

**EESTIS ENAMLEVINUD MAAVARADE
(LIIV, KRUUS, DOLOKIVI, LUBJAKIVI)
KAEVANDAMISEL JA TÖÖTLEMISEL VÄLISÕHU
SAASTEAINETE HEITKOGUSTE ARVUTAMISE
METOODILINE JUHEND**

Nimetus: Eestis enamlevinud maavarade (liiv, kruus, dolokivi, lubjakivi) kaevandamisel ja töötlemisel välisõhu saasteainete heitkoguste arvutamise metoodiline juhend

Avaldatud 18.08.2025

Väljaandja: Keskkonnaamet

Koostaja: LEMMA OÜ

Autorid: Piret Toonpere, MSc
Anna Setskaja, MSc
Andrus Veskioja, MSc
Helen Opp, MSc
Ain Tõnts, MSc

Viide: Keskkonnaamet. 2025. Eestis enamlevinud maavarade (liiv, kruus, dolokivi, lubjakivi) kaevandamisel ja töötlemisel välisõhu saasteainete heitkoguste arvutamise metoodiline juhend.

Ülevaade juhendi muudatustest:

Muudatuse kuupäev	Muudatuse asukoht	Muudatuse lühikirjeldus

Sisukord

Sisukord	3
Sissejuhatus	4
1 Maavarade kaevandamine	5
2 Heitkoguste arvutamine	8
2.1 Katendi eemaldamine	8
2.2 Puurimistööd (lõhkeaukude puurimine)	9
2.3 Lõhketööd	10
2.4 Hüdrovasaraga kobestamine	11
2.5 Purustamine ja sõelumine	12
2.6 Puistematerjali laadimine	14
2.7 Konveierilindi kasutamine	15
Lisad	17
Exceli põhine arvutustabel liiva ja kruusakarjääri heitkoguste arvutusteks	17
Exceli põhine arvutustabel lubjakivikarjääri heitkoguste arvutusteks	17

Sissejuhatus

Käesolev juhend on suunatud maavarade kaevandamise ja töötlemisega seotud ettevõtetele, konsultantidele ja Keskkonnaameti spetsialistidele (kes tegelevad välisõhu eriosaga kaevandamislubades).

Juhend käsitleb Eestis enamlevinud maavarade (liiv, kruus, dolokivi, lubjakivi) kaevandamisel ja töötlemisel tekkivate saasteainete heitkoguste arvutamist. Tegu on soovitusliku juhendmaterjaliga keskkonnalubade taotlustes ja keskkonnamõju hindamistes saasteainete hetkeliste ja aastaste heitkoguste arvutuslikuks hindamiseks.

Juhend käsitleb pealmaa kaevandustegevuse ja karjäärides toimuva maavara töötlemisel järgmiste protsesside saasteainete heitkoguste arvutamist: katendi eemaldamine, puurimistööd, lõhketööd, hüdrovasaraga kobestamine, materjali purustamine ja sõelumine, puistematerjali laadimine ja konveierlindi kasutamine.

Juhendi koostamisel on võetud eelduseks, et kõik arvutustes kasutatavad sisendandmed on arvutuslikud lähtudes maavara kaevandamisel olemasolevast infost. Keskkonnalubade taotluste koostamisel ja keskkonnamõju hindamisel võib alati arvutuslikke parameetreid asendada otseste mõõtmiste tulemustega, kui neid on olemas.

Saasteainete osas on lähtutud keskkonnaministri 14.12.2016. a määrusest nr 67 „Tegevuse künnisvõimsused ja saasteainete heidete künniskogused, millest alates on käitise tegevuse jaoks nõutav õhusaasteluba“ ja 27.12.2016. a määrusest nr 75 „Õhukvaliteedi piir- ja sihtväärtused, õhukvaliteedi muud piirnormid ning õhukvaliteedi hindamiskiirid“ toodud saasteainetest.

