavebních surovin v České republice není výjimkou. Vedle uhlí jde o nejvýznamnější skupinu nerostných surovin těžených v zemi. Celková těžba nerud, mezi kterými touto studií sledované suroviny - tedy stavební kámen, štěrkopísky a vápence - výrazně dominují, svým objemem mírně překračuje dobývání hnědého a černého uhlí i lignitu dohromady [37].

Ve srovnání s uhlím je negativní efekt těžby stavebních surovin poněkud omezen širokou distribucí ložisek v území, takže nedochází k projevům extrémní koncentrace rozsáhlých těžeben, jež se projevuje především v Podkrušnohoří. Nicméně i zde v některých případech k výraznější koncentraci zejména lomů dochází: nejproblémovější případy u nás představují České středohoří a Český kras.

Nejvýznamnější environmentální dopady těžby stavebních surovin u nás jsou zásahy do krajinného rázu, likvidace hodnotných přírodních lokalit, změny vodního režimu a mikroklimatu, otřesy, hluchost, prašnost, zatížení nákladní automobilovou dopravou a ukládání odpadů.

Změna krajinného rázu: především těžba stavebního kamene a vápenců vede k výrazné změně krajinného rázu. Zvláště intenzivní je tento projev v případě kame-nolomů na víceméně soliterních morfologických elevacích, častých především v severních Čechách. Prakticky zcela odtěženy tak byly kopce Vršetín a Tachov, původní plán těžby předpokládal obdobný osud rovněž v případě Tlustce či Maršovického vrchu.

Ovšem i těžebny, které nezpůsobí přeměnu osamělého vrchu v terénní vlnu, často představují významný zásah do krajinného rázu. Převážně členitý reliéf české krajiny vede ke konstrukci stěnových lomů, jež sice nemusí likvidovat elevaci jako celek, nicméně jsou rovněž značně pohledově exponované. Vyšší objem dobývání a s ním korespondující velikost těžebny, typický, zdaleka však ne výlučný, například

pro řadu vápencových lomů, tento problém násobí; stejně jako koncentrace několika velkých provozů na malé ploše (například v Libochovanské kotlině na Litoměřicku).

Zábor území: těžba představuje značný zábor území a úplnou změnu jeho původní funkce. Dochází tak ke ztrátám zemědělské půdy, lesních porostů i cenných přírodních lokalit, dochovaných přirozených společenstev a stanovišť ohrožených druhů rostlin a živočichů.

Zvláště citelné jsou zásahy v chráněných krajinných oblastech. Těžbou jsou likvidovány mimořádně hodnotné plochy vápencových území Českého a Moravského krasu, teplomilné biotopy Českého středohoří a říční nivy Třeboňska či Litovelského Pomoraví. Například na kopci Trabice (České středohoří) jsou odtěžována stanoviště 7 druhů živočichů [38] a několika druhů rostlin chráněných zákonem [39], včetně některých klasifikovaných jako silně ohrožené.

Zábor cenných přírodních lokalit těžbou se však neomezuje na území chráněných krajinných oblastí. Například připravovaná těžba štěrkopísků v Nedakonicích na Uherkohradištsku povede k likvidaci více než 8 ha hodnotného lužního lesa [40], kopec Tlustec, postupně odtěžovaný čedičovým lomem Brniště, pokrývají bučiny s přirozenou druhovou skladbou a výskytem ohrožených druhů [41].

Často těžba ničí prvky územního systému ekologické stability či zasahuje do lesních porostů. K dalšímu poškození ekosystémů vedou změny mikroklimatu, stejně jako vodního režimu, především při dobývání štěrkopísků v říčních nivách. V opuštěných těžebnách vznikají nelegální skládky.

Naproti tomu ovšem malé lokální těžebny, zejména pískovny v homogenní krajině zemědělských monokultur, mohou po ukončení práce představovat pozitivní prvek, zvyšující biologickou diverzitu území. Předpokládá to ovšem vyhnout se při cenným územím a udržet velmi limitovaný plošný rozsah těžebny.

Zpracování a transport suroviny: těžba a primární zpracování suroviny často nepříznivě ovlivňuje okolní obce. Otřesy po lomových odstřelech poškozují budovy. Život obyvatel ovlivňují ztráty pitné vody v důsledku změny hydrologického režimu. Obce jsou vystaveny prašnosti a hluku z drčení a manipulace se surovinou. Podobný problém v řadě případů představují emise znečišťujících látek, hlučnost, otřesy a zatížení lokálních komunikací přepravou vytěžené suroviny v nákladních automobilech.

Odpady těžby: při těžbě i zpracování stavebního kamene a vápenců vzniká značné množství odpadů (skrývka, výsivky), které jsou deponovány na výklizech a odvalech. Ty zabírají další plochu a představují nezanedbatelný zásah do krajinného rázu i další zdroj prašnosti.

Sekundární zpracování: zpracování surovin na prvovýrobky v cementárnách a vápenkách znamená další environmentální problémy. Negativa představuje především skutečnost, že tyto zdroje jsou velkým bodovým zdrojem emisí prašnosti a nejrůznějších polutantů. Navrhovaná cementárna u Tmaně by v případě své realizace vypouštěla až 2480 tun NO_x ročně, tedy množství odpovídající v době přípravy asi pětině emisí stacionárních zdrojů v celé Praze [42]. Tyto závody jsou také významným zdrojem oxidu uhličitého, hlavního skleníkového plynu: české cementárny emitují v průměru kolem 350 kg CO_2 na každou tunu produkce [43].

Významný je ovšem rovněž zábor území průmyslovým objektem a zásah do krajinného rázu - tyto provozy většinou stojí v bezprostředním sousedství vápencových lomů a tedy mimo intravillány měst.

Omezení environmentálních dopadů

Surovinová politika, přijatá vládou v prosinci 1999, deklaruje, že „*respektování limitů území*“ by mělo získat postavení „*rozhodujícího faktoru pro čerpání prvotních zdrojů*“ [44].

K omezení negativních environmentálních dopadů těžby je nezbytné zejména

- snížení celkového objemu těžby
- eliminace těžeb v cennějších lokalitách
- zmenšení těžeben a taková jejich distribuce, aby dobývání respektovalo limity únosnosti krajiny
- využití takových technologií rozpojování horniny, drcení, manipulace se surovinou včetně přepravy a sekundárního zpracování, které na minimum omezí negativní environmentální dopady na okolní obce.

Tato studie se zabývá možnostmi, které skýtají alternativy k těžbě primárních surovin, tedy potenciálem omezování těžby, nikoli změny charakteru či postupů dobývání a zpracování nerostů.

4. Spotřeba stavebních surovin

Primární stavební suroviny jsou využívány ke třem účelům:

- přímá spotřeba ve stavebnictví. K celé řadě aplikací ve stavebnictví jsou využívány přímo přírodní suroviny, upravené pouze drcením či praním. Převažuje zde stavební kámen a štěrkopísky, zatímco kusové vápence zůstávají jen víceméně okrajové.
- spotřeba pro výrobu stavebních hmot. Mleté vápence slouží jako surovina pro výrobu vápna, cementu (které je potom samy využívány k výrobě jiných hmot - betonu, malt, některých stavebních prvků aj.) a maltových směsí; štěrkopísky do maltových směsí, betonu, lehkých betonů, vápenopískových cihel a jako ostřívo v cihlářské výrobě; stavební kámen je rovněž plnivem do betonu.
- spotřeba pro jiné než stavební účely. Především mleté vápence jsou využívány k širokému spektru účelů: při odsiřování a jiném čištění (biologické filtry čističek odpadních vod) v chemickém a potravinářském průmyslu, sklářství, ke hnojení v zemědělství aj. V biologických filtrech bývá užíváno rovněž drcené kamenivo (čedič). Domácí zdroje jsou přitom doplňovány řadou různých sekundárních surovin a importem.

Spotřeba stavebních surovin respektující limity únosnosti těžby musí vést ke snížení celkové poptávky po surovinách i zvýšení podílu sekundárních zdrojů. K tomu nemůže dojít bez cílených opatření zaměřená na ty produkty a sektory, které se na spotřebě významnější měrou podílejí. V kapitole 4 proto analyzujeme, kde jsou tyto suroviny v ekonomice využívány.

Tab. 4. Spotřeba vybraných stavebních materiálů v České republice (1997, mil. tun)

Zdroje: Svaz výrobců cementu a vápna Čech, Moravy a Slezska, Geimrich et al., Šeděnka [45]

Pozn.: údaje pro vápenec, cement a vápno nelze sčítat, neboť spotřeba vápenců zahrnuje i surovinu využívanou pro výrobu obou stavebních hmot. Uváděny jsou pouze jako ilustrativní.

4.1. Stavební kámen a štěrkopísky

Stavební kámen a štěrkopísky se v řadě aplikací mohou vzájemně zastupovat, je proto vhodnější s nimi pracovat jako s jednou kategorií. V roce 1997 česká ekonomika spotřebovala necelých 65 miliónů tun těchto dvou surovin. Asi 3,7 procenty se na tomto objemu podílel import [46].

Využití obou surovin pro konkrétní účely je limitováno jejich vlastnostmi: zrnitostí, tvarem zrn a hodnotami řady kvalit (například mrazuvzdornost, mechanické a chemické vlastnosti). Charakteristiky vyžadované pro určité účely se liší, zejména podle náročnosti: nároky na mechanickou kvalitu kameniva pro kolejové lože vysokorychlostní železnice jsou vyšší, než je tomu v případě regionální tratě, podobně jako je rozdíl mezi požadavky na pláň pod stavbou supermarketu a kamenivo do asfaltového krytu dálnice.

Způsob využití stavebního kamene a štěrkopísků

Drcený stavební kámen i štěrkopísky jsou užívány převážně ve stavebnictví. Aplikace jsou dvojího typu: přímé, nebo nepřímé, k výrobě stavebních hmot, nejčastěji betonu. Jejich spotřebu detailně diskutujeme individuálně v kapitole 4.3., zde jsou uvažovány pouze tehdy, žádá-li si to přehlednost analýzy.

Data o spotřebě stavebního kamene a štěrkopísků k jednotlivým účelům v České republice neexistují. Materiálové toky lze proto jen velmi hrubě odhadovat. Nelze rovněž jednoznačně rozlišit účely, pro které jsou využívány štěrkopísky, a jiné, specifické pro stavební kámen. Obě suroviny se v řadě případů mohou substituovat. Některé aplikace však výlučně víceméně jsou, navíc u řady dalších je jedna surovina pro své vlastnosti preferována.

Přes nedostatek dat je zřejmé, že významná část stavebního kameniva a štěrkopísků je spotřebována na rekonstrukce a výstavbu silničních a dálničních komunikací - zejména ovšem tehdy, bereme-li v úvahu nestmelené kamenivo i různé stavební hmoty (beton a živičné směsi). Výrazně při tom převažuje výstavba dálnic a rychlostních silnic. Realizace existujícího programu výstavby dálnic by měla znamenat spotřebu asi 2,5 miliónu tun stavebního kamene či štěrkopísků ročně. Otázkou ovšem zůstává, nakolik je tento údaj přesný a zda plánované tempo výstavby, ze kterého byl kalkulován, lze považovat za realistické. Podrobněji tento údaj diskutujeme v kapitole 8. Stojí přitom za pozornost srovnání s asi 20% podílem výstavby dopravní infrastruktury na spotřebě cementu. Ve Velké Británii se tento sektor podílí na veškeré spotřebě kameniva (včetně plniva do betonu) 15 procenty [47].

Nestmelené, surové štěrkopísky a stavební kámen jsou při výstavbě a údržbě silničních komunikací využívány především pro podložní vrstvy či podsypy, popřípadě zpevňování krajnic. Může jít o součást tělesa silnice či dálnice i například podložní vrstvy s komunikacemi souvisejících ploch, jako jsou parkoviště.

Podobně je množství štěrkopísků a stavebního kamene využíváno v železnicích: v kolejovém loži i železničním spodku. Ačkoli zcela nové železniční komunikace nejsou budovány, spotřeba na občasné rekonstrukce a především modernizaci (výstavbu železničních koridorů) je poměrně značná. Blíže tento problém diskutujeme v kapitole 6.2.

Vedle toho jsou nezpracované štěrkopísky a stavební kámen využívány na pláne nejruznějších staveb (například supermarkety, čerpací stanice aj), na podklady a spáry dlážděných povrchů, nezpevněné cesty či podložní vrstvy vnitřních komunikací, dvorů, průmyslových podlah, sportovních ploch, chodníků, cyklistických stezek. Tvoří různé zásypy, obsypy vedení, drenážní a filtrační vrstvy, základku vydobytých důlních prostor, izolační a krycí vrstvy na skládkách, dilatační vrstvy či posypy, slouží k povrchovým úpravám fasád budov. Užívány jsou k zimní údržbě vozovek.

Především větší kusy lomového kamene bývají využívány ke zpevnování břehů a hrází řek a jiných vodních toků. Podobný strukturní účel hraje kámen při zajišťování zemních svahů či v ochraně příkopů.

4.2. Vápence

Celková spotřeba vápenců a korekčních cementářských surovin v České republice dosáhla v roce 1998 celkem 11,4 mil. tun suroviny. Mírně tedy přesáhla domácí produkci (101,9%). [48] Tuto bilanci ovšem zcela mění podstatně vyšší export zpracovaných vápenců ve formě cementu a vápna - mezinárodní obchod s primární surovinou je ve skutečnosti jen minimální. Vápence jsou využívány k širokému spektru účelů. Statistická data jsou v tomto případě podstatně kvalitnější než u stavebního kamene a štěrkopísků, přesto v nich zůstává řada nepřesností. Podle názoru Hnutí DUHA je proto nezbytné je brát s rezervou.

Vápence ovšem nepředstavují jednotnou kategorii. Surovina, ve které obsah CaCO_3 přesahuje 96% (vysokoprocentní vápence) je využívána především k výrobě kvalitních vápen, k odsiřování a v řadě průmyslových odvětví (metalurgie, potravinářský, sklářský, chemický průmysl aj.). Vápence s nižším podílem karbonátů slouží nejčastěji k produkci cementu, horších vápen, k odsiřování a v zemědělství či lesnictví.

Rozdílné chemické složení přitom není jen důsledkem geologických charakteristik ložiska nebo jeho části. Významně jej podmiňuje rovněž mletí - jako cementářské musí být využívány rovněž drobnější frakce (podsítné) vysokoprocentních vápenců. Rozdělení přitom záleží na mletí.

Největší podíl na spotřebě vytěžených vápenců má výroba stavebních hmot (cementu a vápna). Přesná data neexistují především proto, že řada jejich producentů využívá vlastní zdroje suroviny a je tedy obtížné sestavovat statistiky. Lze však odhadnout, že ve výrobě stavebních hmot končí kolem 20% vysokoprocentních a 80% ostatních vápenců [49], tedy téměř polovina celkové těžby těchto surovin. Část z nich (především kvalitnější vápna) ovšem není využívána ve stavebnictví, nýbrž k jiným účelům.

Kolem 12% vápenců bývá spotřebováno v ostatních průmyslových oborech, především hutnictví a chemickém průmyslu (po 4%), významnou roli však hraje rovněž cukrovarnictví, sklářství či výroba keramiky. Kolem 15% činí podíl spotřeby surového vápence v drcené nebo mleté formě ve stavebnictví. Detailní statistické údaje o skutečném osudu těchto surovin neexistují, nejčastěji jsou ale užívány jako drcené kamenivo.

Čtvrtým nejvýznamnějším způsobem spotřeby co do objemu spotřeby primární suroviny je čištění. Surové vápence i jejich produkty jsou využívány k odsiřování spalin v elektrárnách, teplárnách a spalovnách; méně potom v čistírnách odpadních vod, ke stabilizaci kalů z nich a při úpravě pitné a průmyslové vody. Celkem je k různým způsobům čištění využíváno kolem 8,5 procent vápenců a menší množství vápna.

Tab. 5. Spotřeba vápenců a vápna k čištění (tis. tun, 1997)

Zdroj: Gemrich et al. 1999 [50]

Pozn.: k odsiřování jsou využívány převážně mleté vápence, provozovatelé elektráren však surovinu nakupují v kusové formě a mletí zajišťují sami.

Absolutní i relativní spotřeba vápenců na odsiřování se v průběhu devadesátých let prudce zvyšovala. Oproti roku 1997 nyní dosahuje ještě poněkud vyšších hodnot, které již lze považovat za maximum - nyní je namíste očekávat spíše pokles, dojde-li k odstavení jednotlivých bloků tepelných elektráren či omezování jejich výkonu.

Asi 6% se na spotřebě podílí zemědělství, lesnictví a rybníkářství, kde jsou ke změně chemismu půd a vody užívány především méně kvalitní vápence (s podílem karbonátové složky již od 70-75%).

Tato souhrnná data jsou ovšem poněkud zkreslující. Ve skutečnosti využití vápenců k jednotlivým účelům významně ovlivňuje jejich chemické složení. Vysokoprocenní vápence nelze nahradit méně kvalitními, opačná substituce (například využívání suroviny s vysokým podílem CaCO_3 v cementářské výrobě) není vhodná, neboť by docházelo k plýtvání kvalitnější a vzácnější surovinou.

Vápno

Graf 1. Spotřeba vápna podle odvětví (1997)



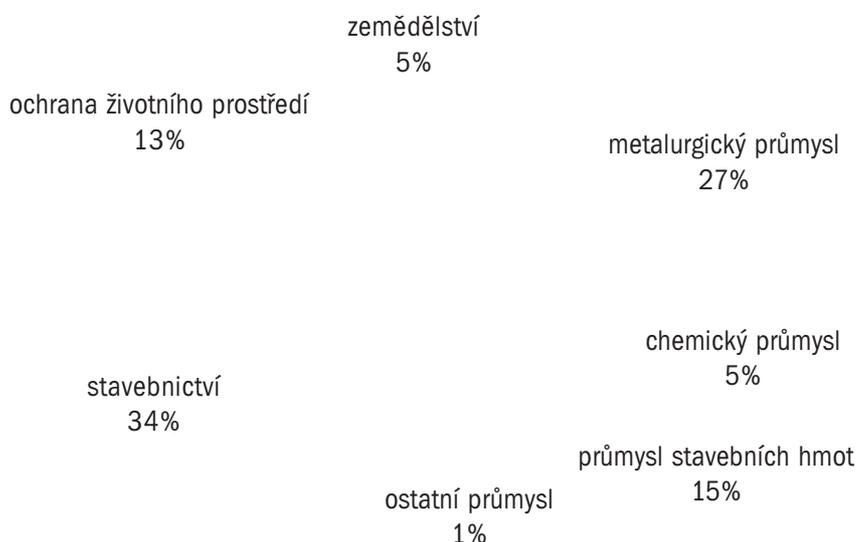
Zdroj: Svaz výrobců cementu a vápna Čech, Moravy a Slezska [51]

Ačkoli původně je především stavební hmotou, bývá rovněž vápno užíváno k celé řadě účelů. Stavebnictví se na spotřebě podílí asi polovinou. Přes 30 procent celkové spotřeby představuje přímé využití vápna - především na povrchové nátěry a do nejrůznějších malt. Druh dodávaného materiálu se postupně mění: tradiční nehašené vápno, které se hasilo až na stavbě, postupně nahrazuje suchý vápenný hydrát. Dalšími asi 15% se podílí průmysl stavebních hmot, kde je vápno využíváno k výrobě maltových směsí, vápenopískových a vápenostruskových cihel, lehkých betonů aj.

Zhruba čtvrtinu tvoří spotřeba vápna jako suroviny v metalurgii. Čištění - převážně čističky odpadních vod, v menší míře rovněž odsiřování - využije asi o polovinu méně. Různá průmyslová odvětví (chemický, cukrovarnictví, kde je vápno využíváno k saturaci cukerných šťáv, aj.) dohromady spotřebují přes 6 procent, zemědělství mírně přes 5 procent.

Cement

Graf 2. Spotřeba cementu podle odvětví (1997)



Zdroj: Svaz výrobců cementu a vápna Čech, Moravy a Slezska [52]

Různé druhy cementů, mezi kterými výrazně dominuje cement portlandský, představují nejrozšířenější a nejčastěji používaná pojiva ve stavebnictví. Užívány jsou především k výrobě malt a betonů. Na rozdíl od vápna, vyráběného pouze pálením vápenců, je k produkci cementu nezbytných více surovin. Převažují mezi nimi samotné vápence, doplňované ovšem korekčními surovinami, jež upravují vlastnosti základní suroviny. Větší část cementu je využívána k průmyslové výrobě stavebních hmot, zbytek potom drobnými staviteli k svépomocné produkci.

Rozdělení spotřeby cementu mezi jednotlivé druhy stavebních aktivit do jisté míry rovněž vypovídá o využití betonu - a tedy rovněž té části dalších betonářských surovin, jež je k produkci betonu užívána (podrobněji tuto otázku diskutujeme v kapitole 4.3.).

Na rekonstrukce (údržbu a opravy) všech druhů staveb je využíváno kolem 13% cementu, zatímco zbytek končí v nových stavbách. Mezi nimi převažuje výstavba budov,

převážně nebytových: obytné budovy tvoří pouhých 7% celkové spotřeby cementu, zatímco průmyslové téměř pětinu. Cement je při výstavbě budov užíván v různých stavebních hmotách - betonu (čerstvém i jako součást betonových prefabrikátů) a v menší míře rovněž maltách.

Téměř 40% připadá na inženýrské stavby. Mírně zde převažuje dopravní infrastruktura a související povrchy typu například parkovišť (dohromady 22%), kde je cement využíván do betonových prvků (například kryt cementobetonových vozovek, mosty aj.) a ke stabilizaci zemin.

4.3. Stavební hmoty

Beton

Beton je díky svým mimořádným vlastnostem poměrně univerzální stavební hmota. Vyráběn je z cementu, vody a kameniva, může obsahovat rovněž různé příměsi, doplňované s cílem zlepšit některé konkrétní vlastnosti.

V České republice je ročně vyráběno kolem 3,9 miliónu m³ betonu [53]. Spotřeba cementu k jeho výrobě se pohybuje kolem 1,2 miliónu tun cementu a 12,6 miliónu tun kameniva [54].

Jako kamenivo pro výrobu betonu mohou být užívány nejčastěji štěrkopísky, stavební kámen či umělá kameniva.

Štěrkopísky díky charakteru zrn (zakulacené oblázky namísto hranaté drtě) dávají kvalitnější beton než stavební kámen. Umělá kameniva, vyráběná z jílu nebo z odpadů, se užívají k především výrobě lehkých betonů. Použité kamenivo je omezeno nezbytným obsahem více frakcí, potřebou použít rovněž drobné frakce a variabilní maximální velikostí zrna.

Optimální dávka (a druh) cementu, který v betonu představuje pojivo, se mění v závislosti na požadované kvalitě výsledné stavební hmoty. Množství cementu v betonu se pohybuje mezi 200 kg/m³ (prostý beton) až 550 kg/m³ (extrémně pevné betony), krychlový metr železobetonu by měl obsahovat alespoň 240 kg [55]. Průměrná spotřeba se cementu u nás pohybuje kolem 320 kg/m³ betonu [56].

Nelze proto ze spotřeby cementu na jednotlivé druhy staveb lineárně usuzovat na rozložení využití betonu, respektive té části štěrkopísku a stavebního kamene, která je k výrobě betonu užívána, mezi ně. Například hydraulické stavby (nejrůznější vodohospodářské projekty, jímky apod.) se na celkové spotřebě cementu podílejí 7 procenty, ovšem protože minimální dávka cementu v betonu pro vodní stavby je poměrně vysoká (400 kg/m³), potřeba kameniva je relativně nižší - nikoli ani tak proto, že by jej cement vytlačoval v absolutním objemu, nýbrž díky změně poměru pojiva a plniva.

Přesto data o spotřebě cementu, jež jsou - přes jistou rezervu, se kterou by k nim mělo být přistupováno - podstatně přesnější než jakýkoli údaj o rozdělení spotřeby štěrkopísku a stavebního kamene a poskytují o něm proto základní představu. Další komplikaci, která ji dále znehodnocuje, ovšem představuje skutečnost, že není znám podíl výroby betonu na celkové spotřebě kameniva.

K mísení jednotlivých složek betonu jsou převážně užívány motorové míchačky různé velikosti. Beton se vyrábí přímo na stavbě, nebo v betonárnách.

