

TSEMENDI JA BETOONI TOOTMINE NING KESKKOND*

Olav Sammal PhD, OÜ ETUI BetonTEST juhatuse esimees Vello Salumaa, fib (CEB-FIP) ERL INFOPUNKTI hooldaja

Kaasaegse tsemendi arendas välja J. Aspdin 1824. aastal. Tööstuslik tootmine algas 1825. Tänapäeval ulatub maailmne tsemendi aastatoodang üle 15 000 miljoni tonni.



Tsemendi põhitoormaterjalid on lubjakivi, savi ja erinevad jäätmed, mis omavahel segatakse, peenestatakse ning kuumutatakse pöörlevas põletusahjustemperatuuril üle 1450 °C. Vaheprodukt (klinker) eemaldatakse põletusahjust ning jahvatatakse koostisainetega (nagu kips jm).

Tsemenditootmisprotsess on püsiv ja muutumatuna, kuid seadmeid ja tehnoloogiat on arendatud tublisti. Näiteks kuulveskite asendamine vertikaalveskitega toorsegude peenendamisel/jahvatamisel vähendas energia kulu. Suureks probleemiks on agatahketehäätmete taaskasutamine.

Suurel hulgal tsementi ja betooni tarbiv ehitustööstus sõltub ressursidest, mida Maal leidub õnneks külluslikult. Seega on betoon odav materjal ning järelikult lubjakivikasutamise tsemendi tootmisel ja betooni äärmisena (~70% betoonist) jätkub.

20. sajandil ei võtnud inimkond oma tegevustes keskkonnasäästlikkust vajalikul määral arvesse, mistõttu on esile kerkinud tõsised inimühiskonna saatust puudutavad probleemid. 21. sajandi peamine ülesanne on: õppida keskkonna keerukat süsteemi mõistma ja hooldama.

Ehitustegevuses vabaneb mürgiseid gaase, mis koormavad loodust ning põhjustavad muudki probleeme. On ilmne, et tasakaalustava ühiskonna rajamisel on võtmesõnaks "säästev areng", mida vaadeldakse kahest põhiaspektist: infrastruktuur ja tehnilise arengu kontseptsioon.

Keskonna infrastruktuur toob kaasaseaduslikud piirangud rahvusvahelised lepingud, mis käsitlevad ressursisideringlemist, energeetilis kasutegurit, CO₂ emissiooni ja teisi keskkonnaprobleeme. 1997. aasta Kyoto protokollis nõutakse, et Jaapan, USA ja Euroopa Liit vähendaksid kasvuhoonegaaside emissiooni 2010. aastaks 6,7%.

Tänapäeval tunnetavad inimesed keskkonnatahtsust jätavad pingutusi soodsama arengu nimel. Seetõttu on

CO ₂ emissiooni maht (OECD65) (1000 tonaas, varased aha (aastakümneid))	
USA	5 28 714
USA	1 19 360
Suurbritannia	51 35
Saksamaa	91 710
Prantsusmaa	50 210
Brasiilia	5 914 810
OECD Euroopa	1 555 760
EL	1 000 210
OECD maailm	10 670 910
Müüa (OECD Euroopa)	881 105
Hiina	299 810
Hiina (kesk)	2 660 210
Hiina (Põhja)	2 660 210
Hiina (Lääne)	2 660 210
Hiina (Põhja)	2 660 210
Hiina (Lääne)	2 660 210
Hiina (Põhja)	2 660 210
Hiina (Lääne)	2 660 210
Maailm	2 825 710

Tabel 1

esmatähtsidentifitseeridajakäivitada ühendatud tehnilise arengu kontseptsioon.

Kasvuhoonegaaside (eriti CO₂) hulka kontrollimine on üks tähtsamaid ülesandeid. Süsinikdioksiidi sisaldus õhus suureneb igal aastal (1...1,5) x x 10⁻⁴% ning selle tagajärjeks on kliima ja ökosüsteemide muutused jmt.