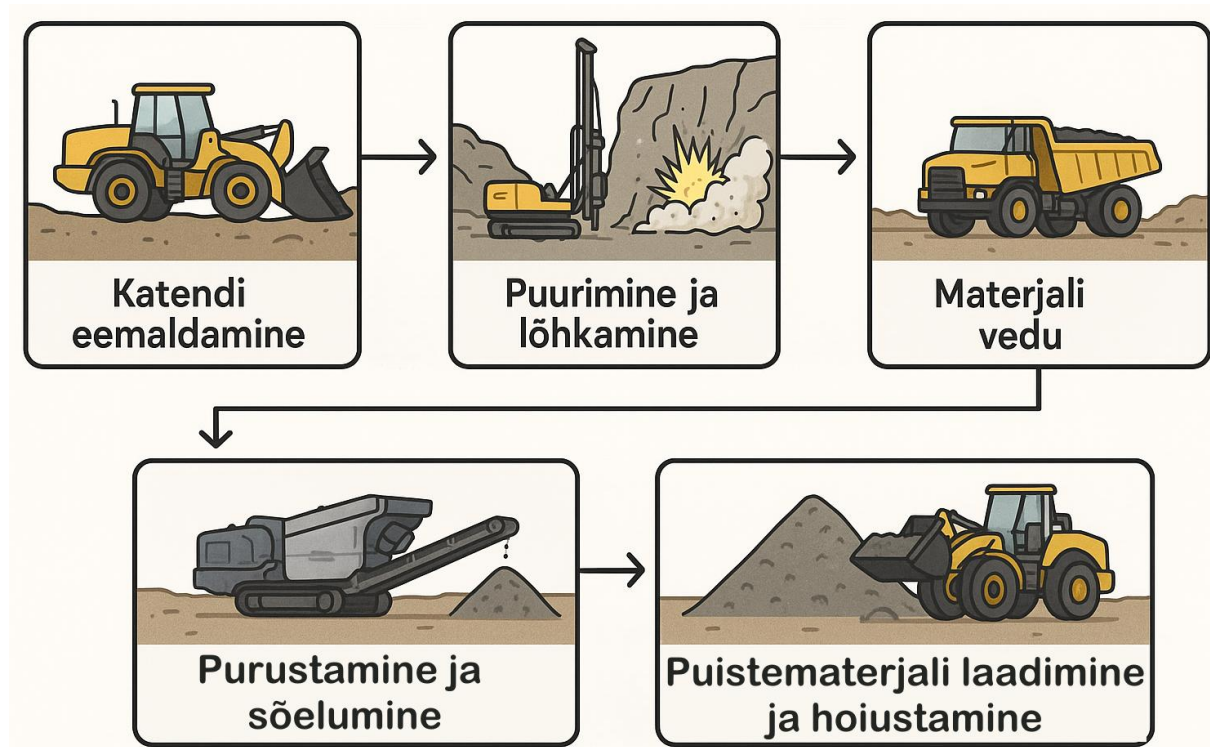
Karjäärade territooriumil paiknevad purustus-sorteerimissõlmed, paiksed purustid ja sõelumisseadmed on töötanud traditsiooniliselt diiselkütusega. Paikses seadmes diiselkütuse kasutamisel on tegu põletusseadmega, mille heitkoguseid võib olla asjakohane kajastada keskkonnalubades. Põletusseadmete heitkoguste hindamist käesolev juhend ei kajasta. Põletusseadmete heitkogused kuuluvad hindamisele lähtuvalt Keskkonnaministri määrusele 24.11.2016 nr 59 „[Põletusseadmetest ja põlevkivi termilisest töötlemisest välisõhku väljutatavate saasteainete heidete mõõtmise ja arvutusliku määramise meetodid](#)“. Süsinikdioksiidi heitkoguseid tuleb hinnata lähtuvalt Keskkonnaministri määrusest 27.12.2016 nr 86 „[Välisõhku väljutatava süsinikdioksiidi heite arvutusliku määramise meetodid](#)“.

Kasutatavate seadmete puhul on asjakohane arvestada, et üha enam võetakse mäetööstuses kasutusele elektriliste ajamitega seadmeid, mille puhul suitsugaaside heitkoguseid ei ole vaja arvestada.