Beton může být spotřebováván třemi různými způsoby:

- přímo, kdy je ještě čerstvý naléván na místo použití, nejčastěji do bednění
- k výrobě transportovatelných a univerzálněji využitelných prefabrikátů
- k výrobě různých kusových betonových výrobků.

Do nepříliš náročných aplikací je užíván prostý beton, zatímco namáhané části budov tvoří častěji železobeton, popřípadě beton předpjatý. Ke specifickým účelům je potom určen především vozovkový beton, technologicky prakticky odpovídající prostému, a zejména potom některé typy speciálních betonů, například těžké betony odstíhující radioaktivní záření, betony žáruvzdorné, polymerové či polymercementové.

Ve budovách je tento materiál používán do monolitických konstrukcí: základů budov, nejrůznějších nosných prvků (stěny výškových budov, věnce, překlady), výplní, příček, stropů, desek, podkladních vrstev pod podlahy či vrstvy izolací nebo jako předsádkový beton na povrchy konstrukcí. Tvoří také různé zdi, ploty, sokly, protihlukové stěny, úpravy ploch (například vytváření rovných ploch nebo naopak zajišťování potřebného spádu plošných konstrukcí)

Převážně z betonů jsou dnes budovány vodě vystavené konstrukce, tedy zejména různé hráze či přehrady. U betonových vozovek, užívaných především na dálnicích a letištích, tvoří beton svrchní kryt, který přenáší tlak na podkladové vrstvy.

Vedle toho je čerstvý beton nastříkáván na různé povrchy (rekonstrukce betonových i jiných staveb, zpevňování stěn důlních děl), užíván ke kotvení objektů nebo zařízení, nejrůznějším transponázím (ochrana proti průsakům vody či zpevňování podložních zemin), injektážím (opravy trhlin nebo zpevňování hornin), solidifikaci průmyslových odpadů či k žároaplikacím (pokrývání silně ohříváných povrchů průmyslových objektů).

Betonové prefabrikáty jsou převážně různé dílce, panely, sloupky, desky, nosníky, vazníky, překlady aj. Po sestavení nejčastěji tvoří nosné prvky montovaných konstrukcí, ať již jde o budovy či třeba mosty.

Spektrum kusových výrobků z betonu je poměrně široké, patří do něj nejrůznější betonové cihly, tašky, tvárnice, skruže, trouby, žlábků, koryta, obrubníky, dlaždice, desky, panely pro budování provizorních vozovek, sloupky, stožáry, železniční pražce aj.

Lehké betony: specifickou skupinu tvoří tzv. lehké betony s podstatně nižší měrnou hmotností. Odlehčení je v zásadě dosahováno dvěma způsoby: využitím lehčího plniva - organických látek (mineralizované dřevo), umělého kamene vyrobeného z odpadu (popílková umělá kameniva, vodou zpěněná struska, škvára) nebo přírodní suroviny (keramzit, expandit), polystyrenu, cihelné drti či popílku -, nebo pórovitou strukturou samotného betonu (pórobetony, ve kterých je někdy rovněž využíváno popílku).

Ačkoli zde v některých případech není stavební kámen ani šterkopísek vůbec používán, do této bilance patří bezezbytku, neboť pojivo obvykle zůstává nezměněno (cement, někdy nahrazený vápnem).

Tradičně byly užívány nejčastěji do izolačních či výplňových prvků, stále více se však rozšiřují rovněž na nosné aplikace, včetně některých relativně náročných. Adekvátně roste i jejich podíl na trhu.

Malty

Malty jsou stejně jako betony vyráběny z pojiva a plniva. Podle složení se rozdělují do řady druhů, užívaných v různých aplikacích. Tvoří je nejčastěji různé kombinace vápna, cementu, jemného kameniva (převážně štěrkopísků) a sádry, ale i různých umělých materiálů (popílky, umělé kamenivo aj.).

Malty jsou produkovány přímo na staveništi, jako čerstvé vlhké malty nebo ve formě suchých omítkových a maltových směsí. Právě produkce těchto směsí doznala v průběhu 90. let prudkého rozvoje: její objem se zvětšil asi na sedminásobek [57]. Výrobci předpokládají, že po roce 2000 překročí 800 tis. tun a přesáhne tedy původní hodnoty téměř osmkrát [58].

Spektrum účelů malt je poměrně široké - ač se, na rozdíl od například cementu a betonu, až na výjimky omezuje výhradně na stavbu a úpravy budov včetně jejich interiérů. Nejčastěji slouží ke spojování stavebních prvků při zdění a jako ochranná nebo estetická vrstva na vnitřních i vnějších stěnách staveb. Mohou však představovat rovněž spárovací a vyrovnávací tmel, tepelnou izolaci, příčky, podklad pro kladení (lepení) keramiky a dlažeb, surovinu pro výrobu keramických dílců, cihel a tvárnic, lze jimi sanovat vlhké zdivo.

Využití jednotlivých druhů malt se řídí jejich složením a charakteristikami. Často se liší podle náročnosti (vnější a vnitřní omítky, zdění více a méně namáhaného zdiva apod.).

Živičné směsi

Pojivo živičných směsí tvoří přírodní či umělý asfalt nebo dehet. Plnivo představuje stavební kámen, štěrkopísek nebo vápenec. V České republice je ročně vyráběno 4-4,5 miliónu tun za horka obalovaných živičných směsí [59].

Živičné směsi jsou vyráběny v obalovnách, kde je plnivo mícháno s pojivem. Užívány jsou k budování silničních a dálničních vozovek a podobných povrchů (parkoviště, čerpací stanice, chodníky, vnitřní komunikace továren, podlahy průmyslových hal aj.). Rozdělují se do několika skupin podle funkce, kterou v tělese vozovky hrají, jíž odpovídá také složení, respektive kvalita.

Litý asfalt: nejkvalitnější druh živičné směsi, ve kterém plnivo tvoří obvykle stavební kámen nižších frakcí a vápencová kamenná moučka. Používaný je jako kryt vozovky především v namáhaných lokalitách, jako jsou městské ulice.

Asfaltový beton: podobně jako v případě litého asfaltu se plnivo skládá z jemně mletého vápence a stavebního kamene. Stejně tak slouží jako živičný povrch vozovek.

Obalované kamenivo: podstatně méně kvalitní než litý asfalt a asfaltový beton. Plnivo představuje stavební kámen nebo štěrkopísek, oproti předchozím druhům s menším důrazem na kvalitu, a jemně mletý vápenec, kamenivo nebo struska. Obalované kamenivo je užíváno do ložních a podkladových vrstev silnic a dálnic.

Velmi malá množství primárních surovin jsou přidávána rovněž do dalších, v celkové bilanci ovšem i beztak spíše marginálních aplikací asfaltu. Například vápencová moučka může být plnivem v asfaltových hydroizolačních materiálech na střeších budov.

Jiné materiály

Vápenec, respektive stavební hmoty z něj vyrobené, a štěrkopísky jsou v menší míře využívány také k výrobě několika dalších materiálů.

Vápno a jemné frakce štěrkopísků slouží k výrobě vápenopískových cihel a tvárnic, užívaných v méně namáhaných zdech.

K výrobě různých desek, krytin a podobných prvků je využíván cement v kombinaci s organickým, nejčastěji dřevěným plnivem či anorganickými vlákny.

Štěrkopísky slouží jako ostřívo v cihlářském průmyslu.

5. Efektivní využívání surovin

Při těžbě a primárním zpracování surovin i využívání stavebních materiálů vzniká značné množství odpadu. Jeho efektivnější využití by umožnilo snížení spotřeby přírodních surovin.

V této kapitole proto diskutujeme tři oblasti, ve kterých lze změnou způsobu zpracování dosáhnout snížení spotřeby stavebních surovin:

- využívání odpadů z těžby
- redukce a využití odpadu vznikajícího při zpracování (zbytkový beton)
- redukce a využití staveništního odpadu.

5.1. Využívání odpadů ze získávání stavebních surovin

Množství odpadů vzniká již při samotném získávání stavebních surovin. Převážná většina těchto odpadů je k dispozici, neboť přes 90 procent české spotřeby je domácího původu [60].

Jsou dva hlavní zdroje odpadů, využitelných jako substituenty přírodní suroviny:

- skrývka a odklize z těžby
- odpad z drcení a třídění.

Vedle toho dochází v procesu zpracování a dopravy k menším ztrátám, především při transportu a překládání suroviny, které jsou však marginální, v celkové bilanci nehrají významnější roli a pro jejich nepravidelnost je poměrně obtížné jim předcházet.

Dříve řada provozovatelů stavěla u lomů malé drtičky, které zpracovávaly odpadový materiál z těžby bloků a drobný odpad z ruční kamenické výroby. Roční produkce se - při tehdejších objemech těžby - pohybovala kolem 5.000 tun drceného kameniva. Tato praxe se udržela do 50. let, kdy zanikla. V 70. letech byly provedeny pokusy s jejím obnovením na lomech těžících dekorační kámen v žulových oblastech, kvůli nerentabilitě však ztroskotaly. [61].

Skrývka a odklize

Skrývkové a odklizové materiály obvykle končí nevyužitými na odvalech. Jejich kvalita a vlastnosti jsou poměrně variabilní. Často obsahují značné množství přimísených jílovitých částic, které limitují jejich využití mimo samotné lomy maximálně jako podsypové zeminy. V některých případech však jde o relativně kvalitní kamenivo, jindy je nezbytné surovinu práť. Problémy limituje omezení se na využití hrubého drceného kameniva z odvalu.

Ve vápencových lomech se na odvalech hromadí rovněž nezpracovaná surovina, která je získávána jako vedlejší produkt těžby vápenců jiných chemických vlastností a jež aktuálně není využívána, například kvůli poklesu výroby cementu [62].

Přepřepování starších odvalů by umožnilo získání značných množství někdy i poměrně kvalitní suroviny. Konkrétní objemy je obtížné odhadovat, zejména pokud jde o celkový potenciál. V některých lomech se však pohybují řádově v desítkách tisíc tun.

U starších, již zrušených lomů přepřepování vyžaduje dopravit k lomu mobilní drtící linku a odpad předrtit. To je v současných podmínkách limitováno ekonomicky. Lomy, které jsou doposud v provozu, mohou využít vlastních drtiček.

V případě starších odpadů je ovšem vždy nezbytné vážít dopady jejich zpracování. V okolí vápencového velkolomu Čertovy schody v Českém krasu je na odvalech uloženo přes 4 milióny tun převážně využitelné suroviny, část z nich ovšem již byla zalesněna, splývá s okolím a jejich přetěžení by patrně znamenalo nepřijatelný zásah do krajiny [63].

Skrývka z vápencového lomu Čížkovice

Čížkovická cementárna, dceřiná společnost francouzské Lafarge Cement, provozuje cementárnu a vápencový lom v Čížkovicích (okres Litoměřice). S roční těžbou přes 1,3 miliónu tun patří mezi pět nejvýznamnějších společností, těžících v České republice vápenec - na jeho roční těžbě se podílí více než 10 procenty [64]. Surovinu využívá k výrobě cementu a k prodeji na odsiřování.

Na rozdíl od ostatních českých ložisek vápenců Čížkovice neposkytují krystalizovanou krasovou surovinu, nýbrž druhohorní sedimenty. Předností je chemická skladba vápence, který obsahuje 78% CaCO_3 a představuje optimální surovinu pro výrobu cementu, již není nutné míchat s dalšími složkami.

Nad zhruba dvanáctimetrovou vrstvou cementářských vápenců je v lomu Čížkovice asi 6 metrů vysoká vrstva méně kvalitní, asi 65% suroviny. Ta byla dříve skrývána, odkládána a využívána k rekultivaci lomu. [65]

Tento odpadní vápenec je však vhodný k odsiřování fluidních kotlů. Čížkovická cementárna jej proto začala ročně asi 200.000 tun dodávat 1. severozápadní teplárenské pro její teplárnu v Komořanech u Mostu, dalších asi 70.000 tun Energetickému centru Kladno. [66]

Maximální potřeba obou zákazníků by mohla dosáhnout až 320.000 tun vápence. Suroviny vhodné k odsiřování je však k dispozici kolem 400.000 tun - dalších 80-130.000 tun je proto k dispozici jiným potenciálním odběratelům. Postup těžby v lomu Čížkovice se navíc blíží k tektonickému zlomu, na kterém se vrstva méně kvalitních vápenců rozšiřuje. Roční produkce proto během asi pěti let ještě významně vzroste. Navíc by bylo možné využít surovinu z odvalů. [67]

ČEZ relativně nedaleko provozuje dvě elektrárny s fluidními kotli - Tisovou a Ledvice. Nabídka čížkovické suroviny nevyužil, neboť dodávaný vápenec má nevhodnou zrnitost. Tento problém lze technicky vyřešit úpravou mletí, což je však spojeno s nezanedbatelnými náklady. [68]

Využití skrývkových vápenců z Čížkovic přitom může znamenat ještě větší úsporu, než je uvedené množství. Díky většímu specifickému povrchu má tato surovina lepší reaktivitu než kvalitní vysokoprocentní vápence a její spotřeba proto poněkud (konzervativní odhad činí asi 10%) menší, než produkce jiných zdrojů [69].

Odpad ze zpracování suroviny

Množství odpadů vzniká při úpravě stavebního kamene. Tvoří je surovina obsahující jílovité příměsi a prosívky, jemné frakce z drcení. Rovněž jejich charakter (zrnitost, podíl nevyužitelných příměsí) může být poměrně variabilní. Drcené kamenivo, převážně frakce 0-4 mm, tvoří kolem 80 procent těchto odpadů [70].

Podíl těchto odpadů na primární surovině vytěžené v lomech se pohybuje v nižších desítkách procent. Jejich absolutní množství je proto enormní. Podle evidence odpadů Českého ekologického ústavu by objem odpadů z úpravy a dalšího zpracování veškerých nerud měl činit něco přes 500.000 tun. Tento údaj je však patrně podhodnocený. Vavruška odhaduje roční produkci tohoto materiálu na 2,5 miliónu tun, objem odpadů uložených na odvalech na dalších 20 miliónů tun [71].

Prosívkou lze částečně substituovat drobné frakce štěrkopísků v betonu. Zkoušky ukázaly, že může nahradit až 25% písků. Jejich aplikace zvyšuje spotřebu vody na výrobu betonu. [72] Využití je ovšem limitováno mírou znečištění a náklady na jeho odstranění.

Další možnost představuje stabilizace odpadů pojivem (cement, vápno či popílek). Touto možností se v České republice zabývá společnost Lhoist, která zkoumá potenciálně využitelné materiály a jejich vlastnostmi. Zkušenosti ze zahraničí ukazují, že zejména kvalitnější stabilizované odpady mohou substituovat štěrkopísky či drcené kamenivo. V severní Francii je každoročně vyrobeno přes 100.000 tun materiálu Carboprim, vyráběného promísením prosívek s vápnem nebo s vápnem a popílkem, který se takto využívá do méně náročných aplikací typu podloží, podkladních vrstev či povrchu málo namáhaných komunikací [73].

5.2. Zbytkový beton

Při výrobě betonu vzniká odpadní materiál, který se zachycuje na zařízeních (stacionární a pojízdné míchačky, čerpadla, zařízení na výrobu prefabrikátů). Tohoto tzv. zbytkového betonu je poměrně velké množství - v průměru činí kolem 3% denní produkce [74], v České republice tedy vzniká odhadem asi 100.000 m³ tohoto odpadu ročně. Na venkovských betonárnách je obvykle relativní množství zbytkového betonu podstatně menší (asi 1%) než na velkých provozech ve velkoměstech (kolem 4%) [75].

Tradičně byly tyto odpady skládkovány jako stavební odpad. V posledních letech se však rozvíjí řada různých typů zařízení umožňujících recyklaci zbytkového betonu. Odpad je tak prakticky eliminován. Recykluje se zbytkové kamenivo a voda, obsahující kaly.

Zbytkové kamenivo, je-li dokonale omyté, lze při výrobě betonu využívat víceméně bez omezení. Musí však být zajištěno jeho rovnoměrné rozmíchání. Přidáváno bývá do zásobníků s největší frakcí drceného kamene tak, aby nebyly překročeny povolené odchylky zrnitosti. Podíl sušiny z kalové vody, rovněž přidávané do betonu, by neměl přesáhnout 1% kameniva v novém materiálu. [76]

Betonárny, které u nás zbytkový beton recyklují, se na výrobě této stavební hmoty podílejí asi 70 procenty [77]. Množství doposud nevyužívaného zbytkového betonu by proto mohlo činit zhruba 30.000 m³. Ve skutečnosti ale bude tento objem patrně poněkud nižší, neboť mezi zařízení, jež nerecyklují, patří nejčastěji menší betonárny, u kterých lze předpokládat, že mají relativně méně odpadu.

Využití zbytkového betonu brání především ekonomické důvody. Recyklují jej převážně moderní, větší betonárny s perspektivou dlouhé životnosti, které v posledních letech významněji investovaly do rozvoje technologie. Zavedení recyklace u dalších zařízení by nemělo představovat vážnější ekonomický ani technologický problém, až dojde k jejich modernizaci.

5.3. Staveništní odpad

Na staveništích vzniká množství odpadu. Jeho inertní část tvoří zbytky stavebních materiálů a v případě renovací vybourané původní stavební prvky opravované budovy (které zde ve skutečnosti dokonce převažují). Lze rozlišit tři zdroje odpadních stavebních materiálů:

- poškozené a zničené materiály
- nadbytečný materiál dovezený na staveniště, který se nevyplatí opět zpracovat
- meziprodukty a polotovary různým způsobem ztracené při zpracování.

Není nám známo, že by existovala práce odhadující množství staveništních odpadů v České republice. Zdá se však, že může být překvapivě velké: nedávný výzkum ve Velké Británii ukázal, že ztracený materiál by zde ročně pokryl spotřebu surovin pro 9 procent nové bytové výstavby [78].

Nakládání s odpady, které vzniknou, se v mnohém podobá zpracování demoličních odpadů a diskutujeme jej proto v příslušné kapitole (6.1.). Některé postupy, které mohou zvýšit míru a kvalitu jejich využití, jsou pro staveništní odpady specifické. Patří mezi ně například specializované úklidové služby, které zajišťují pravidelné čištění staveniště a recyklaci odpadu a jež se v poslední době rozvíjejí především ve Spojených státech [79]. K efektivitě může významně přispět i samotné promyšlené a dostatečně husté rozmístění kontejnerů na tříděný odpad na staveništi [80].

Z environmentálního hlediska nejvýhodnější je však prevence vzniku těchto odpadů - tedy efektivní nakládání se stavebními materiály.

Staveniště jsou - přinejmenším ve srovnání s jinými pracovními plochami - místa, kde se neklade příliš velký důraz na jemnost a pořádek. Je zde relativně velký chaos a pracuje se hrubě, nutně proto dochází k poškození a směšování materiálů, případně jejich kontaminaci například zeminou. Přitom charakter pracovní činnosti nutí k vytváření určitých zásob, neboť není možné veškerý materiál dovážet bezprostředně před jeho použitím.

Míru, v jaké je použitelný materiál ztracen, proto může významně snížit dobrá organizace práce. Patří sem především efektivní systém a kontrola dovážení materiálu na staveniště, ověřování jeho potřebného množství, minimalizace doby skladování a objemu zásob, výcvik zaměstnanců a kontrola subdodavatelů.

6. Recyklace odpadních stavebních surovin

Kapitola 6 zkoumá potenciál využití odpadních stavebních hmot - tedy recyklaci materiálů, které již byly použity ve stavebnictví. Důvody pro oddělení této skupiny jsou praktické: stavební a demoliční odpady představují specifickou kategorii, odlišnou například od odpadů průmyslových. Podobně jejich využití jako stavebního materiálu je přirozenější, než třeba strusky.

Právě odpadní stavební hmoty jsou nejčastěji diskutovány jako alternativa ke spotřebě primárních surovin. Důvodem je nejpravděpodobněji skutečnost, že se spíše než kterýkoli jiný zdroj blíží konvenční představě o recyklaci odpadu.

Recyklace odpadů přináší dvě pozitiva zároveň: šetří se hodnotná surovina a prostor k likvidaci odpadu, což má v obou případech environmentální i ekonomické implikace.

Stavební a demoliční materiály představují jeden z největších zdrojů odpadu: v roce 1998 tvořily asi 11% všech odpadů. V celkové bilanci odpadů, které je třeba likvidovat, proto patří mezi klíčové položky a při omezování dopadů ukládání odpadů na krajinu - skládkování je vedle opětovného využití prakticky jediným realistickým způsobem nakládání s inertními minerálními odpady - hrají velmi významnou roli.

Z praktických důvodů rozlišujeme kapitulu 6 na dvě části. První se zabývá stavebními a demoličními odpady jako celkem. Ve druhé diskutujeme kamenivo kolejového lože železnic, které teoreticky do této kategorie patří rovněž, představuje však specifickou kategorii, odlišnou místem a způsobem vzniku, charakterem i mírou využití. Analyzujeme zdroje těchto odpadů, způsob, možnosti a potenciál jejich využití i bariéry, které tomu brání.

6.1. Stavební a demoliční odpady

Demoliční a stavební - či přesněji staveništní - odpady představují nejvýznamnější zdroj materiálů, které mohou především stavební kámen a štěrkopísky nahradit.

Zdroje odpadů

Kategorie stavebních a demoličních odpadů je poměrně široká. Při jejím širším pojetí lze identifikovat čtyři hlavní zdroje: terénní úpravy, staveniště, demolice budov a úpravy vozovek.

Terénní úpravy: při terénních úpravách pro stavební účely vzniká množství heterogenních odpadů, mezi kterými převažuje výkopová zemina. Zároveň se ale v tomto typu odpadů může objevovat kámen, vegetace i některé umělé materiály, například beton.

V kategorii stavebních a demoličních odpadů tento typ výrazně převažuje. Je ovšem obtížně zpracovatelný, neboť obsahuje množství materiálů zcela neupotřebitelných nebo použitelných jen pro velmi podřadné účely (především pro jiné terénní úpravy - zasypávání, zarovnávaní) či kontaminovaných. Obvykle proto bývá diskutován samostatně a ze stavebních a demoličních odpadů v užším slova smyslu vyřazován.

Staveniště: Na staveništích vzniká množství nejrůznějších odpadů (viz též 5.3.). Především jde o neupotřebený (nadbytečný), poškozený, různým způsobem kontaminovaný či ztracený materiál, ať již bezprostředně používaný ve stavbách (například beton), nebo různé polotovary (cement). Nejde ovšem výhradně o minerální i jiné (plasty, dřevo,

kovy) stavební materiály, ale rovněž obaly, pracovní nástroje, kontaminanty aj. Studie provedená ve Francii ukázala, že obaly zde tvoří kolem 2% odpadů vznikajících na staveništích, ovšem v případě, že do celku nezapočítáme výkopovou zeminu a jiné odpady z terénních úprav, jejich podíl ještě výrazně stoupne. Převažuje mezi nimi dřevo (42%), kovy (24%) a kartony (22%) [81].

Odpady z demolic: Z různých kategorií stavebního a demoličního odpadu představuje tato skupina tu nejvíce klasickou. Patří sem veškerý odpad, který při demolicích vzniká. Převažují mezi ním strukturní materiály budov, jejichž druh může být různý - v českých podmínkách to nejčastěji bývají cihly, litý beton, betonové prefabrikáty nebo jiné minerální materiály, jen vzácněji dřevo či kovy. Rovněž sem ovšem patří veškerá vedení v domě, jako jsou dráty a vodovody) i vybavení a zařízení interiéru, které nebylo před demolicí odstraněno.

Odpady z úprav silnic: Materiály, které vznikají při demolicích, rekonstrukcích nebo jiných úpravách vozovek silnic a dálnic a podobných ploch (parkoviště) představují poněkud specifickou kategorii. Jejich výhodou je značná čistota, homogennost a prediktabilita složení i množství.

Druhy odpadů

Popsané zdroje předurčují značnou diverzitu odpadů. Ve skutečnosti ovšem v celkovém toku převažují určité typy hmot - například výraznou většinu odpadu z demolic tvoří strukturní materiály budov. Tyto převažující druhy bývají poměrně homogenní a relativně snadno recyklovatelné. Hlavní problém při recyklaci stavebního a demoličního odpadu tedy není jeho roztřídění na řadu individuálních skupin, nýbrž oddělení kontaminovaných a neupotřebitelných materiálů.