Kogu tööstuse süsinikdioksiidi "toodangust" moodustab ehitustööstus olulise osa. Jaapanis näiteks aastaumbes 1 triljonist tonnist (vt tabel 1) 13,6%.

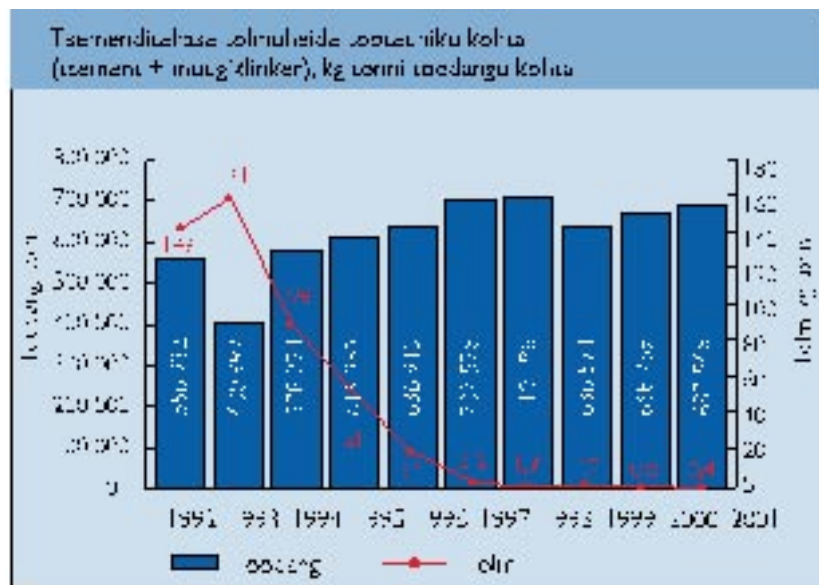
Ehitustööstus peab CO₂ koguste vähendamiseks kõvasti pingutama. Süsinikdioksiidi öökupaiskamise kavatakse maksustada tariifiga piirides 2...5 eurot tonni kohta (aastal 2010 võib see maks ulatuda 15 euroni).

CO₂ emissiooni kõrval on suur probleem jäätmekäitlemine. Aastal 1993 tekkis näiteks Jaapanis 15 miljonit tonni üldisi ja 84 miljonit tonni tööstusjäätmeid. Suurlinnad, nagu Tokyo ja Osaka, eisaenam jäätmekäitluskohtade arvu suurendada. Eestiski leidub loodus rohtukasvanud, kasutamata betoonidetailid. Ehitistalammutusjäätmeid tarbeks kasutamiseks ei saameil veel rääkida.

Hetkel seisab Euroopa tsemenditööstus silmitsi hulga uute nõuetega (IPPC – Integrated Pollution Prevention and Control), mille rakendamine eeldab senisest suuremalt kui kolmekordset keskkonnamõju.

Ohtu on niitokusemendi ja pardandusemendi (OPC) loomiseks vajalik tootmismaterjalide hulgas ning CO ₂ emissiooni tennides (Jaapani kogemustel)				
Tootmisprotsent	Ohtu on niit		OPC	
	H ₂ O	CO ₂ emissioon	H ₂ O	CO ₂ emissioon
Lihtsaim	0,180	100796	1,19	105 11
Sev	0,180	0,000544	1,19	0,000 17
Parandusvõimega	0,180	0,00081	1,19	0,001 7
Liht	0,180	0,00172	1,19	0,001 1
Kõrgem	0	0	1,19	0,00086
Kõrgem	0	0	1,19	0,00181
Lihtsaim	0,180	0	0	0
Parandusvõimega	0,180	0	0	0

Tabel 2



investeeringuid.