1 Maavarade kaevandamine

Eesti ehitussektoris kasutatakse laialdaselt looduslikke ehitusmaavarasid nagu liiv, kruus, lubjakivi ja dolokivi. Nende maavarade kaevandamine (avakaevandamine karjäärides) ja töötlemine (nt purustamine ja sõelumine eri fraktsioonidesse killustikuks) on olulised tööstusprotsessid, millega paratamatult kaasneb saasteainete (eeskätt PM-sum, PM10, PM2,5) heide välisõhku.

Liiva, kruusa, lubjakivi ja dolokivi kaevandatakse Eestis üldjuhul karjääridest avakaevandamise meetodil. Tüüpilise kaevandamisega kaasnev õhuheiteid põhjustavate tegevuste skeem on esitatud Joonis 1. **Materjalide laadimist võib sealjuures esineda tavapärase kaevandustegevuse raames mitmel korral.**



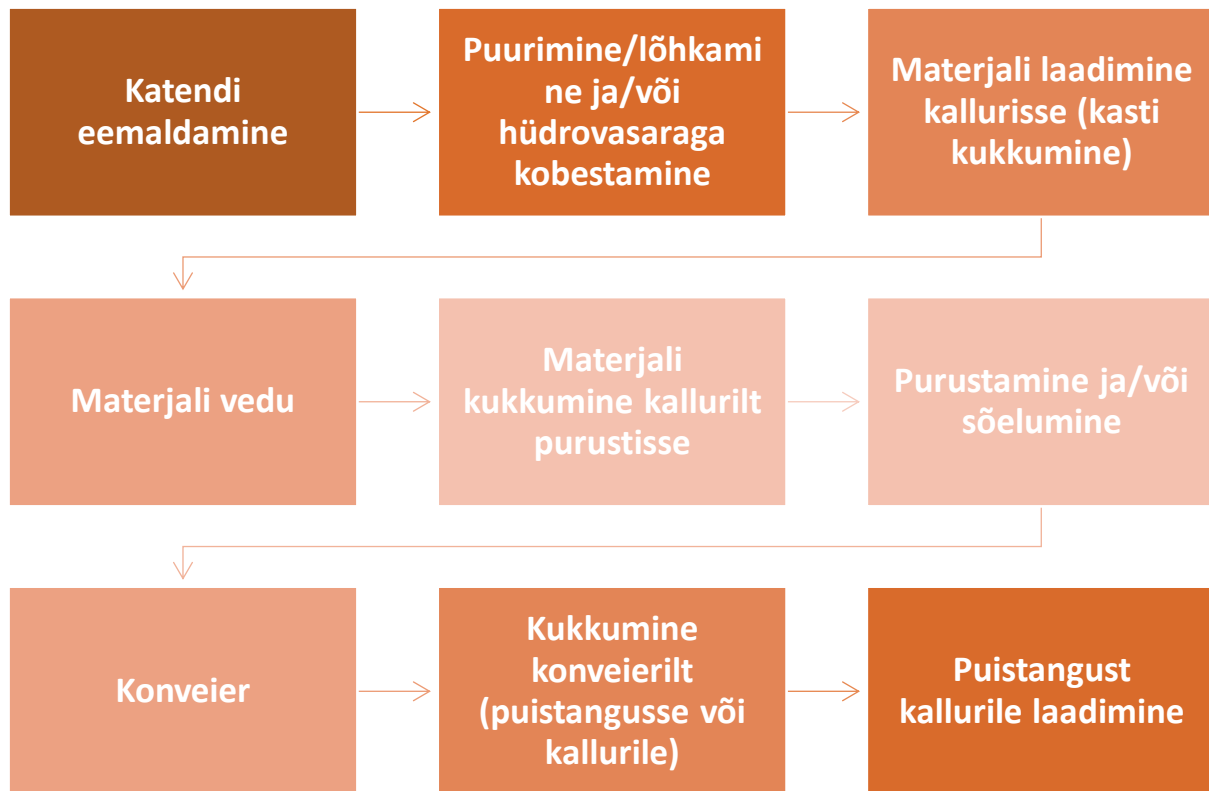
Joonis 1. Kaevandustegevuse õhuheiteid põhjustavad tegevused.