Jakkoli je tedy rozlišení podle zdrojů významné, především potom z praktických důvodů, neméně důležitou roli hraje analýza materiálové skladby stavebních a demoličních odpadů. Lze v nich identifikovat několik významnějších skupin

Betony: úlomky betonu vznikají při demolici betonových částí budov, budov, kde je beton převažujícím strukturním materiálem, inženýrských staveb, betonových povrchů vozovek i na staveništích apod. Obvykle bývají relativně čisté a představují významný, poměrně homogenní zdroj.

Do této kategorie patří rovněž železobeton, který představuje poněkud komplikovanější případ. Ovšem rovněž v tomto případě je separace cizorodého prvku - železa - relativně snadná: bloky se drtí a železné pruty se magneticky oddělují.

Cihly: cihly či jiné pálené cihlářské výrobky, jako jsou tašky, tvárnice, tvarovky aj., ať již celé, jejich úlomky nebo drť, vznikají nejčastěji při demolici či rekonstrukcích nejrůznějších budov, v menší míře rovněž na staveništích. V případě, že jde o odpad z větších demolic, mohou být rovněž poměrně čisté, ačkoli se v nich objevuje malta, různá zařízení budov, izolační materiály aj.

Tvoří tak největší část sutě z demolic a rozsáhlejších úprav starších budov, při jejichž výstavbě ještě převažovaly. Při analýze odpadu z asanace několika domů ve Vídni tvořila stavební suť, mezi kterou cihelné zdivo převažovalo, asi 95%, zatímco beton (včetně železobetonu) a dřevo jen asi 2,5% každý [82]. V moderní architektuře posledních desetiletí jsou ovšem cihly často nahrazovány betonem či zcela odlišnými materiály (sklo, kovy), zejména v jiných než obytných budovách.

Pro diskusi o využití je důležité rozlišovat mezi celými nebo jen minimálně poškozenými cihlami či jinými prvky a drtí nebo rozbitými výrobky.

Výkopový materiál: materiály z výkopů a terénních úprav představují zdaleka největší část stavebních a demoličních odpadů: podle evidence odpadů činil v roce 1998 asi 4,9 miliónů tun ročně, tedy okolo 68 procent, tyto údaje jsou však velmi nepřesné (viz diskuse na toto téma níže).

V této kategorii převažují obtížně využitelné materiály, značná je rovněž kontaminace, způsobená spíše hrubým, neselektivním nakládáním s hmotou, než například chemickou kontaminací: často jde prakticky o nerozlišenou směs.

Využití se proto omezuje na relativně podřadné účely (jiné zemní práce, zasypávání apod.), popřípadě jsou využity jen některé, objemově obvykle velmi omezené části tohoto druhu odpadu: kámen lze nadrtit a využít jako přírodní kamenivo.

Pro odlišný původ (jde většinou o přírodní materiály, nikoli umělé odpady) a jiný způsob využití na jedné straně a značný objem, většinou převažující všechny ostatní druhy stavebního a demoličního odpadu dohromady, se obvykle výkopové zeminy do celkové bilance této kategorie nezapočítávají.

Keramika: Materiál, který tvoří jen poměrně malou část odpadu, především z demolic a rekonstrukcí obytných a některých ostatních budov (dlaždice, kachlíky, obkladačky). Může se objevit rovněž na staveništích, ovšem v prakticky zanedbatelném množství (jednotlivé kusy). Podobně jako v případě cihel je důležité rozlišení mezi celými, nepoškozenými výrobky a úlomky.

Sádra: Podobně jako keramika představují sádrové úlomky relativně malý podíl odpadu z demolic a rekonstrukcí budov. Rovněž možnosti jejich využití jsou omezené. Problémem je především častá kontaminace jinými látkami.

Směsi inertních materiálů: při neselektivních demolicích a rekonstrukcích budov často vznikají směsi nejrůznějších inertních materiálů. Nejčastěji se v nich objevuje beton, cihly či cihelná drť, keramika a sádra. Mohou obsahovat rovněž menší, akceptovatelné množství kontaminantů.

Živičné směsi: při demolicích nebo rekonstrukcích silnic a podobných povrchů vznikají úlomky živičných směsí. Plnivo (stavební kámen nebo štěrkopísek) obvykle tvoří kolem 95% hmotnosti, zbytek je pojivo (asfalt). Představují čistý, homogenní, obvykle nekontaminovaný materiál, produkovaný na jednom místě ve velkém množství.

Štěrk: víceméně čistý štěrk může vznikat z podkladových vrstev při rozsáhlejších úpravách či demolicích vozovek. Rovněž v tomto případě jde o homogenní a poměrně čistý materiál, produkovaný ve větším množství na jedné lokalitě.

Materiály kontaminované rizikovými látkami: při demolicích a rekonstrukcích budov mnohdy vznikají inertní materiály, které však obsahují různé toxické látky, nejčastěji azbest. Tyto odpady nelze recyklovat, musí být izolovány a bezpečně uloženy.

Jiné materiály: zanedbatelnou část stavebního a demoličního odpadu tvoří materiály, vyrobené z jiných než stavebních nerostných surovin, ať již čisté nebo kontaminované, či jejich směsi: nejčastěji dřevo, plasty, sklo, papír a kartony, kovy. Rovněž ony jsou často recyklovatelné, pro potřeby této studie ovšem irelevantní. Nebudeme se proto zabývat jejich rozlišením.

Environmentální implikace nakládání s odpady

Stavební a demoliční odpady jsou převážně ukládány na skládky. Tento trend odpovídá osudu většiny odpadů u nás - například tuhého komunálního odpadu je v ČR skládkováno

přes 90 procent [83] - a v tomto případě je ještě násoben nespalitelností minerálních materiálů, které se na této kategorii odpadů podílejí největším dílem. Vedle toho je podle odhadů asi 10 procent stavebních a demoličních odpadů recyklováno.

Ukládání odpadů na skládky s sebou nese dvojí environmentální dopady. Přímým důsledkem jsou větší nároky na skládkovací prostor, které mají více dopadů: zábor území, většinou zemědělské půdy, popřípadě přírodních stanovišť, pro skládky; změnu krajinného rázu, ke které přispívá rovněž nepřírozený vzhled aktivní skládky; prach a hluchnost a konečně znečištění ovzduší při dopravě odpadů na skládky, obvykle prováděné automobily. Inertní minerální odpady se ovšem obvykle nepodílejí na zápachu a kontaminaci okolí skládek toxickými látkami, jež často negativně postihuje především podzemní vody.

Vedle toho má ovšem ukládání stavebních a demoličních odpadů na skládky negativní dopady nepřímé. Ztrácí se tak kvalitní materiál, který by mohl substituovat primární stavební suroviny z lomů, a skládkování tedy přispívá k environmentálním dopadům lomové činnosti. Ty podrobněji diskutujeme v kapitole 3.3.

Tab. 6. Formální klasifikace stavebního a demoličního odpadu

Vedle toho ovšem jistá environmentální negativa přináší rovněž recyklace stavebních a demoličních odpadů. Patří mezi ně především hluk a prach; znečištění ovzduší z dopravy odpadu či provozu drtiček a určité vizuální a estetické dopady (lze je omezit umístěním recyklačních zařízení na krajinářsky málo atraktivní lokalitu).

Tato negativa lze vhodnými opatřeními částečně omezit. Prašnost může být technickými prostředky téměř eliminována, hluk lze redukovat a jeho dopady částečně limitovat umístěním recyklačního zařízení mimo lidská sídla, totéž ovšem platí rovněž pro skládky. Možnost operativně linku lokalizovat ve vhodných místech - především tedy v blízkosti zdroje, například v zastavěných územích - představuje navíc významné ekonomické a částečně i environmentální (redukce dopravních nároků) pozitivum recyklace.

Hnutí DUHA považuje recyklaci stavebních a demoličních odpadů za obecně pozitivní a podporuje její rozšiřování. Je však přesvědčeno, že se tak má dít při vědomí environmentálních implikací a dopady každého konkrétního projektu musí proto být individuálně posuzovány. Pozitiva recyklace nesmí být důvodem pro uskutečnění nepřijatelného konkrétního projektu. Realizace jednotlivých záměrů by měla být projednána s dotčenými obcemi, jejichž kvalifikovaný a informovaný souhlas je podle názoru Hnutí DUHA nezbytný.

Objem produkováných odpadů

Klíčovou otázkou pro posouzení potenciálu substituce primárních zdrojů recyklací stavebních a demoličních odpadů v České republice je objem jejich produkce.

Možnost významnějšího importu odpadů v této studii nepředpokládáme. Právní limity nejsou pro tuto diskusi relevantní. Významnější překážku však představují ekonomická omezení: dovoz odpadů na větší vzdálenosti se nevyplatí, limitovaný příhraniční obchod by celkovou bilanci recyklace příliš nezměnil. Především ale existují environmentální důvody, proč preferovat minimální import (dopravní náročnost se svými environmentálními implikacemi; přesun odpovědnosti za likvidaci odpadů mimo zemi původu; úbytek potenciálně využitelné suroviny v zemi původu a v důsledku toho růst domácí těžby či dokonce dovoz surovin z České republiky).

Z podobných důvodů ovšem nekalkulujeme ani s vývozem. Předpokládáme proto, že množství stavebního a demoličního odpadu dostupného v České republice je identické s objemem jeho domácí produkce.

Otázkou ovšem zůstává, jaký vlastně je skutečný objem této produkce.

Stavební a demoliční odpady nepředstavují uniformní kategorii. Typy materiálů, které jsou mezi ně zahrnovány, se v jednotlivých národních klasifikacích často liší [84].

Můžeme mezi nimi sledovat čtyři skupiny. Dvě - kovy, plasty, dřevo, sádra a další látky, které nemohou zde sledované přírodní suroviny přímo substituovat, a toxické odpady obsahující azbest - nejsou pro tuto kalkulaci relevantní. Jejich množství bývá ovšem poměrně malé.

Daleko významnější je zemina, kameny a vytěžená hlušina, rovněž jako substituenty kvalitnějších surovin obtížně využitelné - snad s výjimkou menších množství písků a kamene, podaří-li se je ovšem dostatečně třídit. Představují největší část stavebních a demoličních odpadů.

Využitelné jsou především materiály ze čtvrté skupiny - většina stavební suti (cihly), beton či živičné směsi. Rozhodující je proto právě jejich objem. Kalkulace míry recyklace obvykle uvažují pouze tuto kategorii, v některých případech navíc bez odpadů z demolice vozovek.

Existují dvě statistická sledování objemu vznikajících odpadů: evidence odpadů Českého ekologického ústavu a údaje sbírané Českým statistickým úřadem. Data ČSÚ jsou podstatně méně přesná, neboť vycházejí ze šetření omezených na firmy s více než 15 zaměstnanci, prováděných navíc pouze na vzorku náhodně vybraných obcí, a výsledky potom extrapolují. Není pak překvapivé, že dílčí výsledky vykazují relativně značné rozdíly. ČSÚ například za rok 1998 vykázal 460 tis. tun odpadního betonového odpadu, zatímco ČEÚ téměř 600.000 tun. Odpadních cihel za stejný rok mělo vzniknout 560 tis. (ČSÚ), respektive 720 tis. (ČEÚ) tun.

Výrazně podhodnocené jsou nicméně rovněž údaje Českého ekologického ústavu. Ukazují na to teoretické předpoklady, jednotlivá data i odhady dalších autorů.

Stavební a demoliční odpady patří mezi kategorie, se kterými často manipulují subjekty, jež nemají zkušenosti s environmentální legislativou. Lze proto předpokládat, že často nebudou - byť neúmyslně - povinnost statistického sledování odpadového hospodářství dodržovat. Totéž ostatně platí i pro některé další druhy odpadů, kterými se tato studie zabývá. Častý výskyt ilegálních či semilegálních praktik při nakládání s tímto druhem odpadů tomu ostatně rovněž nasvědčuje.

Navíc se nedostatky v evidenci nemusí vztahovat jen na drobné producenty s nedostatkem zkušeností a kapacity. Například - odhlédneme-li od tématu stavebních a demoličních odpadů - v okrese Mělník v roce 1998 podle evidence ČEÚ vznikly pouze 4.000 tun popelovin z energetiky, ačkoli zde stojí tři bloky mělnické tepelné elektrárny, které jich ročně produkují kolem 900.000 tun.

Jiní autoři, zejména průmyslové kruhy, odhadují podstatně vyšší celkový objem produkováných stavebních a demoličních odpadů. Nejčastěji se odhady pohybují kolem 8-10 miliónů [85]. Hradecká a Vrbová ovšem kalkulovaly objem odpadů produkováných v Praze na asi 470 tis. tun [86], zatímco evidence ČEÚ pro hlavní město uvádí více než 710 tisíc tun (1998). Spektrum odhadů se tedy pohybuje mezi sedmi a deseti milióny tun. Srovnávání relativní produkce (na obyvatele) se zahraničím by bylo mimořádně zavádějící, neboť produkce odpadů závisí na stavební činnosti a významně proto podléhá domácím ekonomickým trendům. Domníváme se, že mírně konzervativní odhad může realisticky počítat s objemem produkce stavebních a demoličních odpadů kolem 9 miliónů tun, ač skutečné číslo bude patrně ještě poněkud vyšší.

Podle evidence odpadů by objem těch kategorií, se kterými lze jako se substituenty stavebních surovin počítat, měl překračovat 1,7 miliónu tun, z toho recyklováno by mělo být přes 320.000 tun. Rovněž tento údaj je ale podhodnocený: například 90.000 tun z něj tvoří podíl odpadů z demolic živičných vrstev vozovek, kterých ovšem producenti udávají několikanásobně více (450.000 tun).

Ukazuje to jen, že empirické údaje evidence odpadů jsou zcela nespolehlivé. Věrohodnějšími se zdají být odhady producentů, které jsou poměrně málo detailní, ovšem vypovídají o realitě průmyslu zřejmě daleko přesněji.

Celkové množství materiálů přepracovatelných a využitelných jako substituenty přírodních stavebních surovin odhaduje průmysl na zhruba 4,5 miliónu tun, z toho asi 600.000 tun je již recyklováno [87]. Můžeme realisticky předpokládat, že skutečný potenciál rozvoje recyklace dosahuje 4 miliónů tun, z toho asi 10% tvoří živičné směsi.

Zpracování odpadů a získávané materiály

Zpracování demoličního odpadu se ve větší míře v Evropě poprvé objevilo po 2. světové válce. V bombardování a pozemními boji zničené Varšavě a především německých městech bylo k dispozici enormní množství materiálu, na druhé straně by přitom kapacita produkce z primárních zdrojů nepostačovala značným potřebám na obnovu sídel. Využívány byly především jednotlivé nepoškozené cihly, rovněž ovšem také zbytky malty, prosívané a zpracované jako plnivo do maltovin, i drcené úlomky cihel a betonů. Naproti tomu technologická omezení bránila rozsáhlejšímu využití větších betonových bloků [88].

Získané inertní odpady jsou potom drceny v drtičkách. Jejich technologie odpovídá zařízením používaným ke zpracování kameniva získaného v lomech.

Stacionární recyklační linky bývají zřizovány v místech, kde lze očekávat dlouhodobě stabilní přísun odpadu, nejčastěji tedy ve velkých městských aglomeracích, popřípadě v jejich bezprostřední blízkosti. Obecně se vyznačují větší kapacitou recyklace, která činí 150-250 tun/hodinu. Obvykle mají kvalitnější zařízení (více stupňů třídění) a dodávají tak lepší materiál (rozlišují na více frakcí), usnadňují rovněž kontrolu kvality.

Další výhody jsou ekonomické. Stacionární linky mají menší relativní náklady na strojní zařízení. Mohou také dlouhodoběji udržovat zásoby a flexibilně tak reagovat na aktuální, především sezónní změny v produkci odpadu i poptávce po recyklátu. Podobně jsou nezanedbatelná lokální environmentální pozitiva: dlouhodobý charakter činí technicky snadnější a ekonomicky méně náročnou instalaci zařízení kontrolujících prašnost a hluk.

Naproti tomu nevýhodou jsou větší nároky na dopravu, které mají environmentální i ekonomické implikace, náklady na pronájem či koupi pozemků i výdaje na skladování materiálů (další pozemky, zabezpečení). Omezena je rovněž možnost kontroly demolice provozovatelem recyklační linky, která znesnadňuje zajištění potřebných kvalit materiálu.

Mobilní recyklační linky jsou operativně umísťovány na místa, kde je třeba zpracovat větší množství odpadu - tedy k větším jednotlivým demolicím. Použity mohou být rovněž ke zpracování stavebního odpadu, který se v průběhu delšího období nashromáždí na skládce, jejíž provozovatel jej chce recyklovat: této praxe například na své skládce v Úholičkách užívá pražská společnost Regios. Kvalitu zařízení limitují faktory technické i ekonomické: přepravní omezení, nezbytnost rychlé instalace, potřeba vlastního zdroje energie. Většinou proto užívají méně komplikované technologie. Kapacita se pohybuje mezi 30 a 150 t/hod.

Dalšími nevýhodami jsou lokální environmentální dopady (větší prašnost a hlučnost), limitované ovšem na druhé straně dočasností provozu a částečně vyvažované rovněž tím, že na místo nepřijíždějí nákladní automobily s materiálem, závislost na časovém průběhu demolice, menší pružnost v reakci na poptávku a technická i ekonomická náročnost přepravy.

Výhodou jsou naproti tomu minimální nároky na přepravu demoličního odpadu, menší výdaje na pozemek (demoliční společnosti jej často provozovateli linky poskytují zdarma) a menší relativní náklady na zařízení.

Semimobilní recyklační linky představují stupeň mezi oběma základními variantami. V zásadě jde o mobilní linky, které však na jednom místě zůstávají relativně dlouhou dobu, obvykle jeden až tři roky [89]. Spojují se u nich výhody i nevýhody stacionárních i mobilních zařízení.

Využití stacionární linky tedy limituje především velikost a stálost toku odpadů i poptávka po recyklátu, mobilní potom objem materiálu vyprodukovaného na místě, vzdálenost nejbližšího stacionárního zařízení (konkurence), nárok na přepravu (de facto tedy odlehlost místa) praktická charakteristika lokality a opět poptávka po produktu.

V České republice pracuje podle odhadů nyní mezi 25 a 30 recyklačními linkami, které ročně zpracují asi 1-1,2 miliónu tun materiálu [90].

Zatímco v zemích EU se podíl stacionárních recyklačních linek pohybuje mezi 40-50%, v České republice jsou využívány výhradně mobilní či semimobilní - pouze někdy se menší množství materiálů recyklují na stacionární drtících linkách v lomech [91].

Drcením je produkovány recyklát různých kvalit, které závisí především na původním materiálu. Většina producentů nabízí tři druhy recyklátu:

- živičný (drcené asfaltové povrchy)
- betonový (drcené betonové dílce, bloky, povrchy)
- cihelný (drcená stavební suť).

Složení odpadu je ve středoevropských zemích podobné, významně jej podmiňuje architektura: například využívání odlišných materiálů ve stavebnictví ve Spojených státech se projevuje i tím, že asi 70% odpadu z demolic budov (tedy bez komunikací či inženýrských staveb) zde tvoří dřevo a sádkokarton [92].

Recyklát je navíc podobně jako přírodní kamenivo drcen na různé frakce a nabízen k prodeji. Většina producentů jej nabízí ve velkém stavebním firmám i po malých množstvích drobným odběratelům.

Specifické jsou postupy při recyklaci staveništních odpadu a při opětovném využívání materiálů z vozovek, které proto diskutujeme dále samostatně, stejně jako selektivní demolice.

Selektivní demolice

Selektivní demolice (dekonstrukce) je zvláštní postup recyklace demoličního materiálu. Aplikovatelný je pouze v případě budov, nikoli například u komunikací či jiných povrchů. Dům je při něm namísto neselektivního bourání, po kterém se vzniklá suť dodatečně třídí, de facto rozebírán. Jde tedy většinou o manuální práci s minimálním uplatněním mechanizace. Jednotlivé části jsou odstraňovány postupně, počínaje vybavením a konče strukturálními prvky v nejnižších podlažích, respektive základech.

Selektivní demolice má dva pozitivní efekty. Prvním je zvýšení účinnosti demolice - prakticky jde o velmi včasné třídění, které zamezuje kontaminaci a významně zvyšuje podíl využitelného odpadu. Druhé pozitivum představuje zvýšení kvality získávaného sekundárního materiálu. Umožňuje jej kombinace včasného třídění a relativně opatrného nakládání s odpady, které například zabrání rozbití většiny cihel.

Výsledky experimentálních selektivních demolic jsou co do objemu získané suroviny velmi pozitivní. Při pokusném rozebrání hotelu z roku 1910 v německém Bádensku-Württembersku činil podíl využitelných materiálů 94 procent [93].

Navíc se selektivní demolice ukazuje být v celkové bilanci ekonomicky efektivnější než jiné postupy. V německém případě byla ve srovnání s klasickou demolicí výhodnější [94], ke stejnému výsledku dospěl podobný experiment v americkém Portlandu [95]. Experiment se selektivní demolicí budovy věznice v kanadském Oakalle, při kterém bylo znovu využito 94% materiálu, byl o 24% levnější, než klasická demolice [96]. Další pokus ve Spojených státech ukázal srovnatelný ekonomický efekt obou postupů [97]. To i přes to, že postup klade značné nároky na pracovní síly. Sociální pozitivum vytvoření podstatně většího počtu pracovních míst tedy není vyváženo ekonomickou nevýhodností.

Postup klade určité zvláštní nároky na investora a demoliční firmu. Nevýhodou je především podstatně větší časová náročnost ve srovnání s klasickou demolicí, která může negativně ovlivňovat rozhodování investora [98]. Vyžaduje rovněž dobrou organizaci práce a flexibilitu na místě [99].

Ačkoli jde o postup z obecně environmentálního hlediska výrazně pozitivní, může právě díky zachování stavebních prvků paradoxně poněkud snížit možnosti získání konkrétních surovin, kterými se zabývá tato studie. Protože zachová nepoškozené cihly, limituje zdroj významného materiálu z budov, u kterých lze se selektivní demolicí nejčastěji počítat - cihelných drtí, jež mohou substituovat přírodní šterkopísky. Ušetřené šterkopísky, které by byly využívány jako ostrivo v cihelnách, ztrátu využitelné drtě nepokrývají. Naproti tomu nepoškozené cihly nahrazují v první řadě těžbu primární cihlářské suroviny.

Hnutí DUHA ovšem selektivní demolice jako obecně environmentálně pozitivní postup preferuje.

Recyklace materiálu vozovek

Recyklace živičného povrchu silničních a dálničních komunikací představuje rovněž natolik specifickou kategorií, že ji diskutujeme samostatně. Od klasické recyklace stavebního a demoličního odpadu - včetně jeho využití jako substituentu za primární suroviny v podkladních a ochranných vrstvách vozovek či aplikace recyklovaných drcených živičných směsí k různým účelům - ji odlišuje víceméně uzavřený cyklus, zvláštní charakter materiálu a používané postupy.

Povrch silnic a dálnic, vystavovaný značnému zatížení, musí být pravidelně obnovován. Původní vrstva živičné směsi, jež obsahuje především kamenivo a kolem 5% pojiva (asfaltu), je odstraňována a namísto ní nanášena nová. Případná recyklace tohoto materiálu vede ke značné úspoře stavebního kamene.

Podíl recyklované směsi v novém asfaltovém krytu se technicky může pohybovat zhruba mezi 15-50 procenty [100]. Stávající české normy nejčastěji umožňují 20-40% podíl sekundární suroviny, v některých případech - zejména u podkladních vrstev z méně kvalitních materiálů - ale i více, až 70 procent [101].

Používány jsou dva základní postupy recyklace:

- zpracování materiálu v obalovně
- zpracování na místě.

Zpracování v obalovně: asfaltový kryt vozovky je drcen, odvezen z místa produkce a v obalovně přimíšen k nové surovině. Jeho využití je tedy nezávislé na zdroji, může být aplikován kdekoli jinde - jediným limitem je, stejně jako u směsi z přírodních surovin, poptávka a ekonomické limity (dovozová vzdálenost).

Stará vrstva je z vozovky odstraňována frézováním nebo jiným mechanickým postupem a nahrazena novým materiálem.

Klasické postupy umožňují 20-30% podíl recyklátu na novém materiálu. Moderní technologie drum-mix ovšem dovoluje vyrábět směsi, ve kterých recyklovaný asfaltový kryt tvoří až 70 procent použitých surovin [102].

Výhodou zpracování v obalovně je větší kontrola nad kvalitou produkované směsi, flexibilita (drť i vyrobený materiál lze skladovat) a možnost přidávat další sekundární suroviny, například popílek [103].