EETS (European Emissions Trading Scheme) võib viia CO₂ tõkestamise hindadeni, mida tsemenditööstus ei saa endale lubada. Lisakstõuse energia hind; seda pole enam võimalik neutraliseerida. Tsemenditööstus on aga väga energiamahukas, samas madala tööintensiivsusega. Energiakokkuhoid ja CO₂ emissioon on surutud piirini, midavõib saavutada tehnilistemeetmetega. Jäätmete käitlemine, ühendatud tootepoliitika ja kliimamuutused võivad järgneval paaril aastal olla suureks vabatahtlikele kokkulepetele. Mõningates Euroopa riikides see juba toimib.

CEMBUREAU (The European Cement Association) on järjekindlalt väitnud, et vabatahtlikelepinguid eelistatakse käskudele ja kontrolli kaudu reguleerimisele.

50 eksperti ehitustööstusest, teadus-instituutidest, standardiseerimisorganisatsioonidest ja valitsusorganitest on

kohtunud Euroopa Komisjoniga ning arutanud, kuidas arendada harmoneeritud olelutsükli analüüside (LCA) ja tootmisvarude andmete (LCI) töötlemisvahendeid, millega hinnata ehitustoodete keskkonnamõju.

CEMBUREAU tervitab Euroopa Komisjoni initsiatiivi harmoneerida ehitustoodete keskkonnamõju hindamisvahendeid. Ehituspõhine tsenaarium "Keskkonna eurokoodeksid" käsitleks pigem ehitiste keskkonnamõju hindamist kui individuaalseid ehitustooteid. Olelutsükli analüüsimisel arvestatakse ehitiste keskkonnamõju hindamist nende projekteerimis- ja ehitusfaasistalates, kasutusajalammutusel ning "jätkusuutlike ehitiste" skeemiga lõpetades.

Meetmete hulgas, mida Euroopa Parlament nõuab, on:

- biokütuselahenduste kasutamise soodustamine;
- sorteeritud tööstuslike jäätmetera-

- valveerimine;
 - transpordis, eramajapidamises ja põllumajanduses tekkivate kasvuhoo- negaaside ühtse käsitlusstrateegia väljatöötamine.
- Jaapani sõjaväljatöötatusuurehulgamunitsipaali jäätmetebaasi valmistatav nõkotsement (vt tabel 2).

Kunda Tsemenditehas

Eesti põhjarannikule, praeguse Kunda linna maadele, rajati tsemenditehas 1870. aastal. Tehaskasvasjauu enespe- valt. Ehitati uusitehaseid. Viimaneist, neljas, alustas tööd 1961. aastal kahe 4 x 150 m pöördahjuga, 1974. aasta lõ- pukstöötas jubanelitaolistahju. Tehase võimsus oli üle miljoni tonni aastas.

Kaheksakümnendate aastate lõpuks oli tootmistehnika vananenud ja olu- selt kulunud. Eriti halvas olukorras olid tolmupüüdmissaadmed. Taaskerkis üles vajadus teha põhjalikult uuendada. Tolmuheide välisõhku ületas kehtivaid norme 1992. aastal kümneid kordi, muud keskkonnamõjud olid tunduvalt väiksema tähtsusega ega kujutanud endast suurt ohtu. Seetõttu suunati tähelepanu tolmureostuseliikvideerimisele, millest kujunes keskkonnakaitselise

Tolmupüüdmissaadmete efektiivsus viiraste moodumise ardnitel (2001/2002)

Saadmete liik	Tolmuheide (mg/m³)		Tolmuheide, mg/m³
	ühik	tegelik	
Maalaind	90	20	1
Maalaind	90	10	1,4
Muud saadused	90	40-45	0,11-0,15
Tsemendisaadused	90	36-10	0,09-0,11
Klinkeriteid	90	3,4-3,5	0,09-0,09

Tabel 3

Alteeritud vee poletamine tsemendiahjudes, t/a

Aasta	Võimsus	Põlevkivide	Põlevkivi
2000	235	0	0
2001	223	1115	5320
2002	2912	1085	5000

Tabel 4

tegevuse peamine eesmärk.