Zpracování na místě: asfaltový kryt, do určené hloubky mechanicky rozdrčený nebo rozpuštěný horkem, je na místě použit - vůbec tedy neopustí rekonstruovanou vozovku. Existuje několik různých technologických postupů, které se liší zejména tím, zda je do vozovky přidáván nový materiál. Rozdíly jsou rovněž v postupu: při horké metodě je rozpuštěná vrstva po případném přidání nové směsi opět zhutněna, při studené rozfrézována a po dodání pojiva (nejčastěji cement) i asfaltové emulze zalita novou slabou vrstvou.

Asi nejvýznamnější předností recyklace na místě je podstatně větší rychlost tohoto postupu, která umožňuje omezit dobu, po kterou je rekonstruovaná silnice uzavřena, na pouhých několik dní. Rovněž náklady i dopravní nároky - včetně jejich environmentálních dopadů - jsou menší.

V České republice je necelých 56.000 km silnic, z toho kolem 97% asfaltových (330 km² živičných ploch). V dálniční síti převažují vozovky betonové, které tvoří přes 60% komunikací [104].

V roce 1998 bylo opraveno celkem 6,7 km² povrchů silnic a dálnic [105]. Ročně je v České republice vyráběno 4,3 mil. tun asfaltových směsí [106]. Odfrézováno je ročně 450.000 tun živičných krytů vozovek, ze kterých se zhruba 20-40% použije k recyklaci za horka. Podíl recyklátu v materiálu na výrobu živičných směsí činí asi 10 procent [107].

Recyklace asfaltových směsí v obalovně se u nás užívá od roku 1985 [108]. V posledních letech se začínají používat rovněž technologie zpracování na místě. Rozvíjí se rovněž recyklace za studena, při které je starý kryt vozovky rozpojován, bez zahřívání míchán s novým materiálem a znovu použit. Tato technologie je použitelná spíše na místních, méně namáhaných komunikacích. Meluzin soudí, že ač horké postupy u nás „zdaleka nevyčerpaly své možnosti...největší rezervy ve srovnání se zahraničním mají recyklace za studena“ [109].

Recyklace živičného povrchu sníží náklady podle použité metody o 15-60 procent [110].

Využití recyklátu

Drcené stavební odpady se svými vlastnostmi podobají stavebnímu kameni a šterko-pískům, v některých případech jsou navíc poněkud ovlivněny obsaženými materiály.

Betonový recyklát: rozemletý beton různých kvalit, svými charakteristikami se nejvíce blíží přírodnímu kamenivu: jde o tvrdý zrnitý materiál, mletý na různé frakce. Přesto se od něj liší některými specifickými vlastnostmi, které limitují jeho využití.

V českých podmínkách bývá nejčastěji využíván jako náhrada přírodního kameniva (drceného stavebního kamene i štěrkopísků) jako zásyrový materiál [111] pro nejrůznější násypy, obsypy vedení (voda, elektřina, plyn, telekomunikace). Může být využíván rovněž pro podkladové vrstvy - například pláně parkovišť, čerpacích stanic, sportovišť či budov typu supermarketů -; podklad pod zámkovou dlažbu a podložní vrstvy chodníků či cyklistických stezek vůbec. Často končí v úpravách (zpevňování) méně náročných komunikací, jako jsou lesní a polní cesty. Využití jako ochrany proti erozi není u nás příliš relevantní, ačkoli v některých případech (říční břehy) jej nelze vyloučit, je ovšem limitováno estetickými požadavky [112].

Často je betonový recyklát využíván k méně ušlechtilým účelům, jako je zasypávání depresí, protihlukové násypy aj. Hnutí DUHA obecně preferuje jejich využití tam, kde skutečně substituují kvalitní kamenivo, nikoli například zeminu. Tato možnost ovšem může být limitována nízkou kvalitou.

Kvalitativní charakteristiky mohou významně ovlivnit využití betonového recyklátu jako kameniva při výstavbě silnic a dálnic, ať již v cementobetonovém krytu, nebo v podkladových a ochranných vrstvách. Drobná frakce drceného betonu bývá v silničním stavitelství užívána ke stabilizaci podloží [113]. Využití recyklátu jako strukturního materiálu se stavební firmy poněkud obávají pro předpokládané špatné vlastnosti [114]. Ovšem do podkladních a ložních vrstev dálnic D1 a D2 byl betonový recyklát přidáván již od roku 1989 [115]. Ve Spojených státech jde dokonce o zdaleka nejvýznamnější způsob využití recyklátu: na spotřebě se podílí 68 procenty, povoluje jej 44 z padesáti států unie [116].

Klíčovou pro diskusi využívání recyklátu je ovšem otázka jeho využití jako náhrady přírodního kameniva do betonu.

Obecně jej k tomuto účelu využívat lze, ovšem pouze v limitované míře. Omezují jej především negativní vlastnosti recyklátu ve srovnání s přírodní surovinou. Vávra et al. srovnáním 9 různých českých a rakouských experimentálních prací zjistili, že pevnost v tlaku bývá v průměru o 5% nižší u betonu z recyklátu ve srovnání s materiálem s přírodním plnivem, pevnost v tahu o 6% a modul pružnosti o 12% nižší [117]. Nižší je rovněž trvanlivost (mrazuvzdornost, odolnost proti solím), podstatně vyšší potom nasákavost, výrazná především u nižších frakcí [118]. Tyto nevýhody ovšem lze snížením obsahu nižších frakcí omezit [119]. Rakouské zkušenosti ukazují, že betonové kryty vozovek, využívající jako plniva recyklát, vykazují vyšší životnost a „nepatrný výskyt“ trhlin [120].

Ovlivnění vlastností betonu jemným recyklátem je zvláště významné, neboť právě frakce 0-4 mm, nahrazující štěrkopísek, tvoří obvykle asi 50% recyklovaného betonu [121]. V Německu je dokonce použití této frakce zcela vylučováno [122]. Zkoušky však ukázaly, že pokud je v betonové směsi hrubé kamenivo plně nahrazeno recyklátem, zatímco drobné pouze částečně, neodrazí se to negativně na vlastnostech materiálu [123]. Ještě 20% podíl recyklátu na frakci 0-4 mm se neprojevuje nepříznivě [124].

Naopak velmi hrubá zrna recyklátu (nad 32 mm) již negativně ovlivňují pevnost betonu (způsobují trhliny), optimální velikost maximálního zrna proto činí 16-22 mm [125].

Na druhou stranu ovšem pozitivně působí reakce zbytkového cementu v recyklátu, které umožňují snížit spotřebu cementu [126].

Obecně tedy platí, že granulovaný beton lze využívat jako kamenivo k výrobě betonové směsi pro betony nižších pevnostních tříd, tedy především pro ty účely, kde materiál není výrazně namáhán ani nepodléhá intenzivním vlivům prostředí.

Podobně lze nízkými frakcemi (0-4 mm) drceného betonu nahrazovat šterkopísky při výrobě zdicích malt. V případě, že se jako příměsí užije silikátového prachu (odpadní SiO_2 z výroby ferosilicia), je malta stejně kvalitní i v případě úplné substituce [127].

Cihelný recyklát: využití cihelného recyklátu se obecně podobá granulovanému betonu. Nízká pevnost materiálu ovšem představuje nezanedbatelné omezení, limitující především náročnější využití.

V případě nenáročných účelů se ovšem využití betonového a cihelného recyklátu relativně podobá. Nejčastěji proto u nás bývá používán jako náhrada přírodního kameniva pro nejrůznější zásypy depresí a rýh, násypy či obsypy inženýrských sítí - právě v případě potrubí je optimální využití recyklátů ze stavební suti, které neobsahují ostrohrannou složku, nejlépe tedy například stavební keramiky či střešní krytiny [128].

Druhým častým způsobem využití jsou nejrůznější podkladové vrstvy, především plně nenáročných staveb: méně namáhaných povrchů (parkoviště) včetně komunikací (chodníky, cyklistické stezky, ale i některé ulice), sportovních ploch (hřiště). Relativně vysoká nasákavost, která obvykle představuje spíše limitující faktor, je spíše výhodou při zpevňování lesních a polních cest.

Vyloučeno je - právě pro malou pevnost - užití drcené stavební suti jako náhrady kameniva pro konstrukční vrstvy dálnic, ačkoli zkoušky ukazují, že může sloužit jako zpevněná zemina [129].

Rekonstrukce Banskobystrické ulice v Brně

Rekonstrukce brněnské Banskobystrické ulice představuje typický příklad využití recyklovaného stavebního odpadu.

Banskobystrická je významná ulice v centru Brna. V roce 1999 zde probíhala kompletní rekonstrukce celé ulice: přestavba vodovodu a kanalizace včetně domovních přípojek, 1,2 km tramvajového tělesa a trakčního vedení, veřejného osvětlení i celé konstrukce komunikace a chodníků. Projekt, financovaný brněnským magistrátem, zajišťovala stavební společnost DIS.

V Brně není dostatek vhodného materiálu, který by splňoval náročné technologické požadavky na zásypovou zeminu do výkopu. Musely by proto být použity přírodní těžené šterkopísky.

Investor a stavební firma však namísto nich použili recyklovaný materiál - drcenou cihelnou suť frakce 0-18 mm z demolice domů, kterou dodala společnost Dufonev [130]. Uspořilo se tak kolem 40.000 tun přírodního materiálu, který by byl vytěžen v některé z jihomoravských pískoven [131].

DIS, středně velká stavební společnost, která každoročně realizuje zakázky ve výši kolem 300 milionů korun na celé Moravě, používá rovněž další recyklované materiály - živičné či betonové recykláty a popílkovou směs KOPOS [132].

S úspěchem však byly prováděny rovněž zkoušky využití frakce 0-16 mm cihelného recyklátu na výrobu stavebních hmot, především cihlobetonu - směsi drti a cementu. Produkt má zřetelně horší vlastnosti než klasický beton: nižší pružnost, vyšší nasákavost a z ní vyplývající nedostatečnou mrazuvzdornost. Tím však není zcela vyloučeno použití. Musí však být omezeno na málo náročné účely, stavební prvek například nemůže přicházet do styku z mrazem [133].

Je však možné jeho využití například do monolitických ztužujících stropních věnců a překladů v budovách či stěnové a skeletové konstrukce či na různé prefabrikáty i betonové výrobky [134].

Při použití směsi s přírodním pískem, kde recyklát tvoří 20-40% plniva, se prakticky nemění pevnost oproti klasickým materiálům [135]. K výrobě lehkých betonů lze používat také hrubé frakce cihelné drti [136].

Podobně je možné využití k výrobě monolitických konstrukcí, které nebudou přicházet do styku s mrazem a vodou zároveň, například stropních překladů, prefabrikovaných prvků či desek [137]. Konečně mohou být cihelnou drtí substituovány štěrkopísky jako plnivo zdicích malt [138].

Značnou výhodou cihelného recyklátu při těchto aplikacích jsou jejich relativně dobré - ve srovnání s přírodním kamenivem - izolační vlastnosti. Jejich aplikace se tedy pozitivně projeví v úspoře energie pro vytápění budov. Pozitivní vlastností je rovněž nízká měrná hmotnost (1,5-1,7 t/m³), nižší než u štěrkopísků. Frakce 0-16 mm obsahuje velké množství zbytkového vápna, které snižuje potřebu této hmoty na stabilizaci [139].

Asfaltový recyklát: charakter materiálu je ovlivněn značným obsahem pojiva, díky kterému má dobré kohezní vlastnosti: recyklát se stmeluje i bez přidávání pojiv. Značně je ovlivňován teplotou.

Většina drcených živičných směsí vzniká při demolicích či rekonstrukcích vozovek silnic a dálnic. K výrobě povrchů těchto komunikací, ať již bezprostředně na místě, nebo při využití jako doplňkové suroviny v obalovnách, je opět využívána. Tyto recyklace materiálů v silničním stavitelství diskutujeme samostatně.

Asfaltový recyklát ovšem může být využíván i na jiné než silniční povrchy: méně namáhané plochy, jako jsou parkoviště, příjezdové cesty k objektům, dvory, čerpací stanice pohonných hmot, vnitřní komunikace průmyslových objektů, chodníky, cyklistické stezky, sportoviště aj. Relativně menší náročnost navíc využití přepracované drtě usnadňuje, takže může primární surovinu někdy i úplně substituovat [140].

Na stejných místech lze recyklované živičné směsi využívat zároveň v nespojené formě rovněž jako podkladovou a stabilizační vrstvu.

Jiné recyklované materiály: vedle hlavních tří druhů recyklovaných materiálů mohou být využívány i další složky stavebního a demoličního odpadu, které se však vyskytují v nesrovnatelně menších množstvích. Například rozemletá keramika z demolic může být využita jako drť pro málo namáhané komunikace (pěší či cyklistické stezky) a substituovat zde jemnější frakce přírodního kameniva, čisté sádrové zlomky lze použít jako přísadu při výrobě cementu. Jejich význam je ovšem pouze okrajový.

Limity využití recyklátů: diskuse jednotlivých druhů recyklátu ukázala, že jejich využití je relativně omezené. Vyloučeny jsou především v náročných aplikacích, jako jsou silně namáhané betony, často se musí prvky, které je obsahují, vyhnout například intenzivnějšímu vlivu klimatických podmínek (mráz).

Limity představuje především obecně nižší pevnost a pružnost a nízká odolnost vůči klimatickým vlivům (vysoká nasákavost a vzlínavost, nízká mrazuvzdornost).

Tato negativa však nebrání využití recyklátů k méně náročným účelům. Obecně lze konstatovat, že obavy stavebních firem z těchto surovin jsou spíše přehnané či neopodstatněné. Požadavky na řadu aplikací spolehlivě splňují stejně kvalitně jako primární stavební kámen či štěrkopísky, substituce je tedy možná. V některých případech se doporučuje směs recyklátu a přírodního kameniva (například nižší frakce do betonů).

Nesrovnatelně významnějším omezením nahrazování primárních zdrojů stavebních surovin recyklátem jsou limity kvantitativní. Objem využitelných demoličních odpadů produkovaných v České republice se pohybuje kolem 4 miliónů tun a nedá se očekávat

jeho výrazné zvýšení. Pokud tedy nepředpokládáme významnější import, musíme kalkulovat zhruba s tímto množstvím.

Určitý, ačkoli zřejmě nikterak dramatický (maximálně několik desítek procent) nárůst objemu demolic a tedy rovněž demoličních odpadů lze předpokládat pouze v případě výraznějšího ekonomického oživení. Byl by však pouze projevem stavebního boomu, který by s sebou přinesl vyšší poptávku po stavebních materiálech a výhodu většího objemu dostupných sekundárních surovin tedy patrně přinejmenším vynuloval - soudě podle poměru spotřeby stavebních hmot a produkce stavebního a demoličního odpadu však pravděpodobněji výrazně překonal.

Potřeba stavebních materiálů na méně náročné aplikace je natolik velká, že bez větších obtíží pokrytí jakéhokoli využitelného podílu domácí produkce stavebních a demoličních odpadů - oněch asi 4 miliónů tun - zajistí. Jakkoli je proto třeba brát kvalitativní omezení využití sekundárních zdrojů v úvahu při rozhodování o jeho realizaci, pro celkovou materiálovou bilanci není rozhodující.

Bariéry využívání sekundárních materiálů

Míra recyklace stavebních a demoličních odpadů v České republice postupně stoupá. Tento růst je však relativně pomalý a především samotné absolutní hodnoty poměrně nízké: v roce 1998 dosáhla necelých 12 procent [141]. V roce 1999 a především prvních měsících roku 2000 je ovšem zaznamenáván dramatický propad až na 6-10 procent [142].

Země tak v míře recyklace již předstihuje některé státy Evropské unie, kde je recyklace minimální, pokud vůbec existuje, především Řecko a Portugalsko [143]. Míra využívání zpracovatelných kategorií odpadu, jak byly diskutovány výše, v jiných zemích, zejména Dánsku (81%), Nizozemí (90%) a Belgii (87%) [144] ovšem ukazuje, že potenciál je podstatně větší. Na příkladu Kodaně, kde nespotřebované zůstává necelé jedno procento, vidíme, že využít může být prakticky veškerý inertní stavební a demoliční odpad.

Téměř úplnému využití odpadu tedy nestojí v cestě technické překážky: rozdíl mezi poptávkou po méně náročných surovinách, kterou mohou recyklované odpady na rozdíl od silně namáhaných aplikací pokrývat, a nabídkou odpadu diskutujeme výše.

Rozhodující roli proto hrají bariéry kulturního a ekonomického rázu, v menší míře potom právní a politické. Kontaminaci toxickými látkami a mísení různých druhů odpadu, které představují svého druhu technické limity, analyzujeme samostatně.

Kulturní bariéry: průzkum stavebních firem v západních Čechách ukázal, že podle 70% dotázaných mají největší vliv na výběr materiálu investor, architekt a projektant, podstatně menší počet respondentů (40%) uváděl stavební firmy [145]. Pocit nedůvěry k nové, neobvyklé a „neověřené“ surovině „podezřelého“ původu (koneckonců je stále vnímána jako odpad), rozšířený v těchto profesních a průmyslových skupinách, často orientaci na využití recyklátu brání.

Konzervativní atmosféra úzce souvisí s nedostatkem informací, který má dva důsledky. Především brání využití recyklátu: potenciální spotřebitelé, zvyklí nakupovat stavební materiál u tradičních producentů a obchodníků - nikoli u recyklační linky či na skládce - o něm a jeho zdrojích jednoduše nevědí. Zároveň však přispívá k podvědomým obavám z „nového“ zdroje.

Využití stavebních a demoličních odpadů v Kodani

Jeden z nejkvalitnějších systémů hospodaření se stavebními a demoličními odpady v Evropě má Kodaň. V dánské metropoli, velikostí srovnatelné s velkými českými městy (500.000 obyvatel), je recyklováno 90% těchto odpadů (4,65 miliónu tun v roce 1995).

Dosahuje se tak prakticky maximálního využití: jen jedno procento odpadu končí na skládkách, zatímco 9% ve spalovnách - tato část tedy neobsahuje žádné minerální složky. Ukládány jsou především nebezpečné odpady, spalovány zejména dřevo, plasty a nerecyklovatelný papír či kartony. [146] Deseti-procentní podíl nerecyklovatelných složek ve stavebním a demoličním odpadu koresponduje rovněž s českými zkušenostmi.

Této míry recyklace se podařilo dosáhnout za relativně velmi krátkou dobu, během let 1988-96. V roce 1988 činil podíl využívaných odpadů pouze 16 procent (62.500 tun). Pozoruhodné je, že celkový objem produkovaného odpadu této kategorie za stejnou dobu vzrostl o 34 procent. [147]

Přibližně 20% spotřeby štěrkopísku a stavebního kamene v Kodani je díky recyklaci nyní nahrazováno sekundárními zdroji. [148]

Recyklace ale přináší i další environmentální pozitiva. Rozmístění recyklačních zařízení v blízkosti města snížilo objem dopravy při přepravě stavebních a demoličních odpadů o 80 procent (13,8 miliónu tunokilometrů za rok). Dalších 8 mil. tkm ročně se uspoří díky využití lokální sekundární suroviny namísto dopravy primárního materiálu z těžeben. Spotřeba paliva se tak sníží o 700.000 litrů ročně, což zhruba odpovídá spotřebě veškeré automobilové i veřejné dopravy ve městě za jeden den. [149]

Maximálně efektivní využití stavebního a demoličního odpadu v Dánsku umožňuje kombinace několika ekonomických a legislativních nástrojů [150]:

- v zemi neplatí výslovný zákaz jakéhokoli skládkování stavebních a demoličních odpadů, ale ukládán smí být pouze takový odpad, který nelze bezpečně využít. To ve svém důsledku ukládání sekundárních surovin této kategorie na skládky vylučuje.
- se stavebními a demoličními odpady smí nakládat pouze držitelé licence, udělované na základě environmentálního posouzení. Bez povolení se omeje dočasné umístění mobilní recyklační linky na místě, kde probíhá demolice.
- ukládání odpadu na skládky je zatíženo ekologickou daní. Menší sazba daně se vztahuje rovněž na spalování, je diferencována podle toho, zda spalovna zároveň produkuje energii (78, respektive 63% oproti skládkování).
- ekologickou daní je zatížena rovněž těžba přírodní suroviny - štěrkopísků.
- ministerstvo životního prostředí podporuje celou řadu výzkumných, pilotních a demonstračních projektů (celkem asi 160 od poloviny osmdesátých let), souvisejících s využitím stavebního a demoličního odpadu. Patřila mezi ně i například selektivní demolice domů či výstavba budov z recyklovaného materiálu v několika městech.
- dvě soukromé instituce pracují s finanční podporou státu jako informační střediska o stavebním a demoličním odpadu a jeho recyklaci.

Celková produkce stavebních a demoličních odpadů v Dánsku činí kolem 10,7 mil. tun ročně [151]. Kodaň se na ní tedy podílí téměř polovinou.

Ekonomické bariéry: nejvýznamnější překážkou, která stojí v cestě rozvoji recyklace stavebního a demoličního odpadu, ovšem představují ekonomické bariéry, především dvojí konkurence, které je recyklační průmysl vystaven.

Zřejmá je konkurence ze strany producentů primární suroviny. V současných podmínkách je recyklát již obvykle levnější, často o desítky procent, než přírodní kamenivo. To

ovšem platí pouze v místech, kde se produkuje, tj. ve velkých městských aglomeracích a jejich bezprostřední blízkosti. I zde ovšem působí kulturní a informační bariéry, diskutované výše. S přibývajícím vzdáleností ale výrazně rostou dopravní náklady a využití sekundární suroviny tak ztrácí ekonomickou atraktivitu.

Především využití ve venkovských oblastech je tak výrazně omezeno. To ovlivňuje mimo jiné mnohé infrastrukturní projekty, které vznikají mimo velká sídla a jež se na spotřebě stavebních surovin podílejí významnou měrou.

Zároveň ovšem provozovatelům recyklačních linek konkurují jiné způsoby využití odpadu, které je připravují o zdroj suroviny. Jsou v zásadě trojí:

- oficiální skládky
- ilegální ukládání
- semilegální využívání na „rekultivační“ projekty a „recyklace“.

Snaha majitelů skládek získat maximum odpadu brání jeho recyklaci. Paradoxně je pro ně tento přístup teoreticky dlouhodobě nevýhodný: skládky se zaplňují inertním odpadem, za jehož převzetí získávají - ve srovnání s odpadem komunálním - relativně malou úhradu. Provozovatelé ovšem často preferují rychlé zaplnění skládky a vybudování nové, což je stále ještě ekonomicky rentabilní.

Původci odpadů (převážně stavební a demoliční firmy) jsou teoreticky zákonem vázáni nabídnout odpad přednostně k využití, v praxi je však tato povinnost obcházena či ignorována. Nedostatečná evidence a skutečnost, že není „*vyjasněno rozdělení zodpovědnosti za vznik stavebních odpadů mezi stavebníkem, stavební firmou a přepravcem*“ [152] přitom vylučuje reálnou kontrolu či postih.

Podobným mechanismem recyklaci konkuruje rovněž ilegální ukládání odpadu: jediný rozdíl oproti povoleným skládkám tkví v nižších provozních nákladech a vyšším riziku této činnosti.

Specifický problém potom představuje semilegální nakládání s odpady. Množství jich je pod záminkou terénních úprav či rekultivací především starých těžeben (pískovny, menší lomy) ukládáno v krajině. Tato činnost je za stávajícího právního režimu obtížně postižitelná, neboť nelze jednoznačně dokázat, že nesleduje deklarovaný účel. Mnohé z těchto provozů mají přitom v praxi zjevně charakter nezabezpečených, ilegálních skládek.

Podobný případ představuje „recyklace“, při které provozovatelé materiál podrobí omezenému přepracování v drtiči, které umožní vyhnout se postihu za ukládání odpadu.

Rozvoji recyklace rovněž brání nedostatek investičních prostředků. Pořizovací cena mobilní recyklační linky o výkonu 150 t/hod. včetně nezbytného zařízení se pohybuje zhruba mezi 12-26 milióny korun, u větších zařízení adekvátně stoupá.

Legislativní bariéry: nezanedbatelnou překážku představuje především nedostatek technických norem, upravujících využití různých druhů recyklátu jako stavebního materiálu pro konkrétní účely. To dále podporuje pocit nejistoty a rizika mezi potenciálními spotřebiteli.

Mnohé regulace jsou však připravovány. Například Sdružení pro výstavbu silnic připravuje na zakázku ministerstva dopravy a spojů normy pro využití recyklátu v silničním stavitelství.

Politické bariéry: překážku rozvoji recyklace v konkrétní lokalitě často představuje nesouhlas obcí s jejich situováním, motivovaný obavami z lokálních environmentálních dopadů. Hnutí DUHA je přesvědčeno, že kvalifikovaný souhlas obce by měl být nezbytný ke zřízení takového provozu. Tento problém bude v řadě případů možné překonat jednáním, zajištěním podrobných informací o záměru a opatřeními, jež omezí negativa provozu na minimum.

Kontaminace odpadu

Kontaminace odpadu představuje zcela specifický problém. Objevuje se ve dvou podobách:

- přímá kontaminace rizikovými látkami
- mísení jednotlivých využitelných složek odpadu a kontaminace jinými inertními či nerizikovými materiály.

Riziková kontaminace: kontaminace rizikovými látkami činí odpad prakticky nevyužitelným. Spektrum kontaminantů je široké, nejčastěji jde o:

- izolace, vedení a jiné struktury z toxických či jinak rizikových látek
- materiály napuštěné či potřené konzervačními látkami, pojivy, barvami aj.
- neúmyslnou kontaminaci: nebezpečné odpady uložené či zapomenuté v budovách, znečištění stavebních materiálů aj.

Do první skupiny patří především azbest, který obecně představuje nejvýznamnější rizikovou látku při zpracování stavebního a demoličního odpadu. Dalšími materiály tohoto druhu jsou nejrůznější aplikace PVC, olova (zejména potrubí), mědi aj.

Mezi látky aplikované v budovách patří zejména formaldehyd, různé toxické barvy, pryskyřice, lepidla, PCB aj. [153]. Tyto látky jsou nejčastěji aplikovány na dřevě nebo kovech, tedy materiálech, kterými se tato studie nezabývá. Přesto je však nezbytné je při rekonstrukcích a demolicích brát v úvahu, navíc například barvami mohou být natřeny i struktury z minerálních stavebních hmot.

Konečně potenciální odpady tvoří velmi pestrou skupinu, do které patří téměř cokoli od plechovek s barvami, přes zářivky, baterie, nádoby s ropnými látkami až po pneumatiky. Specifickým případem je kontaminace nejčastěji silničních povrchů či kameniva kolejového lože železnic úkapy ropných látek, která bývá tam, kde je to ekonomické, řešena omýváním.

Většinu těchto látek ovšem lze likvidovat vhodným postupem rekonstrukce, úpravy nebo demolice stavby. Potenciálně využitelné stavební materiály, které jsou nenapravitelně kontaminovány, tvoří podle zkušeností jen velmi malou část odpadu: v Dánsku činí podíl odpadů, jež nelze recyklovat ani spálit, pouhé 1%, ze kterého navíc kontaminované minerální složky tvoří jen část.

Mísení inertních či využitelných složek odpadu: podstatně větší problém než kontaminace rizikovými látkami může v případě nevhodného zacházení s odpadem představovat vzájemné mísení využitelných či inertních (tj. obecně nikoli rizikových) složek.

Obvykle nepředstavuje ohrožení prostředí, ale může znehodnotit využitelný materiál, a to v podstatně větší míře, než toxické látky. Většinou ale lze takové kontaminaci poměrně snadno předejít nebo ji odstranit.

Opět můžeme identifikovat několik kategorií:

- struktury spojující více využitelných materiálů
- kontaminace nevyužitelnými materiály
- mísení využitelných minerálních odpadů.

Nejčastějším případem první kategorie je železobeton. Ocelové pruty železobetonu lze - podobně jako betonovou složku - využít, musí však být odděleny. Tento problém bývá standardně řešen: na recyklačních linkách se železné prvky oddělují a vytřídí.

Větší problém může představovat kontaminace nevyužitelnými inertními látkami, například smísení odtěžovaného kameniva z podložních vrstev vozovek se zeminou. Dobré plánování a dodržování správných pracovních postupů tento problém do značné míry vyloučí.

Smísení minerálního odpadu z demolice s různými odpady (nejčastěji dřevo či papír) spadá podle jejich charakteru do první nebo druhé kategorie. Cizorodé látky se obvykle odstraňují tříděním v místě vzniku nebo na vstupu do recyklační linky.

Vzájemné smísení jednotlivých využitelných minerálních látek je nejpravděpodobnější při nevhodné manipulaci po rozbití struktur stavby, popřípadě po rozdrčení. Vhodná organizace práce může toto riziko prakticky vyloučit.

Obecně tedy kontaminaci využitelných materiálů vznikajících na staveništích a při demolicích zabrání:

- dobře naplánovaný pracovní postup
- kontrola jeho dodržování
- včasné třídění vznikajícího odpadu.

Opatření ke zvýšení míry recyklace

Nabízí se celá řada opatření, podporujících míru recyklace stavebního a demoličního odpadu, od legislativních restrikcí, přes pozitivní i negativní ekonomickou stimulaci, až po vzdělávání a zajišťování informací.

Analýza efektivnosti jednotlivých nástrojů se musí opírat o dvě kritéria:

- zkušenosti ze zemí s vysokou mírou recyklace
- vztah ke klíčovým bariérám negativně ovlivňujícím míru recyklace a uplatnění sekundárních surovin na českém trhu.

Tab. 7. Opatření zemí EU k podpoře recyklace stavebního a demoličního odpadu

Zdroj: Symonds 1999 [154]

Některá opatření (poplatky ze skládkování, burzy odpadů, státem financovaný výzkum) k podpoře recyklace odpadu existují rovněž v České republice, ačkoli nejsou zaměřena specificky na stavební a demoliční odpady.

Je zjevné, že ne všechny nástroje jsou co do efektu srovnatelné. Platí to především pro rozdíl mezi administrativními či ekonomickými opatřeními na jedné straně a pozitivní podporou na straně druhé. Zatímco první (omezení skládkování, daně) mají určující vliv na trendy na trhu, druhá skupina postavení recyklačního průmyslu obvykle pouze marginálně usnadňuje.

V těch zemích Evropské unie, které dosahují největší míry recyklace, jsou nápadně často užívány tři účinné typy nástrojů:

- restrikce skládkování: nejčastěji jde o zákazy skládkování (Nizozemí) či povinnost třídění nebo recyklace stavebního a demoličního odpadu (Dánsko, Belgie)
- daně či poplatky ze skládkování (Belgie, Dánsko, Nizozemí)
- daně z těžby primárních nerostných surovin (Dánsko).

V případě Nizozemí by s ohledem na jeho specifické podmínky byla efektivnost případné daně z těžby problematická. Již od roku 1992 byla těžba stavebního kamene

v Limbursku, která vzhledem ke kvalitám dotčeného území představovala největší environmentální zátěž, administrativní cestou zcela vyloučena, na celkové domácí produkci této suroviny se přitom podílela 90-95 procenty [155]. Nizozemí významnou část drceného kameniva importuje [156].

Z belgických regionů uplatňují nepřímou restrikcí skládkování (povinnost třídit nebo recyklovat) Vlámsko a Brusel, tedy ty, které dosahují vyšších hodnot recyklace [157].

Sociální souvislosti

V současné době je v recyklaci stavebního a demoličního odpadu zaměstnáno asi 300-500 lidí [158]. Prostou extrapolací bychom získali kolem 2.200-3.700 nových pracovních příležitostí při recyklaci 90% stavebního a demoličního odpadu. Tato kalkulace je ovšem velmi problematická. Za více realistický považujeme odhad kolem 300 nových míst, odvozený z potenciálního počtu recyklačních linek.

6.2. Recyklace kolejového lože železnic

Specifický případ recyklace demoličního odpadu představuje využívání kameniva z kolejového lože železnic při jejich modernizaci.

Železniční síť Českých drah čítá kolem 9.430 km tratí. ČD jsou významným spotřebitelem stavebního kamene. Surovina je aplikována v samotné dráze i ve stavbách, které nejsou pro železnici specifické, tedy v

- konstrukčních vrstvách samotné komunikace. Tvoří je samotný železniční svršek (kolejové lože), na který jsou připevněny koleje, a jeho podklad, železniční spodek.
- materiálu pro výrobu betonových pražců
- betonových prvcích staveb, které jsou součástí drážního tělesa (nástupiště, mosty, tunely, protihlukové zdi aj.)
- úpravách a výstavbě různých staveb, které nejsou pro železnici specifické (železniční budovy, povrchy nádražních prostor, ploty aj.).

S ohledem na ekonomickou situaci ČD, která se projevuje mimo jiné výrazným útlumem stavebních aktivit, jsou práce prakticky omezeny na úpravy a modernizaci drážního tělesa, navíc rovněž velmi limitované. Rozhodující roli pro spotřebu suroviny proto hrají úpravy kolejového lože.

V kolejovém loži tratí Českých drah je podle hrubých odhadů vázáno asi 62 milionů tun drceného stavebního kamene [159], tedy téměř dvojnásobek ročního objemu těžby této suroviny. Jde proto o významný jednotlivý způsob využití stavebního kamene. Vysoké nároky značně namáhané komunikace vyžadují surovinu vysoké kvality, certifikaci k dodávání kameniva má v současné době jen kolem 40 lomů. V modernější výstavbě je jako základní surovina využívána specificky frakce 32-63, která se také největší

částí podílí na objemu kamene uloženého v tratích.

Nová surovina je zde potřeba při třech druzích aktivit:

- běžná údržba a opravy železničního svršku
- nová výstavba železničních kolejí
- rozsáhlejší investice do úprav kolejového lože, jako je výstavba koridorů.

Běžné úpravy

Při běžné úpravě a opravách kolejového lože je kamenivo spotřebováváno ve třech různých situacích [160]:

- čištění kolejového lože, kontaminovaného odpadem z projíždějících souprav
- úprava výšky a směru koleje a výhybek automatickými podbíječkami
- údržba bezstykové koleje.

Finanční situace Českých drah negativně ovlivňuje jakékoli investice do oprav a úprav železnic. Správa tratí stagnuje natolik, že ČD byly nuceny na řadě úseků zavést trvalé nebo dočasné omezení rychlosti [161]. Na několika regionálních tratích o celkové délce 55 km dokonce přistoupily k dlouhodobým výlukám nebo zavedení tzv. nulového grafikonu, tj. zastavení přepravy, na dalších tento scénář hrozí [162].

Stejně jako jiné druhy oprav, jsou proto i běžné úpravy kolejového lože drasticky omezeny. Ročně se provádějí na zhruba 50 kilometrech tratí [163]. Při čištění šterku, kdy je odstraňována rozdrčená nižší frakce materiálu, se jeho objem snižuje asi o čtvrtinu, zatímco zbývajících 75% se do drážního tělesa vrací. Zkoumány jsou i možnosti využití jemnějších frakcí kameniva z části těchto odpadů [164].

Předpokládáme-li spotřebu v průměru kolem 5.400 tun kamene na kilometr jednokolejné, respektive 9.500 tun na kilometr dvoukolejné tratě [165], lze roční spotřebu na opravy odhadnout na zhruba 270.000-480.000 tun přírodního stavebního kamene ročně.

S výjimkou materiálu z míst kontaminovaných ropnými látkami (výhybky) je ovšem odpadní kámen využíván na méně náročné účely, jako je zpevňování lesních a polních cest. Nabídka bývá bez problémů pokryta lokální poptávkou [166]. Ve skutečnosti je tedy materiálová bilance běžných oprav tratí víceméně vyrovnaná.

Nová výstavba železničních kolejí

Výstavba nových kolejí Českých drah se asi od začátku 70. let omezuje na občasné budování přeložek tratí v oblastech zasažených důlní činností. V roce 2000 by například měly být zahájeny práce na přeložce traťového úseku Březno u Chomutova-Chomutov, který bude zbourán kvůli postupu hnědouhelného lomu Libouš.

Návrh varianty státní politiky dopravních sítí, předložený Českým a slovenským dopravním klubem, počítal do roku 2010 ve dvou variantách s výstavbou 42, respektive 137 kilometrů nových tratí, převážně různých spojovacích úseků [167]. Vládou přijatá verze však žádnou novou výstavbu nepředpokládá.

Příležitostná omezená výstavba krátkých úseků železničních kolejí jinými subjekty, než jsou České dráhy (různé vnitrozávodní vlečky apod.), nehraje v celkové materiálové bilanci významnější roli. Obecně však rovněž výstavba vleček poklesla, méně vlivem ekonomické recese, především ale díky postupnému přesunu nákladní dopravy z vlaků na kamióny.

Výstavba koridorů

Zcela specifický případ ovšem představuje výstavba železničních koridorů. S cílem zajistit na vybraných tratích, které jsou součástí kontinentálních koridorů, maximální rychlosti osobních vlaků 160 km/hod., předpokládá vládou v červenci 1999 schválená politika rozvoje dopravních sítí s jejich modernizací.

Do roku 2010 by měly být modernizovány čtyři tranzitní železniční koridory. Práce na prvních dvou (Děčín-Praha-Břeclav, a Břeclav-Přerov-Petrovice u Karvinné) již byly zahájeny. V prvním případě má být upraveno 388 km tratí z celkových 457 km délky koridoru, ve druhém 299 km z celkem 323 kilometrů. Celkový rozpočet obou projektů, který v důsledku obtíží roste, činí v současnosti celkem 73 miliard korun. Dokončeny mají být v roce 2002, respektive 2005. [168] Zároveň bude zajištěna průchodnost některých klíčových železničních uzlů, aby v budoucím koridoru nepůsobily jako brzdící prvek - například na I. koridoru půjde o devět uzlů.

V této dekádě má být zahájena i dokončena rovněž modernizace dalších dvou koridorů, III., jehož výstavba začne v roce 2003 a skončí v letech 2006-2008, a IV., budovaného v letech 2006-2010.

Celkem bude během této dekády modernizováno kolem 1400 km železničních, převážně dvojkolejných drah. Předběžně se odhaduje, že v kolejovém loži těchto tratí je uloženo asi 13,5 až 16 miliónů tun stavebního kamene [169]. Potřeba samotného I. koridoru činí asi 4,9 mil. tun [170]. Projekt by tedy znamenal spotřebu značného objemu suroviny.

České dráhy ovšem v roce 1996 zahájily rozsáhlý projekt recyklace tohoto kameniva. Jde prakticky o jediný případ, kdy je u nás recyklována primární stavební surovina v nezměněném stavu, nikoli materiál z ní vyrobený (beton, živičná směs, cihelná suť).

Podíl kameniva kolejového lože, které může recyklované kamenivo tvořit, se liší podle náročnosti dráhy. Na málo namáhaných regionálních tratích může jít až o 100 procent. Na koridorech se daří dosáhnout 50-60% podílu sekundární suroviny v železničním svršku. [171]. Recyklované kamenivo je přitom relativně kvalitní, což vyniká zejména ve srovnání s častými obtížemi, kterými jsou České dráhy v posledních letech konfrontovány při využití primární suroviny. „Větší problémy byly a jsou s kvalitou dodávek nového kameniva“, konstatuje Nejezchleb [172].

Pro modernizaci kolejového lože se tak ušetří asi 6,8-9,6 mil. tun stavebního kamene.

Celková úspora je ovšem ještě větší. Dosavadní zkušenost ukazuje, že skutečný odpad tvoří pouze 15-20% kamene kolejového lože, zatímco zbývající surovinu (25-30%)

Ize využít jako méně kvalitní kamenivo železničního spodku [173]. Recyklační projekt tedy povede k úspoře 9,5 až 12 miliónů tun přírodního stavebního kamene.

Podobně jako v případě běžných oprav železničního svršku je rovněž v tomto případě odpadní kámen prodáván zájemcům mimo ČD pro méně náročné účely, popřípadě využíván k úpravám staveniště. Celková materiálová bilance je tedy opět víceméně vyrovnaná a dochází k další úspoře přírodního materiálu.

České dráhy využívají recyklace kameniva kolejového lože v maximální technicky možné míře. Není zde tedy patrně potenciál k dalšímu snížení spotřeby surovin. Projekt však představuje dobrý ilustrativní příklad využití možností primární úspory surovin.

Vedle toho je možné přírodní kamenivo do železničního spodku substituovat recyklovaným betonem [174]. Stejně tak lze tuto sekundární surovinu využít v jiných aplikacích na železnici, například méně náročných betonových stavbách.

7. Substituce nestavebními materiály

V předchozí kapitole jsme diskutovali potenciál recyklace samotných stavebních materiálů - stavebních a demoličních odpadů. Vápence, stavební kámen a štěrkopísky, respektive hmoty z nich vyráběné, je ovšem rovněž možné nahradit jinými stavebními materiály. Právě potenciál substituce analyzuje tato kapitola. Spektrum možných substituentů je široké. Patří sem průmyslové odpady, tradiční i neobvyklé přírodní materiály či jejich produkty, zpracované odpady těžby jiných nerostných surovin (uhlí).

Zcela zde z přehledu možných zdrojů vylučujeme náhradu jinými nerostnými surovinami (s poněkud atypickou a nepříliš významnou výjimkou tradičního využití nepálených cihel). Hnutí DUHA není principiálním oponentem vzájemných substitucí nerostných surovin, apriorní zařazení této možnosti mezi alternativy však nedává smysl, neboť v zásadě představuje srovnatelný environmentální dopad.

7.1. Odpady tepelných procesů

Nejvýznamnější skupinu materiálů, které mohou stavební hmoty v řadě aplikací substituovat, představují odpady tepelných procesů - popílký, strusky, škvára, popeloviny ze spaloven odpadů aj. V České republice jsou jich ročně produkovány milióny tun. Kvantitativně je proto jejich potenciál prakticky srovnatelný se stavebními a demoličními odpady. Rovněž využívány jsou podobným způsobem a často ve shodných aplikacích. Analýza tedy nutně vede ke srovnávání obou skupin.

Zdroje a druhy odpadů

Ke spalování různých materiálů dochází v moderní ekonomice na řadě míst podstatně odlišného charakteru. Zdaleka však není možné užívat ve stavební výrobě odpady ze všech těchto zdrojů. Především zpracování hmoty z malých zdrojů brání limity technické (nevhodný charakter mnoha materiálů, zejména pokud jsou spalovány za nízkých teplot, rozdílné vlastnosti materiálu z různých zdrojů) i ekonomické (nevyplatí se odebírat malá množství odpadu, nestálé objemy produkce). Protože však převážná většina těchto odpadů vzniká ve velkých zdrojích, nemají tato omezení velký vliv na celkovou bilanci.

Existují tři hlavní zdroje využitelných odpadů z tepelných procesů:

- elektrárny a teplárny
- metalurgický průmysl
- spalovny odpadu.

Elektrárny a teplárny: elektrárny a teplárny v České republice produkují převážnou

většinu odpadů spalovacích procesů. Tvoří je dva typy materiálů: hrubé strusky (zrno 1-50 mm) a převažující jemnější popílky (0,003-1 mm). Typické je pro ně menší množství centralizovaných velkých zdrojů: většinu z těchto popelovin produkují tepelné elektrárny.

Popílky a strusky vznikají při spalování z různých minerálních částic v uhlí. Chemicky je tvoří převážně oxidy křemíku a hliníku. Determinující pro jejich vlastnosti je charakter paliva, místo zachycení odpadu a v neposlední řadě druh spalování.

Vlastnosti paliva se mohou podepsat zejména na chemických charakteristikách odpadu. Ovlivňují tak mimo jiné míru jeho kontaminace rizikovými látkami (radioaktivní a toxické prvky) a obsah látek způsobujících korozi stavebního materiálu, například síranů či chloridů.

Při klasickém spalování vzniká za teploty kolem 1200 °C jemnější popílek, zachycovaný v odlučovačích, a hrubá struska, která se usazuje ve spodní části kotle, popřípadě směs - popel.

Odlíšný charakter fluidního popílku a ložového popela z fluidních kotlů je podmíněn nižší teplotou spalování (asi 850 °C) a skutečností, že odsířovány zde nejsou kouřové plyny, nýbrž vápenec bývá přidáván k palivu. Produkty spalování ve fluidních kotlích (FPP) proto vykazují větší variabilitu a obsahují až desetkrát více CaO a SO₃ - právě podíl vápníku je přitom vedle obsahu rizikových látek nejvýznamnější chemickou charakteristikou popelovin. Rovněž relativní podíl hlavních složek materiálu (SiO₂ a Al₂O₃) je menší, činí pouze kolem 60% hmoty, zatímco u klasického spalování asi 80 procent [175].

V roštových kotlích vzniká hrubá škvára. Především její nižší frakce obsahují větší množství vyluhovatelných látek, bývá rovněž pórovitá. Vlastnosti se mohou zlepšit při dlouhodobém, alespoň několikaměsíčním skládkování [176].

Energetické popeloviny mezi produkty spalovacích procesů v České republice výrazně převažují: ročně jich je produkováno přes 9 miliónů tun [177]. Evidence odpadů uvádí asi 5,5 miliónu tun, mezi nedostatky patří mimo jiné diskutovaná chybějící produkce mělnické elektrárny (viz kap. 6.1.).

ČEZ se na tomto množství podílí více než 6 milióny tun. Ve svých 10 tepelných elektrárnách má instalovaný výkon přes 6400 MW, z toho téměř 500 MW v sedmi fluidních kotlích [178].

Ani význam tepláren ale není zanedbatelný. V roce 1998 vyrobily významnější z nich přes 1,2 miliónu tun klasických popelovin [179]. Rapidně roste především objem produkováných fluidních popílků: v roce 1998 jich teplárny vyrobily 500.000 tun [180], roku 2000 zřejmě překročí milión tun [181].

Metalurgické strusky: metalurgické strusky jsou vedle energetických popelovin druhým významným odpadním materiálem.

Vysokopecní strusky charakterizuje především vysoký obsah CaO. Produkovány jsou ve vysokých pecích při tavení vsázky železné rudy a vápenců. Teploty ve vysokých pecích ještě přesahují hodnoty elektrárenských kotlů (až 1500°C).

Ocelářská struska vzniká při výrobě tavení surového železa na ocel.

V České republice ročně vznikají asi 1-2 milióny metalurgických strusek - podle evidence odpadů asi 1,4 mil. tun -, z toho je recyklováno asi 800.000 tun. Nevyužitý potenciál by tedy podle konzervativního odhadu mohl činit asi 500.000 tun. Řada producentů včetně třech největších, soustředěných na Ostravsku - Vítkovic, Třineckých železáren a Nové Huti - zajišťuje jejich minimálně částečnou recyklaci a prodej jako sekundární kamenivo, ať již sama, nebo prostřednictvím subdodavatelů.

Další řádově stovky miliónů tun leží na starších haldách. Odhaduje se, že u nás je uloženo kolem 440 miliónů tun vysokopeční strusky a srovnatelné množství ocelárenské [182]. Rovněž jejich přetěžování je možné, realizuje jej například kladenská společnost Destro.

Produkce je podobně jako u elektrárenských popílků koncentrována na některá poměrně malá území.

Produkty spaloven odpadů: využití popílků a škváry ze spaloven je omezeno jejich vlastnostmi. Škvára často vykazuje vlastnosti nevýhodné pro stavební výrobu, především vysokou rozpadavost. Navíc tyto odpady obsahují nadlimitní množství toxických látek, jak ukázala například studie potenciálu výroby umělého kameniva z popílku brněnské spalovny [183]. Rovněž ministerstvo průmyslu a obchodu je názoru, že tyto odpady „nelze zatím z ekologických důvodů...k využívání doporučit“ [184].

Slévárenské písky: použité slévárenské písky mohou být regenerovány a znovu využity k původnímu účelu. Recyklováno je tak u nás kolem 35%, ačkoli potenciál je podstatně vyšší [185]. Nevyužitou částí tohoto odpadu lze ovšem substituovat také stavební štěrkopísky, například v betonu, jako filery do asfaltových směsí či ve vápenopískových cihlách [186].

Využití odpadů

Způsobů, kterými mohou odpady spalovacích procesů substituovat přírodní stavební suroviny, je celá řada. Rozlišit je lze především podle formy, v jaké je odpad aplikován. Diskutujeme je proto podle toho, zda je o:

- využití v surovém stavu nebo ve směsi s jinými látkami
- surovinu k výrobě konvenčních stavebních hmot (cement, beton)
- surovinu k výrobě umělého kameniva.