Sel eesmärgil asutati 1992. aastal aktsiaselts Kunda Nordic Tsement, kes tehase arendamiseks ja uue sadama ehitamiseks investeeris aastatel 1993–2001 kokku üle 700 miljoni krooni, sh keskkonnakaitses üle 200 miljoni. Rekonstrueeriti ka pöördahju ja neile

vastavhulkjahvatusseadmeid, mis kõik varustati uut tolmupüüdmissaadmetega. Need töötavad stabiilselt ja nende efektiivsus vastab Lääne Euroopa tsemenditehastele kehtestatud nõuetele. Kahe pöördahju aastane võimsus kokku on kuni 650 tuhat tonni klinkrit. Kolmas pöördahi 1998. aastal konserveeriti

Tsemendi koostis ja omadused ning keemiline koostis

Tsemendi liik	Materjalid				Jahvatuspeensus, eripind m²/kg	Tardumine		Le Chatelier mm	Veevajadus %	Survetugevus MPa		
	Klinker %	Kips %	Põletatud põlevkivi %	Lubjakivi %		algus min	lõpp min			1 päev	2 päeva	28 päeva
CEM II/B-T (T-L) 42,5R Komposiitsement	69,5	1,5	21,0	8,0	450	180	270	5,0	28,0	15	27	55
CEM II/B-T 42,5R Põlevkivi normaaltsement	72,0	1,0	27,0		370	160	230	6,0	26,0	14	26	55

Tabel 5

Põlevkivi normaaltsement CEM II/B-T 42,5R

	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	SO ₂	Fe ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Cl	IR	C
kehtiv	20,5	62	1,5	0,1	1,5	1,5	0,1	0,2		52	0,15

Tabel 6

Komposiitsement CEM II/B-T (T-L) 42,5R

	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	SO ₂	Fe ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Cl	IR	C
kehtiv	20,5	62	1,5	0,1	1,5	1,5	0,1	0,2		52	0,158

Tabel 7



ja selle elektrifilter lammutati. Ahju renoveerimine koos uue elektrifiltri paigaldamisega jätkavitamine võib tulla päevakorda, kui tsemendi tarbimine peaks märgatavalt kasvama.

Lubjakivi ja savisaadakse tehase karjääridest, mis asuvad tsemendi tootmiskohast vastavalt 8 ja 2 km kaugusel. Kütusenakasutatakse Eesti põlevkivi. Alates 1999. aastast täidab Kunda Nordic Tsementi alternatiivsete kütuste ülemineku programmi. Põlevkivi kütteväärtuse langetamiseks kasutatakse eelneva aastasuvest kõrgem kütteväärtusega naftakoksivõikivisütt (20...30% kütuse üldkogusest).

Kunda Nordic Tsemendi peamiseks ülesandeks on tootaklinkrit ja erinevaid tsemente (portlandtsementi ja portlandpõlevkivitsementi). Tsementitarnitakse tarbijatele sisetarnveokitega või kottides euroalustel. Kaubaklinkrit veetakse välja laevadega Kunda sadamast. Tsemenditehase juurde kuuluv Kunda sadam uuendati ja avati 1994. aastal. Ettevõtte toodab ka lubjakivi killustikku.

2001. aastal tootis Kunda Nordic Tsement 629 000 tonni klinkrit ja 405 000 tonni tsementi, milleks kulus 346 000 tonni klinkrit. Tsemendist 218 000 tonni turustati Eestis, ekspordiks läks 182 000 tonni; klinkrit eksporditi 277 000 tonni.

Tehnilised meetmed aastatel 1993–2001

Alates 1998. aastast töötab Kunda tsemenditehases kolm tsemendiveskit. Kõik tehnoloogilised põhiseadmed on varustatud uut tolmutöötlusseadmetega. Klinkri jahutajate multitsüklonid on veel uuendamata. Renoveeritud ahjudele monteeriti uued efektiivsed elektrifiltrid. Kolmele kütuse- ja neljale



tsemendiveskile ning ahjutolmu silole on paigaldatud uued kottfiltrid, uuendatud on ka tsemendi pakkimismasinat filtrid. Ehitati uued ja tolmutuvad lahtisetsemendiladimise sõlmed ning klinkrilintidele monteeriti uus aspiratsioonisüsteem koostolmutfiltritega. 2001. aastal monteeriti kottfilter lubjakivi lõugpurustile.