Přímé využití odpadního materiálu ve stavebnictví

Tepelnými odpady v surovém, neupraveném stavu lze ve stavebnictví substituovat kamenivo, jehož různým frakcím se svými vlastnostmi - zrnitý inertní materiál - podobají. Specifické charakteristiky v některých případech možnosti jejich využití do jisté míry limitují, jiné však v některých případech naopak poněkud rozšiřují.

Popílký a elektrárenské strusky: mohou být užívány jako náhrada štěrkopísků pro zásyrový či podsypový materiál rýh, povrchů i budov nebo jiných staveb (například opěr mostů) a k obsypům inženýrských sítí. Kvalitativní požadavky stavby tu nehrají rozhodující roli.

Popílek s příměsí cementu nebo vápna může tvořit i stabilizované podkladní vrstvy komunikací. Experimenty ve Velké Británii ukázaly, že optimální složení představuje směs s cementem, ve které popílek tvoří téměř 88 procent [187]. Tyto směsi mají ovšem význam spíše jako způsob likvidace odpadu. Nenahrazují totiž obvykle drcený stavební kámen nebo štěrkopísky, nýbrž zeminy. Významnější je proto použití podobných směsí právě ke stabilizaci zemin, které umožňuje uspořít cement či vápno. Zejména výrazná je

tato úspora u fluidních popílků, které obsahují volné vápno, což umožňuje podíl pojiva dále snížit.

Jistou překážku představuje nevýhodné granulometrické složení těchto materiálů, které vyplývá již z jejich charakteru. Tento problém lze alespoň částečně řešit tím, že nejsou používány samotné, nýbrž v kombinaci s přírodní surovinou. Zde naopak popílků mohou zajistit vítané zlepšení jejich vlastností, neboť případně doplní deficitní jemnější frakce a zlepší tak křivku zrnitosti.

Ekonomickou i konstrukční výhodu představuje rovněž malá objemová hmotnost, pozitivem je také vyšší pevnost.

Koncentrované popílkové samotuhnoucí suspenze (KOPOS): obsahují jako základní složky popílek a vodu, případně doplněné pojivy či dalšími přísadami. Substituovat mohou štěrkopísky či stavební kámen, při volbě sekundárního materiálu jako pojiva rovněž cement nebo vápno.

Směs je nejčastěji využívána k vyplňování podzemních prostor - opuštěných štol a šachet. Zároveň ovšem může sloužit pro oblev vedení inženýrských sítí jako náhrada obsypů přírodními štěrkopísky. Nezanedbatelným pozitivem v tomto případě je, že lehčí materiál nezpůsobuje, na rozdíl od primárního kameniva, tvarovou deformaci plastických potrubí [188]. Další možné způsoby využití jsou podkladové konstrukční vrstvy silničních komunikací a podobných pevných povrchů (parkoviště, chodníky, cesty a stezky, vnitřní komunikace továren, odstavné plochy), mělké základy budov, izolační vrstvy na skládkách odpadu aj.

Po přidání jemné frakce kameniva (0-4), které lze substituovat odpadními surovinami, může KOPOS v méně náročných aplikacích včetně podkladních vrstev podlah, komunikací a podobných ploch nahradit prosté betony [189].

Pojivem může být cement nebo vápno či jiné, odpadní látky, například odpadní vápenné hydráty z průmyslu, odprašky z těžby stavebního kamene a metalurgického průmyslu a odpadní kaly [190].

V České republice je směs KOPOS úspěšně používána relativně běžně v různých aplikacích od roku 1985. Produkuje ji řada výrobců [191].

Kamenivo zpevněné popílkovou suspenzí (KAPS): kostra tvořená hrubšími frakcemi (nejčastěji 32-63) drceného stavebního kamene, prolévaná homogenizovanou směsí vody, klasického popílku a pojiva (cement nebo vápno), popřípadě fluidního popílku a vody [192]. Minimální dávka pojiva je 5-15%, maximální dávka by v případě vápna neměla překročit 17 procent [193].

KAPS nahrazuje jiné prolévané konstrukční vrstvy používané v tělesech vozovek, ve kterých výplňovou směs obvykle tvoří cementové malty (například vibrocem), popřípadě substituují beton [194]. Díky větší pevnosti navíc může dojít k úspoře kameniva v živičném povrchu, jehož síla může být při použití KAPS redukována [195]. Na málo namáhaných stavbách, jako jsou odstavné plochy, prozatímní komunikace na stavenišťích, v dolech či v zemědělství, může KAPS tvořit i krycí vrstvu [196]. Dochází tak k určité úspoře přírodních surovin.

Vysokopecní a ocelářské strusky: podle frakcí mohou být využívány jako substituent drceného stavebního kamene a štěrkopísků v celé řadě aplikací, včetně poměrně náročných.

Různé frakce se hodí do betonu, konstrukčních vrstev silničních komunikací, plání a jiných podložních vrstev nejrůznějších staveb, i jako zásypový materiál například k obsypům inženýrských sítí. Na severní Moravě bývají v menším množství používány

dokonce i do kolejového lože železničních tratí, tato aplikace je však omezena na méně namáhané regionální dráhy [197].

Ocelářským struskám dává poněkud specifické postavení jejich poměrně vysoká objemová hmotnost, dokonce poněkud vyšší než u přírodního kameniva. Ztrácejí proto výhodu lehkého materiálu, významnou především u budov.

Význam metalurgických strusek zvyšuje i skutečnost, že v regionu, do kterého je jejich výroba u nás koncentrována (Ostravsko), je zároveň deficit dostupných zdrojů přírodního stavebního kamene a štěrkopísků. Jen místní betonárny spotřebují ročně kolem 550.000 tun kamene [198].

Možné je úplné využití vysokopecních strusek, běžný standard kvalitní recyklace se pohybuje kolem 95 procent [199]. Problém představuje pouze odpad z elektrických obloukových pecí, který obsahuje příliš mnoho volného vápna, nemá homogenní složení v průběhu vypouštění a obsahuje příliš mnoho těžkých kovů, z 85% proto končí na skládkách [200].

Škváry: využití škvár je limitované. Teoreticky mohou substituovat štěrkopísek a drcený stavební kámen. Aplikace však významně omezují jejich vlastnosti: pórovitost (a z ní vyplývající riziko rozpadavosti) a častý značný obsah vyluhovatelných toxických či korozivních látek. Zatímco korozivní látky a struktura materiálu snižují kvalitu výrobku či stavby, kontaminace toxickými látkami představuje nepřijatelné environmentální riziko.

Destro Kladno: zpracování haldy vysokopecní strusky

Společnost Destro provozuje v Kladně drtící a třídící linku, na které zpracovává haldy vysokopecní strusky. Na tuto činnost přešla poté, co po ukončení výroby oceli v Poldi Kladno ztratila zdroj původního materiálu - ocelářské strusky.

Odpady byly na haldy vyváženy do roku 1965. Jejich obsah je odhadován na 7 miliónů tun [204]. Zhruba 90 procenty se na něm podílí vysokopecní strusky, zbytek tvoří popílek, odpadní šamot, magnezit a zbytky surového železa (0,5-1%) [205].

Linka se dvěma stupni drcení a třídění haldy přepracovává na stavební materiál. Vysokopecní strusky drtí na kamenivo různých frakcí, kterého ročně produkuje kolem 125.000 tun, tedy množství odpovídající zhruba jednomu průměrnému kamenolomu. V samotné výrobě je zaměstnáno 16 lidí, případné zvýšení kapacity by adekvátně vytvořilo další pracovní místa [206].

Největší část - mezi 80 a 90 procenty - drcené strusky převážně hrubších frakcí odebírají stavby silnic [207]. Jemné frakce nejčastěji končí jako obsypy inženýrských sítí. Použitelná je rovněž v cementárnách [208], jako plnivo do betonu - v lehkých betonech by její aplikace navíc umožnila ušetřit cement - či kamenivo pro kolejové lože drah.

Materiál dosahuje vysoké kvality. Jeho vlastnosti jsou srovnatelné, v některých případech i lepší, než u drceného kameniva. Výhodou je přitom poněkud nižší objemová hmotnost. Prakticky jedinou významnější aplikací, ve které je jeho použití vyloučeno, jsou živичné směsi.

Zároveň Destro na svou linku výjimečně dováží čerstvou strusku z Mníšku pod Brdy a Žďáru nad Sázavou, objemy však nepřekračují 100 tun za rok. Každoročně také recykluje menší množství (kolem 10.000 tun) stavebního a demoličního odpadu. [209]

Vedle toho společnost v roce 1996 vybudovala další linku na haldě železářny v Hrádku u Rokycan, kterou později prodala jejímu majiteli.

Podobný významný zdroj na Kladensku představuje Buštěhradská halda. Celkem obsahuje kolem 23 miliónů tun materiálů, z toho kolem 3,5 miliónů tun (15%) vysokopecních strusek, 4,9 miliónů tun (21%) strusky ocelářské a 4,3 miliónů tun (19%) popílku z teplárny [210]. Nejatraktivnější materiál představuje ocelářská struska [211].

Výroba stavebních hmot

Popílký mohou substituovat primární suroviny nebo z nich vyráběné materiály při výrobě stavebních hmot.

Cement: vysokopecní strusky jsou tradičně využívány při výrobě cementu. Slínek tvoří v průměru jen kolem 74% směsi materiálů využívaných při výrobě v českých cementárnách [201]. Zbytek tvoří převážně právě vysokopecní strusky, doplňované popílký, energosádrovcem, chemosádrovcem aj. Od poloviny 40. let české cementárny spotřebovaly přes 60 miliónů tun granulované vysokopecní strusky [202]. Potenciál pro substituci slínku je však již prakticky saturován. Navíc výrobci čerstvou českou produkcí tohoto materiálu díky poklesu hutnické výroby téměř bezzbytku využívají a zdroje vysokopecní strusky jsou „*předmětem konkurenčních bojů mezi cementárnami*“ [203].

Možná je ovšem výroba popílko-struskoportlandských cementů, do kterých je vedle strusky přidáván rovněž popílek. Celkový podíl popelovin v materiálu by neměl překročit 31 procent [212].

Vápno: rovněž při výrobě vápna mohou být popeloviny - společně s recyklovanou cihelnou drtí - použity k substituci primární suroviny. V Německu jsou vyráběna umělá hydraulická vápna, ve kterých přírodní vápno podle způsobu využití (vnitřní vs. vnější omítky) tvoří pouhých 10-25% směsi, zatímco popílek a struska dohromady 40, respektive 65 procent [213].

Beton: výroba betonu představuje jednu z nejvýznamnějších potenciálních možností využití odpadů spalovacích procesů u nás.

Popílký a strusky mohou v betonu substituovat nejen kamenivo (šterkopísek, drobné frakce drceného stavebního kamene), ale rovněž cement. Umožňují to jejich hydraulické vlastnosti, zatímco chemické složení konkrétní popeloviny hraje obvykle spíše druhotnou, až marginální roli. Také náhrada cementu je u nás v praxi využívána již řadu let, zdaleka však ještě nikoli v míře, kterou umožňuje technický potenciál. Bárta et al. konstatují, že

„[v] běžných betonových konstrukcích bytových, občanských a inženýrských staveb lze na základě zkoušek příměs popílku uplatnit z technického hlediska téměř všude“ [214]

V České republice je do betonu přidáváno asi 70.000 tun popílku ročně [215].

Spektrum hodnot, ve kterých se obsah popílku v betonu může pohybovat, je poměrně široké. Nejčastěji se používá 30-60 kg popílku na m³ betonu [216]. Optimální dávka podle současných zkušeností ovšem činí zhruba 80-100 kg/m³. Který materiál v jaké míře nahradí, je otázkou konkrétní receptury, celkový objem použitých popelovin však pravidla pro dávkování musí respektovat. Experimenty však ukázaly, že kvalita betonu se nesnižuje, ani pokud je popílkiem substituováno až 50 procent cementu, tedy většinou více než 100 kg/m³ [217]. Přímá spotřeba popílku v českém betonářství by tedy technicky mohla překročit 600.000 tun ročně a substituovat odpovídající množství cementu.

Ve srovnání s klasickým betonem vykazuje materiál obsahující popílek výrazně kvalitnější hodnoty některých charakteristik. Přes pomalejší tuhnutí vykazují zralé struktury vyšší pevnost. Pucolánové reakce, ke kterým dochází mezi částicemi popílku a CaOH, vytvářejí stabilní vazby a zvyšují tak trvanlivost betonu a jeho neprostupnost, která se

dále odráží ve větší odolnosti vůči korozivním látkám, zvláště významné u zpevněných betonů. Sférické částice popílku zvyšují mobilitu čerstvé betonové směsi a zlepšují tak její zpracovatelnost.

Substituce části cementu popílkem rovněž snižuje množství hydratačního tepla uvolněného při tuhnutí betonu a redukuje tak riziko vzniku prasklin. Tento efekt je zvláště pozitivní především tam, kde je stavební hmota užívána ve velkých masách, například u vodohospodářských projektů.

Pórobetony: v pórobetonech dochází k úspoře surovin vlastně dvěma cestami: odlehčením (toto téma diskutujeme v kapitole 7.3.) a případným použitím popílku jako plniva namísto písků.

Využití této technologie je u nás ovšem spíše na ústupu: k významnému propadu došlo poté, co společnost Hebel převedla závod v Horních Počáplech na pískovou technologii. Ze šesti továren vyrábějících pórobeton jej dnes využívají pouze tři (Poříčí u Trutnova, Ostrava - Třebovice, Most - Kopisty), jejichž podíl na domácím trhu činí asi 20 procent [218].

Případné použití fluidních popílků, obsahujících volné vápno, by navíc umožnilo nahradit nejen plniva, ale část pojiv [219].

Spektrum použití pórobetonu je poměrně široké, patří sem nosné i výplňové prvky v obytných i průmyslových stavbách. Dobré izolační schopnosti a nízká objemová hmotnost, která se pohybuje od 300 do 1200 kg/m³ [220], vyvažují některé horší mechanické vlastnosti.

Potenciál úspory především štěrkopísků je zde tedy poměrně značný. Limitován je především kapacitou závodů s popílkovou technologií. Jeho využití tedy vyžaduje zejména investice do nových výroby, popřípadě změnu technologie těch stávajících, které ovšem do značné míry brání skutečnost, že často jde o závody, které byly v posledních letech se značnými náklady modernizovány.

Malty: popílky mohou substituovat plniva (štěrkopísky, jemné frakce drceného stavebního kamene) i pojiva (cement, vápno) při výrobě maltových směsí. V některých případech i zlepšují jejich vlastnosti.

Živičné směsi: popeloviny mohou být využívány při výrobě živičných směsí a substituovat v nich plnivo - stavební kámen či štěrkopísek, případně i vápencovou moučku.

Cihlářská výroba: popílky jsou využívány jako ostřívo do cihel (podobně jako například odpad z výroby skelných a minerálních vláken, uhelný prach aj.) a představují jeden z druhů odpadů, které tak mohou nahrazovat štěrkopísky.

Umělá kameniva

Zcela specifický případ představuje využití popílků k výrobě umělého kameniva, které může substituovat stavební kámen. V České republice je v současnosti vyráběno výhradně z jiných odpadních materiálů - jílu, získávaných ze skrývky při povrchové těžbě hnědého uhlí (viz kapitola 7.2.).

Umělé kamenivo vyráběné z popílků lze rozlišit podle technologie produkce.

Spékání: kamenivo se z popílku vypaluje na roštu. Palivo zde tvoří zbytky spalitelných částic, které jsou v surovině obsaženy (technologie samovýpalu vsázky), popřípadě navíc přidávané jemně mleté uhlí. Hmota, která obsahuje především popílek a vodu, se na roštu škvaří a po vychladnutí drtí.

Úplným samovýpalem vsázky lze vyrábět umělé kamenivo cinispor, poloprovozní experimenty s jehož výrobou byly začátkem 90. let podnikány v Brně. Zkoušky ukázaly, že kvalitní materiál lze využívat i k výrobě předpjatého betonu. [221].

Zdaleka největším projektem výroby umělého kameniva z popílků byla však linka na produkci agloporitu, zřízená u elektrárny Dětmárovice. Pokusy s produkcí tohoto materiálu začaly již poloprovozem v roce 1967, po kterém následovala prototypová ověřovací linka, spuštěná v roce 1976 v Oslavanech. Pokusem o skutečnou masovou průmyslovou výrobu byla ale až továrna v Dětmárovicích, která zahájila produkci v roce 1983. Původně plánovaná kapacita měla činit 300.000 m³/rok - provoz by tedy nahrazoval těžbu asi 800.000 tun přírodního stavebního kamene -, těchto hodnot však v praxi nikdy nedosáhla, reálný výkon se pohyboval kolem jedné poloviny [222]. V roce 1994 ji ČEZ pro obtíže s rentabilitou uzavřel.

Do této skupiny patří rovněž v zahraničí poměrně běžně vyráběné umělé kamenivo Lytag. ČEZ zvažoval jeho výrobu v mělnické elektrárně, pro nerentabilitu však projekt nerealizoval [223].

Zpevňování za studena: zcela bez jakéhokoli ohřívání lze vyrábět umělé kamenivo z popílku s příměsí 10-14% cementu. V 60. letech takovou linku provozovala Prefa Brno, byla však zastavena. V 90. letech tuto technologii zkoušel brněnský Výzkumný ústav stavebních hmot [224].

Nízkoteplotní ohřev: za teploty kolem 80-90°C se vyrábí umělá kameniva aaderlite. K popílku musí být přidáváno pojivo, obvyklý cement nebo vápno však lze substituovat odpadním energosádrovcem [225].

Bárta et al. [226] zpracovali marketingovou studii uplatnění kameniva aaderlite v západočeském regionu. Dospěli k závěru, že v šedesátikilometrovém okruhu kolem Plzně, kde roční spotřeba stavebního kamene a štěrkopísků činí asi 800.000 tun, reálný technický potenciál spotřeby tohoto materiálu mírně převyšuje 100.000 tun, při stávajících cenových relacích potom zhruba polovinu.

Studie ovšem pracovala se stávající úrovní průmyslové kultury a nekalkulovala tedy s vlivem případného cíleného informačního působení. Tato skutečnost je důležitá proto, že poměrně únosné ceny 193 Kč/tunu, tedy asi 110 Kč/m³, by linka dosahovala při odbytu 160.000 tun [227].

Výroba ovšem vyžaduje blízkost dostatečně velkého zdroje sekundární suroviny. Studie možné výroby umělého kameniva z popílku spalovny v Brně ukázala, že vedle toxicity představuje překážku rovněž příliš malá roční kapacita asi 17.000 tun kameniva [228].

Umělá kameniva z popílků mohou přírodní surovinu substituovat v širokém spektru aplikací, včetně řady takových, kde surové popeloviny nelze použít. Jejich kvalita, například pevnost z nich vyráběného betonu, je srovnatelná s přírodní surovinou. V řadě charakteristik dokonce vykazují lepší vlastnosti: mají podstatně nižší relativní hmotnost, což představuje významné pozitivum nejen při transportu, ale především konstrukční výhodu ve strukturách staveb; větší schopnost izolovat teplo; sférický tvar omezuje dodatečné sesedání vrstev materiálu.

V případě použití fluidních popílků není nezbytné k sekundární surovině při výrobě umělého kameniva pojiva dodávat a dochází tak k další úspoře přírodních surovin. Výrobek přitom dosahuje více než dvojnásobné pevnosti [229].

Potenciál využití

Technický potenciál zpracování tepelných odpadů v České republice se blíží objemu jejich produkce. Jen malé množství těchto materiálů není kvůli jejich vlastnostem možné využít. Omezení představuje zejména obsah rizikových látek, zvyšující toxicitu nad limitní hodnoty, a v některých případech rozpadavost či jiné nepříznivé vlastnosti. Vyloučeny tak bývají především škváry a produkty spaloven odpadů.

V současnosti je ve stavebnictví tím či oním způsobem využíváno kolem 10% domácí produkce popelovin z klasických kotlů, které v celkovém objemu převažují. Většina je odkládána do dolů a na rekultivované plochy. Naproti tomu například v Nizozemí je míra recyklace 100% - byť popílky ani zde nejsou využívány výlučně ke stavebním účelům. [230]

Na rozdíl od stavebních odpadů je využití omezeno především tím, že popílky a energetické popeloviny vůbec mohou v neupraveném stavu nahrazovat pouze některé aplikace drobných frakcí kameniva. Ačkoli statistická data, která by to mohla potvrdit nebo vyvrátit, neexistují, je zřejmé, že k těmto účelům nelze v české ekonomice kolem 9 miliónů tun popelovin (což díky rozdílným objemovým hmotnostem znamená substituci podstatně většího množství přírodní suroviny) při dnešní spotřebě stavebních hmot využít. Navíc značná množství drobných frakcí obsahují rovněž další sekundární materiály. Ani potenciální spotřeba pro výrobu betonu, malt a dalších stavebních hmot či do stabilizací, prolévaných konstrukčních vrstev vozovek aj. není taková, aby bylo realistické očekávat využití popelovin dosahující takového objemu.

Výzkumný ústav maltovin odhaduje, že ve všech těchto aplikacích lze využít maximálně 30% české produkce popelovin - tedy asi 3 milióny tun -, z toho asi jednu až dvě třetiny v nezpracovaném stavu [231].

Tuto bilanci ovšem podstatně mění možnost přepracování na umělé kamenivo. Jeho teoretický technický potenciál je díky širokému spektru aplikací, ve kterém může substituovat přírodní suroviny, mimořádný. Díky nízké měrné hmotnosti představuje například aaderlit, získaný případným zpracováním 5 miliónů tun popílku, ekvivalent necelých 13 miliónů tun stavebního kamene, respektive adekvátně menšího množství šterko-písků.

Otázkou je, nakolik lze tento enormní potenciál využít. V cestě mu stojí řada bariér. Očekávat během několika let dosažení podobného objemu výroby a spotřeby umělého kameniva není realistické. Za během této dekády bez větších obtíží uskutečnitelné považujeme s podmínkou změny ekonomického prostředí nahrazení asi 4 miliónů tun přírodní suroviny.

Bariéry využívání odpadů

Odpady spalovacích procesů jsou využívány již po desítky let. Přesto, podobně jako v případě stavebních a demoličních odpadů, zůstává značná propast mezi potenciálem recyklace a její skutečnou mírou. Recyklováno je pouze kolem 10 procent [232]. Rovněž ve srovnání s některými jinými evropskými zeměmi je míra využití u nás poměrně nízká: například ve Velké Británii se pohybuje kolem 40 procent [233].

Podobné jsou také příčiny, mezi kterými dominují ekonomické a kulturní bariéry.

Charakter překážek je u tepelných odpadů poněkud komplikován variabilitou využívaných materiálů, které nejsou aplikovány jen v původní formě, ale rovněž přepracova-

né (umělá kameniva, popílkové suspenze). To významně ovlivňuje například náklady na výrobu toho kterého materiálu.

Kulturní bariéry: fenomén konzervativního přístupu k volbě materiálu a nedůvěry k inovacím hraje prakticky identickou roli jako v případě stavebních a demoličních odpadů. Rovněž zde je hlavní příčinou nedostatek informací, obavy a podvědomá inklinace k tradičním surovinám.

Právě v případě umělých kameniv, potenciálně využívaných i v relativně náročných aplikacích, ve velkém množství a přitom poměrně odlišných od konvenčního materiálu, představují kulturní bariéry významnou překážku.

Ekonomické bariéry: většina odpadů spalovacích procesů, které nejsou recyklovány, končí v českých podmínkách v závážkách a rekultivaci důlních prostor. Podle zákona tedy nejde o skládkování. Konkurenci ze strany skládek tedy případné využití čelí jen minimálně.

Větší problém představují konkurenční zdroje přírodní suroviny. Vedle kulturních a informačních bariér jsou hlavní příčinou malého zájmu ceny, podmíněné dopravními náklady. Přeprava popelovin na větší vzdálenosti není za současných podmínek (ceny paliv a přírodní suroviny) rentabilní.

V některých případech mohou cenu významně ovlivnit rovněž náklady na zpracování odpadu. Nejvýznamnější případ představuje opět umělé kamenivo, využívané ve výrazně upravené formě. Kalkulace ČEZ ukázaly, že náklady na výrobu lytagu v Mělníku by byly o 30% vyšší než cena přírodního kameniva [234].

Legislativní bariéry: technické překážky využití odpadu se ve skutečnosti často omezují jen na absenci certifikace či norem na aplikaci příslušného materiálu. Například ČEZ považuje za využitelných zhruba 85% svých popelovin, očekává však, že po vydání norem na popílek z fluidních kotlů se tento podíl zvýší asi na 90-95 procent [235].

Na řadu způsobů využití odpadů však technické normy doposud chybí, nebo je nezbytné revidovat stávající. Situace se však rapidně zlepšuje, neboť některá ministerstva (MPO, MDS) i hlavní producenti (ČEZ) na jejich přípravě aktivně pracují. Předpokládá se, že normy na klasické i fluidní popílky, jež připravuje brněnský Výzkumný ústav stavebních hmot, by mohly vstoupit v platnost ještě v průběhu roku 2000 [236].

Kapacita: nedostatek zpracovatelské kapacity limituje výrobu umělého kameniva. V současné době není v České republice žádný výrobce umělého kameniva z popílků. Pro rozvoj této oblasti by byly nezbytné značné investice. Náklady na výstavbu závodu na výrobu umělého kameniva aaderlite o roční kapacitě 200.000 tun jsou odhadovány na 175 miliónů korun [237].

Environmentální bariéry: environmentální bariéry využití těchto odpadů jsou dvojí. Především v případě nezpracovaných popílků může určitý limit představovat radioaktivita a riziko yluhování. Výroba umělého kameniva je často energeticky náročná. Neplatí to sice v případě druhů vyráběných za studena či propařováním, tam ale pozitivní efekt částečně vyvažuje vyšší spotřeba poživ. Na druhé straně ale potřeba vápence, popřípadě dalších cementářských surovin, k jejich výrobě zdaleka nedosahuje množství přírodních materiálů, ušetřených aplikací umělého kameniva. Prosté srovnávání objemů potřebných surovin tedy vychází ve prospěch umělého kameniva.

Energetická náročnost a případně rozdíly v kvalitě území, kde je těžen vápenc a stavební kámen či štěrkopísky, takové srovnání komplikují, neboť již nejde o ekvivalentní kategorie. Prosté srovnání obou materiálů proto provést nelze, jejich rozdílné environmentální dopady je však nezbytné brát v úvahu.

Sociální souvislosti

Metalurgické strusky: recyklace dalšího 1,5 miliónu metalurgických strusek by mohla vytvořit odhadem kolem 120 pracovních příležitostí.

Umělé kamenivo: nahrazení 4 miliónů tun přírodní suroviny umělým kamenivem, které považujeme za podmínky změny ekonomického prostředí za realistické, by podle našeho odhadu vytvořilo kolem 140 pracovních míst.

7.2. Odpady z těžby jiných surovin

Při těžbě jiných nerostných surovin, zejména uhlí, vznikají enormní množství skrývkových materiálů. Významnou část jich tvoří kvalitní a potenciálně využitelné stavební suroviny. Diskutujeme je podle druhu těžené suroviny.

Odpady z těžby uhlí

Pozornost se soustřeďuje především na odpady z povrchové těžby uhlí v Severočeském hnědouhelné a Sokolovské pánvi. Drtivou většinu využitelných surovin zde tvoří jíly, menší část potom štěrkopísky. Charakter doprovodných surovin se pochopitelně lom od lomu liší.

Štěrkopísky a stavební kámen: významnější a využitelná ložiska štěrkopísku se nacházejí v některých severočeských povrchových dolech. Obecně tu převažují méně kvalitní jemnozrnné písky [238].

Na necelých 20 miliónů tun je odhadováno množství meziložních písků v dobývacím prostoru lomu Vršany na Mostecku, který podle předběžných odhadů bude do roku 2035 provozovat Mostecká uhelná společnost [239]. Problém představuje jejich zrnitost, neboť aplikace těchto jemnozrnných písků je limitovaná. Přesto mohou alespoň částečně substituovat jinou surovinu při výrobě betonových prefabrikátů, betonových a maltových směsí, na záspy či podkladní vrstvy vozovek, „pravděpodobně vhodné“ by byly do vápenopískových cihel, po úpravě rovněž k jiným účelům [240]. Významnou bariéru využití za stávajících podmínek v tomto případě představuje rovněž konkurence levnější a výhodnější hrubozrnné primární suroviny z těžeben v nivě Ohře.

Podobná surovina, navíc se zvýšeným obsahem organické hmoty, je získávána a využívána z lomu Libouš na Chomutovsku [241]. Ve vzorcích při novějších zkouškách se zde ale ukázaly také spíše středně- a hrubozrnné štěrkopísky [242].

Nižší kvalita štěrkopísku (především omezená zrnitost), konkurence klasických zdrojů a růst nákladů na těžbu hlavní suroviny (uhlí) při jejich selektivním dobývání vytvářejí významnou bariéru jejich využití. Ve prospěch většího rozvoje využívání těchto surovin by působila především změna ceny přírodních surovin.

Do jisté míry lze využívat rovněž odpadní hlušinu z hlubinné těžby uhlí. Její vlastnosti závisí na konkrétních poměrech dolu. Podle Spudila et al. by množství materiálu v asi 15 haldách na Kladensku, který lze využít ve stavebnictví, mělo překračovat 40 miliónů tun [243]. Například v odvalu dolu Kladno v Němcích je podle odhadů téměř 12 miliónů tun suroviny, prodávané již v současnosti jako drcené kamenivo horší kvality [244]. Otázkou ovšem je, jaká část může skutečně substituovat stavební kámen či spíše štěrkopísky a jaká nahradí jen zeminu.

Lias Vintřřov: výroba umělého kameniva

Keramzit je umělé kamenivo, vyráběné vypalováním expandujících cyprisových jílu. Můžę substituovat stavební kámen a šterkopřsky. Surovina je získávána z odpadního materiálu - skrývky povrchových hnědouhelných dolů.

Ve Vintřřově na Sokolovsku byla výroba keramzitu zahájena v roce 1964. Původně plánovanou kapacitu 150.000 m³ závod překonal již o čtyři roky později, začátkem 70. let činil objem produkce více než 200.000 kubiků [245].

V současnosti vyrábí továrna, kterou převzala německá společnost Lias, ročně kolem 250.000 m³ kameniva, prodávaného pod obchodní značkou Liapor, při asi dvojnásobné technické kapacitě. Spotřebuje k tomu kolem 75.000 m³ (asi 80.000 tun) přírodní suroviny. Asi 50% produkce exportuje, převážně do Německa a Rakouska. [246]

Kolem 60% tohoto umělého kameniva je prodáváno v nezpracovaném stavu, zbytek ve formě prefabrikátů, stavebních hmot (malty) apod. Převážná většina končí ve výstavbě bytových budov. Spektrum vyráběných stavebních prvků zahrnuje tvárnice, stropní konstrukce o specifické výrobky typu komínových tvárnic, schodišť či protihlukových zdí [247].

Podle Lias má již nyní zájem o Liapor „každoročně vzrůstající tendenci“. Společnost odhaduje podle současné situace její hranici za současných podmínek na asi 130-160 tisíc m³. [248]

Potenciál je ovšem nesrovnatelně větší. Poměrně dobré mechanické vlastnosti Liaporu umožňují široké využití v betonových prvcích, zásypech, podložních vrstvách aj. Vedle obecně malé spotřeby stavebních materiálů, způsobené ekonomickou recesí, jej však omezuje cena, příliš vysoká ve srovnání s přírodní surovinou. Společnost považuje za hlavní oblasti, kde by mohlo dojít k rozvoji využití keramzitu jako alternativy k primárním stavebním materiálům, především prefabrikáty v bytové výstavbě a zásypy [249].

Nevýhodou výroby Liaporu je její značná energetická náročnost. Dochází tak k úspoře přírodních surovin na úkor jiného environmentálního negativa.

Keramzitové jíly: zdaleka největší podíl skrývkových materiálů představuje široké spektrum jílu, často využitelných především jako cihlářská surovina. Pro téma analyzované touto studií je relevantní pouze jedna skupina: keramzitové jíly, využitelné k výrobě umělého kameniva.

Keramzit je umělé kamenivo, vyráběné z plastických jílu, které při výpalu expandují. Sférický výrobek má, podobně jako jiná umělá kameniva, slinutý povrch a pórovitou strukturu. Kamenivům vyráběným z popílků se podobá rovněž vlastnostmi: malou měrnou hmotností, dobrou izolační schopností a poměrně dobrými materiálovými charakteristikami (například pevnost).

V České republice je jediný výrobce keramzitu, závod společnosti Lias ve Vintřřově na Sokolovsku. V provozu je bez přerušlení od poloviny 60. let. Jeho roční produkce odpovídá těžbě většího kamenolomu.

Vintřřovský závod využívá jen zlomek keramzitových jílu, které jsou ve skrývkových materiálech u nás dostupné. Jejich potenciál pravděpodobně přesahuje limity spotřeby: Lias, který svou produkcí substituuje ročně kolem 600 tisíc tun stavebního kamene, spotřebuje ročně kolem 10-20% suroviny produkované na Sokolovsku, nemluvě o možnostech využívání skrývky dalších dolů v Podkrušnohoří. Například množství doposud nevytěžené suroviny zbývajících v předpolí lomů Jan Šverma a Hrabák (Vršany) je odhadováno na 85 miliónů tun [250].

Keramzit představuje sice alternativu k těžbě přírodního stavebního kamene či šterkopřsků, jeho výroba je však - i ve srovnání s jinými druhy umělého kameniva - výrazně

energeticky náročná. Hnutí DUHA proto preferuje šetrnější alternativy, například některé technologie výroby umělých kameniv z popílků. Tam, kde jiné nejsou, doporučuje vážít environmentální dopady spotřeby energie a těžby primárních surovin.

Odpady z těžby rud

Těžba rud je v České republice utlumována. Poslední důl, těžící polymetalické rudy s podílem zlata ve Zlatých Horách v Jeseníkách, ukončil provoz v roce 1994. Dobývání uranu bude uzavřeno v roce 2001. Z minulé těžby rud však existuje celá řada hald a jiných úložišť odpadů (odkaliště), které často obsahují značné množství využitelných stavebních surovin.

Využitelnou surovinou v haldách je většinou stavební kámen, popřípadě v menším množství šterkopísky. Odpady z úpravy rud (stará odkaliště aj.) tvoří nejčastěji jemné frakce písků.

Úroveň potenciálně využitelného materiálu je ovšem variabilní. V některých případech jde o poměrně kvalitní stavební suroviny odpovídající stavebnímu kameni z lomů, jindy kamenivo použitelné pouze na méně náročné aplikace, například do různých zásypů.

Úplná evidence obsahu hald a jejich využitelnosti neexistuje. Úvahy o případném přetěžení jsou proto odkázány na výsledky dílčích výzkumů. Například odkaliště Rudných dolů v Kutné Hoře obsahuje kolem 3,6 miliónu tun jemných odpadních písků z úpravy polymetalických rud, využitelných například k výrobě pórobetonu. Jeho zpracování by umožnilo po 25 let vyrábět materiál potřebný k výstavbě 4.000 rodinných domků ročně [251]. Řada hald již byla v minulosti přetěžena a jejich materiál využit, nejčastěji do málo náročných aplikací. Například na Kutnohorsku tak byly prakticky zlikvidovány haldy strusky, zatímco nadále zde zůstává množství odvalů [252].

Haldy jsou soustředěny v regionech, kde v minulosti intenzivní těžba rud probíhala, například na Kutnohorsku, Příbramsku či Jáchymovsku.

Významným limitem je ovšem obsah rizikových radioaktivních či toxických prvků v těchto odpadech. Tento faktor do jisté míry vylučuje využití hald po těžbě uranu: naopak, haldy na Příbramsku, které obsahují kolem 26 miliónů krychlových metrů materiálu, ještě nyní představují „*velmi závažnou zátěž*“ pro okolní prostředí [253]. Přesto je pod podmínkou důsledné radiometrické kontroly a oplachu jednotlivých frakcí odhadem 85% jejich současného objemu - tedy desítky miliónů tun materiálu - využitelných jako stavební surovina [254]. Rizikové prvky se ostatně objevují i v jiných haldách. Na Kutnohorsku jsou to nejčastěji arzen, zinek a kadmium [255].

Při rozhodování o využití odpadů z těžby je třeba brát ohled na environmentální aspekty podobně jako při diskusi o těžbě. Některé starší odvaly či haldy v místech, kde bylo dobývání ukončeno před vyššími desítkami či dokonce stovkami let, již byly rekultivovány a staly se relativně přijatelnou součástí krajiny. Existují i extrémní případy - například výsypka bývalého dolu na zlato Roudný na Vlašimsku byla vyhlášena přírodní památkou, chránící lokalitu několika cenných druhů hmyzu [256]. Obecně je vhodnější přetěžovat zdroje odpadového materiálu než otevírat nové lomy či pískovny, každý takový případ však musí být individuálně hodnocen.

Odpady z těžby průmyslových nerud

Podobně lze v některých případech využívat odpady z těžby průmyslových nerud - v České republice se vedle vápence, diskutovaného v kapitole 5.1., těží především kaolín, sklářské a slévárenské písky, jíly či sádrovec. Jejich potenciál se liší podle suroviny, podmínek konkrétní lokality a způsobu těžby.

Významnější zdroj představují odpadní štěrkopísky z plavení kaolínu. Největší producent u nás, společnost HOB, která se na těžbě kaolínu podílí 70 procenty [257], ročně produkuje přes 900.000 tun kameniva [258].

Využití závisí na zájmu spotřebitelů v konkrétním regionu a kvalitě nabízené suroviny, především jejím třídění. HOB třídí odpadní surovinu na 14 různých frakcí [259]. Naproti tomu Sedlecký kaolín ji dělí pouze na dva druhy, což limituje zájem potenciálních kupců [260].

Při těžbě žáruvzdorných lupků v Novém Strašecí vzniká ročně asi 400.000 m³ skrývky, ze které je využívána opuka (tvoří kolem 25% odpadu) a pískovce především do zásypů a jako maltové písky. Ročně se daří odprodat kolem 10% doprovodných surovin - částečně rovněž k výrobě minerálních izolačních vln, jako izolační jíly či korekční surovinu do cementárny v Králově Dvoře -, ostatní jsou separátně skládkovány a k dispozici pro další spotřebu [261].

Odpady z trasy nových komunikací

Značné množství stavebních surovin - štěrkopísků, stavebního kamene i zemin - vzniká při výstavbě komunikací, zejména potom náročnějších.

V České republice se výstavba komunikací v současnosti omezuje prakticky jen na dálnice a rychlostní silnice. V praxi stavebních firem je obvyklé, že suroviny z trasy dálnice jsou využívány, takže projekt má maximálně vyrovnanou materiálovou bilanci - motivují k tomu finanční důvody, Ředitelství silnic a dálnic navíc takový přístup od dodavatelů výslovně vyžaduje [262]. Například při výstavbě dálnice D5 Plzeň-Rozvadov tak získalo v průměru na každém kilometru přes 250.000 tun stavebního kamene [263].

Větší množství nevyužitého odpadu by patrně vznikalo při potenciální výstavbě vysokorychlostních tratí, kde vysoké nároky na parametry dráhy vedou k rozsáhlé výstavbě tunelů. Výzkum potenciální využitelnosti v případě 51 kilometrového úseku tratě v Itálii ukázal, že zde vznikne kolem 13 milionů tun inertních materiálů včetně vápence a štěrkopísků [264]. Česká vládní koncepce rozvoje dopravních sítí ovšem předpokládá, že „[p]řípadná výstavba nových vysokorychlostních tratí připadá v úvahu až po roce 2010“ [265].

7.3. Substituce jinými stavebními materiály

Vedle vlastní recyklace a využití průmyslových či těžebních odpadů mohou být stavební suroviny substituovány rovněž zcela odlišnými materiály. V této kapitole diskutujeme možnosti využití různých druhů náhrad.

Analýza těchto substitucí je komplikována především jejich variabilním charakterem. Patří sem poměrně banální využití netradičních materiálů k některým aplikacím

v moderních budovách (například přičky z materiálů na bázi odpadní biomasy, pórobe-ton), stejně jako zásadní změna přístupu k architektuře (sláma či nepálená hlína jako stavební materiál).

V obou typech případů je navíc mimořádně obtížné odhadovat potenciál substituce. V prvním případě představuje nedostatek dat o podílu aplikací, které tímto způsobem potenciálně jde nahradit, na aktuální spotřebě přírodních surovin: lze konstatovat, že je poměrně malý, konkrétní hodnoty je však velmi obtížné odhadovat. Do velké míry navíc závisí na charakteru konkrétní stavby a momentální volbě materiálu, která významně podléhá i takovým kulturním faktorům, jako je třeba móda.

Ve druhém případě se k této příčině přidává rovněž dalekosáhlost kulturní změny, kterou jsou tyto substituce podmíněny. Využití především nekonvenčních materiálů vyžaduje výraznou změnu orientace architektury. Reálný potenciál takových substitucí je proto ve střednědobém horizontu zřejmě poměrně malý. Je navíc mimořádně obtížné jej odhadovat. Nelze jej totiž odvozovat od současné praxe či trendů, neboť ty prakticky neexistují, podobně jako jakékoli studie či prognózy. V této kapitole jsme proto většinou nuceni omezit se na poměrně obecnou diskusi.

Diskutujeme zde čtyři druhy alternativ:

- netradiční stavební materiály z minerálních surovin
- netradiční stavební materiály z biologických odpadů
- dřevo
- nekonvenční stavební materiály.

Míra, v jaké tyto materiály štěrkopísek, stavební kámen a vápenec (beton či vápno) nahrazují, se případ od případu liší.

Využití všech těchto materiálů se prakticky omezuje na budovy, zatímco potenciál jejich využití v inženýrských stavbách či komunikacích je přinejmenším významně limitovaný.

Netradiční materiály z minerálních surovin

Do první skupiny alternativních řešení lze zařadit řadu materiálů, vyráběných z minerálních surovin, ať již přírodních, nebo odpadů. Patří sem celá řada produktů. Nejvýznamnější roli mezi nimi hrají lehké betony, které mohou ušetřit přírodní suroviny odlehčením (pórobetony), nebo jejich substitucí odpady (popílek, umělé kamenivo).

Pórobetony: úspory přírodních surovin lze při výrobě pórobetonů dosáhnout dvěma cestami - díky jejich odlehčení, danému pórovitou strukturou, které je nejčastěji dosahováno autoklávováním, a případnému využití popílků jako materiálu.

Substituci štěrkopísků a případně i pojiv v pórobetonu popílkem diskutujeme v kapitole 7.1. Otázka, do jaké míry lze snížení spotřeby těchto surovin dosáhnout samotnou aplikací pórobetonu, tj. využitím jeho relativní materiálové úspornosti, je komplikovanější a závisí na konkrétním řešení, respektive možných alternativách.

Množství 1 m³ surovin postačuje k výrobě až 5 m³ pórobetonu. Spektrum použití pórobetonu je poměrně široké. Patří sem nosné a výplňové prvky v obytných i průmyslových stavbách. Potenciál úspory především šterkopísku je zde tedy poměrně značný. Pórobetonové stavební prvky ovšem především v obytných budovách substituují spíše cihelné zdivo. Ačkoli v cihlářské výrobě jsou často šterkopísky užívány jako ostřívo, v celkové bilanci tak paradoxně dochází ke zvýšení, nikoli snížení spotřeby šterkopísku, vápna a cementu. Odhad skutečné surovinové bilance při substitucích by tedy vyžadoval podrobnou analýzu materiálových toků (především srovnání poměru aplikací betonového a cihelného zdiva a možností jejich substituce pórobetonem), která není k dispozici.

Případný pozitivní efekt použití šterkopískových pórobetonů ve srovnání s klasickými betonovými prvky ovšem nic nemění na tom, že obecně podstatně větší úsporu představuje využití materiálu popílkového.

Využití minerálních odpadů v lehkých betonech: vedle aplikace odpadních surovin v pórobetonech může být umělé kamenivo z nich vyrobené užíváno rovněž ve výrobě jiných lehkých betonů.

Využíván zde může být keramzit (podrobněji viz kap. 7.2.), umělá kameniva vyráběná z popílků (viz kap. 7.1.) či samotné odpady (viz kap. 7.1.). V posledním případě (škváry, vysokopecní struska) ovšem nízká kvalita využití někdy značně omezuje.

Lehké betony mohou nahradit klasický beton v řadě aplikací, včetně poměrně náročných, ať již jde o litý beton, nebo betonové prefabrikáty a výrobky. Potenciál je zde tedy značný, pohybuje se zřejmě i v desítkách procent. Jeho využití brání především kulturní a informační bariéry (nezvyklý materiál, nedostatečné povědomí o jeho možnostech) a především absentující kapacita produkce i vysoká cena umělých kameniv.

Energosádrovec: odpadní materiál z odsířování kouřových plynů v elektrárnách. Společnosti Knauf a Rigips ve spolupráci s ČEZ vybudovaly v posledních letech v blízkosti elektráren Počerady a Mělník dva závody na využití energosádrovce. Kvůli citlivosti na vlhkost a vodu se využití omezuje na interiéry budov. Většina produkce je využívána na výrobu sádrokartonových desek, které v řadě aplikací mohou substituovat příčky a podobné stavební prvky z přírodních surovin. Vlastnosti materiálu neumožňují využití na intenzivně namáhaná místa, omezuje se proto vesměs na strukturní, nikoli nosné prvky.

Vedle toho se přes 300 tisíc tun energosádrovce z některých českých elektráren (Počerady, Opatovice, Mělník, Chvaletice, Dětmárovice) využívá jako substituce přírodního materiálu k regulaci tuhnutí cementu v cementárnách, to se však bezprostředně netýká surovin diskutovaných touto studií [266].

Netradiční stavební prvky z biologických odpadů

V některých aplikacích je možné využívat rovněž obnovitelných surovin, nejčastěji biologických odpadů.

Například ze slámy vyráběné panely Stramit představují častěji náhradu za dřevo, mohou však substituovat rovněž například cihlovou zeď (malta, šterkopísky jako ostřívo do cihel) či betonové ztracené bednění [267].

Druhou skupinu potom tvoří materiály, ve kterých jsou nerostné stavební suroviny nahrazovány pouze částečně. Nejčastěji sem patří nejrůznější lehké betony, kde plnivo

představuje dřevo nebo biologický odpad, či dřevocementové desky. Vyráběny z nich jsou tvárnice, různé desky či ztracené bednění. Dochází tak k úspoře stavebního kamene či šterkopísků. Příklad představují třískocementové desky a tvárnice Durisol, které u nás již nyní ročně nahradí odhadem kolem 15.000 tun stavebního kamene či šterkopísků.

Potenciál rozvoje těchto materiálů omezují aplikace, zejména u obytných budov je ale poměrně značný.

Dřevo

Dřevo je tradiční materiál využívaný především ke stavbě obytných a rekreačních budov či objektů služeb. V poslední desetiletích jeho využití značně ustoupilo, význam by mohl opět růst, což by znamenalo podstatnou úsporu minerálních stavebních surovin ve stavebnictví [268]. Zkušenosti z Německa či Rakouska takový trend rovněž naznačují [269]. Environmentální limity v současnosti těžbu dřeva výrazně neomezují: roční přírůst již řadu let přesahuje objem těžby o několik miliónů krychlových metrů [270].

Nekonvenční stavební materiály

Nezanedbatelný potenciál úspor stavebních surovin představuje využití nekonvenčních, rustikálních stavebních materiálů, především k výstavbě obytných domů, popřípadě budov služeb. Architekti experimentují zejména s nepálenou hlínou a slámou.

V prvním případě jde o tradiční materiál, využívaný po staletí především ve venkovské architektuře zejména jižní Moravy a severozápadních Čech, dnes však již ponejvíce opuštěný. Pokusy oživit tento materiál se v Československu objevily v 50. a 60. letech., kdy z něj byla vybudována řada staveb (zemědělské budovy, rodinné domy) [271].

Využití nepálené hlíny v architektuře představuje substituci jedné neobnovitelné suroviny jinou, tedy postupu, kterému se tato studie vyhýbá. Postavení tradičního materiálu a způsob jejího získávání (často jde o zeminu z místa stavby) i zpracování ji však brání klást na roveň s klasickou těžbou a jejími environmentálními dopady.

Naproti tomu sláma je jako materiál v našich podmínkách skutečnou novinkou. Může být použita jako výplňové zdivo do dřevěného, betonového nebo ocelového skeletu, ale i k výstavbě nosných stěn do výšky 3,4 metru [272]. Stavby, ve kterých se slaměná stěna potahuje pletivem a omítá směsí jílu, vápna a obilných plev, mají dobré izolační schopnosti a potřebnou požární odolnost i strukturální vlastnosti - ve Spojených státech takové domy stojí již přes 100 let. Budovány byly především na přelomu 19. a 20. století v Nebrasce, která trpěla nedostatkem dřeva [273]. V České republice probíhají dva experimentální projekty na Českobudějovicku a Lounsku [274].