Tänu uutele tolmutöötlusseadmetele on Kundas ja tehase mõjualas alates 1997. aastast välisõhu tolmuühikusaldus Eestis kehtivast normist pidevalt madalam – uutest filtritest väljuvate heitgaaside tolmuühikusaldus vastab Lääne-Euroopas kehtestatud nõuetele. Uute tolmutöötlusseadmete efektiivsust näitab tabel 3.

Kõige paremini seloomustab muudatus tsemenditehase seadmetest välisõhku suunatud tolmu kogustootehiiku kohta (tsement + müügiklinker), mis 2001. aastal oli 0,4 kg/t (vt graafik).

Gaasiliste heitmete, NO_x , SO_2 ja CO sisaldus renoveeritud pöördahjude ning uue gaasil töötava kombijaama heitgaasides jääb üldtunnustatud pii-

ridesse. Hajuvusarvutuste järgi on tsemenditehasest põhjustatud NO_x , SO_2 ja CO ühe tunni keskmine võimalik maksimaalne sisaldus Kunda linna ja ümbruse välisõhus Eestis lubatud piirväärtusest väiksem. 2001. aastal emiteeris Kunda Nordic Tsement CO_2 652 000 tonni, mis on väga väike kogus – ca 2,10⁻⁴% Euroopa Liiduse emiteeritavast kogusest.

AS Kunda Nordic Tsement on välja arendanud uue nn komposiitsemendi CEM II/B-M (T-L) 42,5R tootmise. See tsement sisaldab klinkrit 2...3% vähem, seega alanevad kütusekulu ja CO_2 heitmed õhku.

Euroopa tsemendistandard EN 197-1 seab tsementidele Cl-sisalduse ülempiiriks 0,10%. Eesti tsemendistandard (EVS 635:1999) lubab II/B-T tüüp tsemendide Cl-sisalduseks 0,12%. Põlevkivituha keskmine Cl-sisaldus on 0,42%, mis tähendab, et põlevkivi lendtuha saab tsemendile lisada kuni 27%. Standardile EN 197-1 vastava tsemendi tootmiseks võib lisada ainult 21% põlevkivilendtuha. Seega suureneks klinkri kogus tsemendis 6% võrra. Tabelites (5, 6, 7) on toodud põlevkivi normaaltsemendi ja komposiitsemendi võrdlusandmed.

AS Kunda Nordic Tsemendi keskkonkaitseliste investeeringute üldmaht aastatel 1993–2001 oli kokku 220 miljonit krooni, sh 2001. aastal 28,2 miljonit krooni.

2002. aastal jätkatakse laialdase katseprogrammiga alternatiivkütuste, s.o mitmesuguste tööstus- ja olmejäätmete põletamiseks tsemendiahjudes. Ettevõtte tulevikueesmärgiks on asendada tehnoloogilise kütusest 20...30% põlevate jäätmetega. Sellega säästetakse looduslikku kütust, kuid mis veelgi tähtsam – hävitatakse kahjulikke jäätmeid. Tsemendiahi on taolise ülesandete täitmiseks tühikärgel temperatuurile ja ahjusoleva materjali leeliselisusele parim lahendus. Kuid lisaseadmeteta jäätavate tehnoloogiate siiski toime ei tule.

Kokkuvõttes võib öelda, et Kunda Nordic Tsement on Eesti tsemenditööstuse viimaseleuronõuetetasemele teinud viimastelaastatelt tõhusat tööd.

* Ehitaja eelmises numbris sattus artikli "Tsemendijabetoonitootmine ning keskkond" tabelissenr 5 segadust tekitav viga. Seetõttu avaldame artikli täies mahus uuesti.