V obou případech ovšem jde o významnou kulturní změnu v přístupu k architektuře, nesrovnatelně hlubší než při náhradě zdiva či betonových prefabrikátů dřevem, nemluvě již o substituci stavebního kamene či šterkopísků umělým kamenivem nebo drceným recyklovaným betonem. V současnosti navíc rozvoji brání absence potřebných norem. Její dlouhodobý potenciál je tedy sice značný, v perspektivě zhruba příští dekády ovšem lze počítat pouze s okrajovým využitím.

Třískocementové desky Durisol

Durisol je mezinárodní společnost se sídlem v Kanadě, která původně švýcarskou technologií vyrábí třískocementové panely a tvárnice. Založena byla v roce 1934. Provozuje továrny ve více než deseti zemích, včetně jedné v České republice (Všeradice u Berouna). Ta vznikla na začátku 70. let, v privatizaci připadla společnosti Durisol.

Štěrkopísek či stavební kámen v betonu nahrazuje jako plnivo vodním sklem mineralizované dřevo, které tvoří kolem 90 procent hmotnosti materiálu. Český výrobce využívá čerstvého smrkového dřeva [275], zatímco severoamerické továrny suroviny recyklované [276]. Pojivo představuje cement.

Nejčastěji bývá Durisol využíván jako plášťový stavební systém stěn a stropů budov. Může tak být použit v prakticky jakýchkoli budovách až do výšky 25 poschodí [277]. Český výrobce odhaduje, že kolem 80% produkce se užívá na výstavbu rodinných domů a po deseti procentech na bytové domy a nebytové, většinou průmyslové budovy [278]. Do bednění z panelů je naléván čerstvý beton. Aplikace Durisolu umožňuje jeho významnou úsporu ve srovnání se železobetonovou konstrukcí: síla betonové stěny je méně než poloviční. Podobně jako v případě pórobetonů však spotřeba kameniva - a především cementu - paradoxně stoupá, nahradí-li Durisol cihlové zdivo.

Vedle toho může být využíván jako alternativa k jiným, méně náročným betonovým konstrukcím, jako jsou protihlukové zdi podél komunikací, v průmyslových objektech aj., či nenosné příčky v interiérech.

Nezanedbatelný environmentální efekt představuje velmi dobrá tepelná izolace, jež šetří energii na vytápění, a relativně malé množství odpadů vznikajících na staveništi. Český výrobce se zabývá možností jejich recyklace [279].

V České republice Durisol vyrobí ročně kolem 200.000 m² třískocementových desek. Spotřeba surovin činí asi 6.500 m³ dřeva a 1.500 tun cementu. [280]

8. Snížení konečné spotřeby surovin

Předchozí kapitoly analyzují potenciál efektivnějšího využívání šterkopísků, stavebního kamene a vápenců, respektive jejich substituce jinými, odpadními nebo obnovitelnými materiály.

Vedle toho je ovšem možné redukce poptávky po primární surovině docílit snížením konečné potřeby materiálu. Z environmentálního hlediska je prevence optimálním způsobem, jak spotřebě předejít. Tuto oblast diskutujeme v poslední kapitole.

Definice této oblasti je poněkud obtížná. V zásadě by do ní mělo patřit například využití celých výrobků získaných selektivní demolicí: pokud znovu využijeme cihly z demolovaného domu, jde *sensu stricto* o opakované využití výrobku, nikoli recyklaci. Z praktických důvodů však tyto příklady diskutujeme v kapitole, zabývající se odpady, zatímco téma této části omezujeme na případy, kde skutečně dochází k eliminaci konečné spotřeby jakéhokoli materiálu, bez ohledu na to, zda by šlo o primární zdroj, substituent, recyklaci či opakované využití.

V zásadě existují dva způsoby, jak snížení konečné spotřeby dosáhnout: prodloužení životnosti výrobku, který je spotřebou materiálu získáván, nebo redukce jeho konečné spotřeby.

V této kapitole diskutujeme čtyři konkrétní okruhy, při kterých lze očekávat významnější úspory surovin:

- úsporné projektování a prodloužení životnosti staveb, zejména budov (8.1.)
- lepší využití existujících staveb, vedoucí ke snížení potřeby nové výstavby (8.2.)
- omezení výstavby nové dopravní infrastruktury (8.3.)
- úspora vápenců na odsiřování (8.4.).

8.1. Úsporné projektování a životnost staveb

Důraz na úspory materiálu a životnost při projektování budov může ušetřit množství surovin. Množství možných opatření je vysoké, jejich variabilita i závislost na podmínkách konkrétní stavby značná a potenciál proto obtížně odhadovatelný.

Životnost staveb může vedle obecně většího důrazu na kvalitu při výstavbě například vyšší využití tradičních stavebních materiálů. Například keramická nebo cihelná dlažba má poněkud větší životnost než betonové dlaždice a především moderní plastové podlahy, pálená krytina vydrží déle než živičná [281].

Mimo jiné právě proto ovšem může prodloužení životnosti v krátkodobé a střednědobé perspektivě paradoxně vést spíše ke zvýšení, nikoli snížení spotřeby surovin. V každém případě se jeho efekt až na výjimky projeví až za časovým horizontem sledovaným touto studií.

Ze stejného důvodu mohou být cíle úsporného projektování a dlouhodobé životnosti staveb někdy v rozporu. Mezi opatření nesporně pozitivní patří například vyhýbání se

nadbytečným strukturám, standardizace některých rozměrů v budově, výběr místa i jiná opatření s ohledem na minimalizaci nové výstavby infrastruktury a nových povrchů [282]. Pokud například firma zaměstnance motivuje k využívání veřejné dopravy, nemusí budovat parkoviště [283]. Naproti tomu sporný efekt může v některých případech mít například využití strukturálního materiálu rovněž jako povrchu [284]. Rovněž je třeba již při projektování uvažovat efektivnost případné budoucí demolice budovy [285].

Efekt různých opatření musí být analyzován v jednotlivých konkrétních projektech.

8.2. Využití existujících staveb

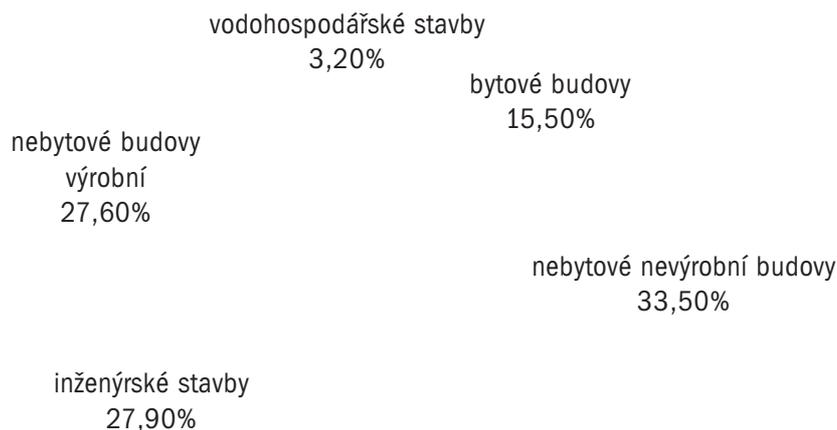
Značná část stavebních surovin je využívána v konstrukci různých budov. Podílejí se například 48% na spotřebě cementu. Případné efektivnější využívání existujících staveb by proto mohlo znamenat významnou úsporu přírodních surovin. Celá řada budov či jejich částí je dočasně nebo dlouhodobě nevyužívaná, určitý potenciál úspor tedy existuje.

Efektivnější využití poněkud komplikují rozdíly v účelu jednotlivých budov. Jejich využití se obvykle řídí specifickými požadavky a je omezeno z nich vyplývajícími zvláštními charakteristikami. Ty tedy limitují možnost převádět budovy mezi různými účely podle aktuální poptávky a potřeb.

Využití především průmyslových budov je omezeno nejen konstrukcí staveb a jejich bezprostředního okolí, ale rovněž lokalizací, která nejen brání - především z kulturních důvodů - jejich přeměně na bytový fond, ale rovněž často do značné míry předurčuje jejich konkrétní průmyslové využití.

Významnou specifickou skupinu budov tvoří bytová výstavba. Její podíl na výstavbě není rozhodující: na spotřebě cementu v nových budovách se podílí asi 15% (viz 4.2.), ze zakázek stavebních firem spíše shodou okolností než díky úzké korelaci představuje asi 16 procent [286]. Je ale specifická svým poměrně uniformním charakterem. Hodnocení trendů a možností jejich ovlivnění, které by ovlivnilo spotřebu surovin, by v případě podstatně diferencovanějších nebytových budov bylo nesrovnatelně obtížnější.

Graf 3. Podíl jednotlivých druhů staveb na ceně stavebních zakázek (1998)



Zdroj: ČSÚ 1999 [287].

Objem bytové výstavby se v 90. letech oproti předcházejícím dekadám výrazně snížil - stejně tak ovšem i počet ztracených (demolovaných) bytů. Po počátečním dramatickém poklesu došlo opět k růstu, v roce 1997 počet zahájených staveb bytů překonal hranici 30.000 [288]. Změnil se rovněž technický charakter domů: oproti 98% v roce 1990 se o šest let později panelové domy podílely na výstavbě jen 31%, zatímco podíl bytů z cihel, tvárníc a bloků - tedy klasických obytných domů - vzrostl na 66 procent [289]. Mezi materiály převažují domy se železobetonovou konstrukcí, významná je rovněž výstavba tradičních zděných budov [290].

Odhaduje se, že potřeba bytů by mohla dosahovat až 290.000 [291]. To ovšem nevyovídá o koupěschopné poptávce, která je nesporně nižší, a tedy ani o potenciální výstavbě.

Spotřeba surovin se podle druhu staveb výrazně liší, řádově však jde podle druhu budovy o desítky až stovky tun převážně štěrkopísků, stavebního kamene a cementu (beton, malty) a cihlářské suroviny (cihly aj.) na byt. Další významnou spotřebu zároveň představuje budování infrastruktury (služby, komunikace, inženýrské sítě). Využití alternativních možností získávání bytů proto může znamenat podstatnou úsporu surovin. Nedostatek statistických dat ovšem brání jakékoli kvantifikaci potenciálu, dokonce i odhadům. Jsme proto odkázáni na kvalitativní charakteristiku nabízejících se způsobů úspor.

Prázdné byty

K určité úspoře by mohlo například dojít vyšším využitím bytového fondu, tedy pokud by se podařilo dosáhnout obsazení části nevyužívaných bytů.

Centrální údaje o počtu neobsazených bytů neexistují. Je navíc zřejmé, že řady fakticky prázdných bytů jejich nájemci nepřiznávají [292]. Statisticky dokumentovat tyto případy je prakticky nemožné. Zkušenosti z Velké Británie ukazují, že podíl neobsazených bytů na celkovém fondu činí v důsledku přirozených jevů (dočasně prázdné byty při stěhování, opravy apod.) v optimálním případě asi 1% [293].

Využití prázdných bytů se neprojeví pouze v úspoře materiálu nezbytného k výstavbě samotné budovy. Protože většina nových obytných budov je dnes budována v suburbánních lokalitách nebo přímo mimo intravillány, je spojena rovněž s výstavbou nové infrastruktury (inženýrské sítě, dopravní komunikace, služby).

Přestavba nebytových budov na byty

Za poslední dvě dekády byla řada průmyslových budov v západní Evropě a severní Americe přestavěna na byty a kancelářské prostory. Kulturní limity přitom nehrají významnější roli - naopak, tento druh bytů se stal poměrně oblíbeným zejména mezi mladými lidmi. Ve Velké Británii jejich hodnota rostla i na konci 80. let, kdy trh s byty zažíval obecnou depresi [294].

Rovněž v České republice byty adaptací nebytových budov vznikají - ročně několik stovek [295]. Nicméně právě kvůli významnému kulturnímu aspektu nelze zkušenost západních zemí automaticky aplikovat na naše podmínky, navíc množství podobných dostupných budov není největší. Přesto stojí tento potenciál za zmínku, mimo jiné jako poměrně vzácný případ převádění průmyslových budov na zcela odlišný účel.

Nesrovnatelně významnější je proto výstavba nových bytů formou přístaveb či dostaveb existujících budov, která podobně znamená ve srovnání s novou budovou úsporu řádově desítek procent objemu stavebních surovin. Ekonomický tlak učinil tento typ výstavby v posledních letech atraktivním: na celkové bytové výstavbě se podílí asi 20 procenty [296].

Výstavba v městských centrech

Ze stejného důvodu je z hlediska spotřeby materiálu výhodnější využívat potenciálu zvýšení kompaktnosti měst (oživení center, vytváření satelitních center v okrajových čtvrtích) před suburbánní výstavbou na zelené louce. Úsporu surovin nelze v tomto případě kvantifikovat ani přibližně, neboť závisí na celé řadě neznámých - objemu nové výstavby, podílu výstavby na zelené louce, konkrétních lokálních podmínkách (vzdálenost od centra, požadavky na infrastrukturu aj.). Je však zřejmé, že může být značná.

8.3. Výstavba silniční infrastruktury

Výstavba silniční infrastruktury (převážně dálnic a rychlostních silnic, méně pak silnic I. třídy či doprovodných staveb) je podle výrobců s 22% po nebytových budovách druhým největším spotřebitelem cementu. Významně - patrně ještě větší měrou, přesná data však neexistují - se podílí na spotřebě stavebního kamene a štěrkopísků.

Existuje více variant výstavby především sítě dálnic a rychlostních silnic. Tři byly v letech 1998-99 předmětem posuzování vlivů koncepce rozvoje dopravních sítí na životní prostředí. Vláda na návrh ministerstva dopravy a spojů schválila maximální variantu a odmítla alternativy. Ty předpokládaly významnou redukci celého projektu a v některých případech výstavbu méně náročných komunikací - rychlostních silnic namísto dálnic, respektive silnic I. třídy namísto rychlostních.

Volba některé z alternativ by znamenala výraznou redukci spotřeby materiálů. Pro potřeby této studie srovnáváme vládní variantu a návrh Českého a Slovenského dopravního klubu [297], který předpokládá:

- vypuštění některých úseků (například v případě silnice R49 Tlumačov-Fryštáksk. hranice)
- v jiných případech snížení kapacity (R28 namísto dálnice D8)
- nahrazení celých nových tahů kombinacemi obchvatů sídel a zkapacitnění stávajících silnic (D3).

Variabilita dat o spotřebě materiálů ovšem odhad potenciální úspory významně komplikuje. Příčinou nemusí být jejich nespolehlivost. Promítají se do nich výrazné rozdíly mezi projekty. Spotřeba je ovlivněna charakterem terénu, náročností odvodnění a množstvím mostů, doprovodných staveb, přeložek sítí, místních komunikací či případně tunelů. Rozdíl mezi oběma analyzovanými variantami zahrnuje víceméně proporčně různé druhy projektů: varianta ČSDK například redukovánějšími záměry nahrazuje

výstavbu dlouhého dálničního úseku v nížině (D11) a jiného typického v pahorkatině (D3).

Pro odhad potenciální spotřeby a úspory materiálů při různých variantách výstavby sítě využíváme kalkulace kilometrové spotřeby Martiše et al. [298]. Její předností je zpracování z velkého vzorku - vychází z údajů ministerstva dopravy a spojů, odhadovaných na základě zkušeností s výstavbou komunikací v celé České republice (tab. 8). Pro srovnání uvádíme zároveň odhad Hájka, opírající se o zkušenosti velké stavební společnosti (Stavby silnic a železnic) se dvěma typickými dálničními projekty.

Tab. 8. Spotřeba stavebních surovin v tunách na kilometr rychlostních silnic a dálnic

Zdroj: Martiš et al. 1999, Hájek 1999 [298]

Pozn.: ¹ stavební kámen i štěrkopísky

Určitou komplikaci odhadu představuje skutečnost, že varianta Českého a Slovenského dopravního klubu předpokládá náhradu některých úseků rychlostních silnic nebo dálnic silnicemi I. třídy, jejichž celková délka není známa. Na celkové délce navrhované sítě by se však neměly významněji podepisovat [299].

Volba varianty ČSDK by znamenala snížení celkové spotřeby stavebního kamene a štěrkopísky na tento záměr zhruba o 22 miliónů tun, cementu potom asi o 1,2 miliónu tun - v obou případech jde o asi 60% úsporu.

Vláda přitom předpokládá, že do roku 2010 bude (podle finančního vyjádření) provedeno 95% plánovaných stavebních prací (není zahrnuta příprava, tedy především úpravy terénu, při kterých nejsou suroviny využívány) dálnic a 64% rychlostních silnic [300]. Znamená to v této dekádě v průměru ročně spotřebovat kolem 2,5 miliónu tun kameniva a 130.000 tun cementu ročně - ve skutečnosti ovšem nebudou práce mezi jednotlivé roky rozloženy zcela rovnoměrně.

Je ovšem na místě otázka, zda lze očekávat splnění plánů MDS. V letech 1991-96, období, kdy byla česká ekonomika relativně na vzestupu, se dokončovalo jen málo přes 11 kilometrů ročně [301].

Otázkou je ovšem věrohodnost těchto údajů. Podle názoru Hnutí DUHA je třeba k nim přistupovat se značnou rezervou. Varující je již porovnání s odhady Hájka (tab. 8): spotřeba - a tedy rovněž objem úspory v případě volby méně náročné varianty - se u nich v případě kameniva zvyšuje téměř na dvojnásobek.

Podstatně nápadnější je ale rozdíl mezi daty producentů, podle kterých se silniční stavitelství a bezprostředně spojené projekty podílí na spotřebě cementu více než 20%, a těmito výsledky, které ukazují na podstatně menší objemy. Fakt, že zvláště v případě cementu se data ze dvou na sobě nezávislých zdrojů ve hrubém srovnání shodují, však naznačuje, že chybné jsou spíše údaje výrobců.

Výstavba dálnic: volba mezi variantami

Bez ohledu na nepřesnost konkrétních dat je zřejmé, že výstavba dálnic a rychlostních silnic se významnou měrou podílí na spotřebě stavebních surovin. Volba varianty, která předpokládá podstatně menší rozsah jejich výstavby, by tedy významně redukovala těžbu stavebního kamene, šterkopísků a prostřednictvím cementu i vápna rovněž vápenců.

Na druhé straně ovšem výstavba dálnic představuje jeden z významných bodů ekonomické politiky vlády. Je úspora stavebních surovin adekvátním přínosem za podstatnou redukci programu rozvoje dopravních sítí? Odpověď na tuto otázku vyžaduje diskutovat jeho další implikace.

Dopady spotřeby stavebních surovin navíc nemohou být izolovaným kritériem pro posuzování různých variant dopravní politiky. Minimálně proto, že samotná výstavba infrastruktury sama o sobě má často větší environmentální dopady než dobývání potřebných surovin - například představuje podstatně rozsáhlejší zásah do krajinného rázu a přírodních stanovišť.

Hnutí DUHA podporuje alternativu Českého a Slovenského dopravního klubu. Úspora surovin pro toto stanovisko není rozhodující. Vedou jej k němu především dopravní, ekonomické a environmentální důvody.

Dopravní aspekty: výstavba nových dálnic a rychlostních silnic má podle deklarovaného cíle vytvořit novou kapacitu a odlehčit tak stávajícím tahům. Dálnice nesporně minimálně po jistou dobu po uvedení do provozu vytvářejí nové dopravní spojení, zkracují dopravní vzdálenosti a urychlují dopravu. Za prvé je však řada navrhovaných projektů naddimenzována oproti skutečným potřebám. Za druhé výzkum dopravních trendů v západní Evropě ukázal, že přidaná kapacita generuje další silniční dopravu [302]. Původní problémy, zejména kongesce, se tak pouze odsouvají a zároveň intenzifikují. Výstavba nových dálnic proto znamená pouze dočasné řešení, v dlouhodobější perspektivě dopravní situaci zhoršuje a vyvolává nové náklady. Britská vláda v reakci na toto zjištění v roce 1994 zmenšila program výstavby silnic o třetinu a v následujících letech v jeho redukci pokračovala [303].

Ekonomické a sociální aspekty: konvenční teorie předpokládá, že „výstavba řádně husté dálniční sítě podnítl a povzbudí ekonomický rozvoj ve stagnujících regionech“ [304]. Teoretické modely i empirická evidence však v posledních letech ukázaly, že tato teze je mylná. Ekonomický efekt výstavby nové infrastruktury na periferní regiony je v řadě případů neutrální nebo negativní [305]. Empirický výzkum byl přitom prováděn ve Španělsku, zemi s hustotou dálniční sítě srovnatelnou s Českou republikou. Ukazuje se, že efektivnější by bylo cíleně investovat finanční prostředky do vnitřního ekonomického rozvoje deprivovaných regionů.

Environmentální aspekty: důsledky těžby spotřebovávaných surovin nepředstavují jediný negativní environmentální dopad výstavby dálniční infrastruktury. Projekty často představují značný zásah do krajinného rázu a fragmentaci hodnotných krajinných celků - typickým příkladem je vedení dálnice D3 dolním Posázavím či tahu D8 napříč CHKO České Středohoří. V řadě případů, mezi které patří střet D11 s okrajovou částí národní přírodní rezervace Libický luh, dochází k poškození či ničení cenných přírodních stanovišť. Generovaný automobilový provoz vytváří další znečištění ovzduší, především oxidem uhličitým a lokálními polutanty (tuhé částice, troposférický ozón, NO_x, uhlovodíky). Na druhé straně výstavba dálnic často odvádí dopravu a tedy i znečištění z měst a obcí. Tohoto cíle však v řadě případů lze dosáhnout i jinými prostředky.

Výstavba dálnic přitom představuje významnou položku státního rozpočtu, který každoročně zatěžuje desetimiliardovými částkami. S ohledem na negativní environmentální dopady, často neutrální či záporný ekonomický efekt a skutečnost, že dlouhodobě neřeší dopravní problémy, je namísto uvažovat o alternativních koncepcích. Hnutí DUHA je přesvědčeno, že výrazně preferovanou prioritou rozpočtové politiky v tomto sektoru by měla být veřejná doprava.

Dálnice D8 vs. rychlostní silnice R28

Spor o úsek dálnice D8, který prochází Českým Středohořím, se stal jednou z nejvýznamnějších kontroverzí nad projekty nové dopravní infrastruktury. Záměr se stal terčem kritiky především ministerstva životního prostředí, ekologických organizací a některých obcí.

Hlavním důvodem kritiky je výrazný zásah do přírodního parku Východní Krušné hory (délka průchodu trasy dálnice přesahuje 4 km) a především chráněné krajinné oblasti České Středohoří: délka průchodu CHKO je 15,5 km, z toho téměř 5 kilometrů připadá na území Evropské ekologické sítě (EECONET), tedy nejcennější centrální část CHKO. Vedle toho varianta Ředitelství silnic a dálnic povede k likvidaci téměř 1,3 ha prvků územního systému ekologické stability [306].

Děti Země prosazují alternativní řešení - modernizaci silnice I. třídy č. 7 na čtyřpruhovou rychlostní silnici R7 (Praha-) Slaný-Louny-Postoloprty a vybudování zcela nového tahu R28 Postoloprty-Most-Mníšek-státní hranice. Tato trasa prochází přes centrální Krušné hory a ekonomicky i sociálně mimořádně deprivovaný region Mostecka. Základní úkol - zajistit nové vysokokapacitní silniční spojení z Prahy do Drážďan - beze zbytku plní.

Alternativní varianta má nesporné environmentální i ekonomické výhody. Nezasahuje do chráněné krajinné oblasti. Nelikviduje žádné prvky ÚSES, počet biokoridorů a biocenter, která kříží, je srovnatelný s dálnicí D8 [307]. Nároky na státní rozpočet jsou podstatně nižší, činí 12,9 miliardy korun oproti 20 miliardám u vládní varianty. Navíc se vyhýbá geologicky komplikovanému území, kde je budování masivního dálničního tělesa spojeno se značným rizikem sesuvů půdy.

Rovněž však alternativní varianta znamená značnou úsporu surovin. Výstavba sporné části dálnice D8 by podle hrubého odhadu pohltila o 11.000 tun cementu a především o 227.000 tun kameniva více, než alternativní trasa.

Tab. 9: Srovnání spotřeby surovin při výstavbě dálnice D8 přes České středohoří a alternativní trasy R28