Karjääri kasutuselevõtul on esimeseks tööetapiks maavaravaru pealse katendi eemaldamine. Katendiks nimetatakse mäenduskes kõike, mis lasub maavaralasu peal. Katendiks on taimestik, pinnas ja lahtine kivimaterjal, mida on vaja eemaldada, et alustada maavara kaevandamist. Katendi eemaldamist teostatakse tavapäraselt frontaallaaduritega ja buldooseritega ning materjal ladustatakse karjääri territooriumile ning üldjuhul kasutatakse hiljem karjääri korrastamisel.

Liiva ja kruuskarjäärides toimub seejärel maavaravaru kaevandamine. Tüüpilised kaevandamisviisid on ekskavaatorite, frontaallaadurite või teisaldatavate kopp-seadmete kasutamine. Liivakarjäärides on kasutusel ka näiteks pinnasepump-süvendajad, et kaevandada piisava sügavusega veealuse liiva varu.

Lubjakivi ja dolokivikarjäärides on vajalik enne maavaravaru väljamist see lahti murda ehk raimata. Selleks kasutatakse kas hüdrovasaraga kobestamist või lõhkamist. Kaevandamisviisi detailid (nt lõhkamisskeem jms) sõltuvad maavara füüsilistest omadustest ja lasundi struktuurist, ent üldiselt on eesmärk materjal võimalikult ühtlase suurusega tükkideks lõhkuda, et vähendada edasise purustamise energiakulu. Liiva ja kruuskarjäärides lõhkamise ja hüdrovasaraga kobestamise vajadus puudub, sest seal ei ole tegu kaljuse kivimiga.

Lubjakivikarjäärides esinev tavapärane protsessi skeem on kujutatud järgneval joonisel.



Joonis 2. Karjääris toimuvate õhuheidet põhjustavate tegevuste protsessiskeem.

Pärast maavara kaevandamist (välja kaevamist tavaliselt laaduri abil) transporditakse see karjäärialal paiknevasse töötlemiskohta. Transport võib toimuda näiteks konveieri, veoki või liiva puhul allpool põhjavee taset toimuva kaevandamise puhul pumpade abil.

Liiva ja kruusa puhul toimub seejärel materjali töötlemine, mis seisneb selle sõelumises ja vajadusel ka purustamises. Liivakarjäärides on valdavaks materjali läbisõelumine. Väljasõelutud kivid võidakse ka purustada. Kruusakarjäärides toimub materjali purustamine (tavaliselt ühekordne) ja vajadusel ka eri fraktsioonidesse purustamine. Materjali omadustest sõltuvana on võimalik liiva- ja kruusakarjääride puhul ka, et olulisel määral materjali töötlemist ei toimu. Kaevandatav materjal laetakse veokitele ja müüakse tootena.

Lubjakivi puhul on purustamine ja sõelumine laialt levinud töötlemisviis karjäärialal. Tänapäeval on materjali töötlemiseks kasutusel purustus-sorteerimissõlmed, milles on kombineeritud jadamisi eri fraktsioonidesse materjali purustavad purustusseadmed ja eri fraktsioonidesse sõelumist võimaldavad sõelad. Eri purustite ja sõelade vahel liigub materjal mööda konveierlinte. Võimalik on ka mitme eraldiseisva seadme kasutamine (nt purustusseade ning sõelumisseade). Sellisel juhul toimub ühest seadmest järgmisesse materjali laadimine kasutades kopplaadureid. Purustus-sorteerimissõlmede väljundiks on eri fraktsioonidesse sorteeritud killustik. Lubjakivi karjääride puhul on tavapärane materjali mitmekordne purustamine ja mitmesse eri fraktsiooni sõelumine.

Dolokivi puhul toodetakse üldjuhul plaate jms suurefraktsioonilisi tooteid. Sõelumist ja purustamist esineb oluliselt vähem kui lubjakivi karjäärides. Madalamargilisest dolokivist toodetakse siiski ka Eestis killustikku.

Killustiku kui puistematerjali hoiustatakse karjääri territooriumil puistangutena ning transporditakse kallurautodega tootena karjäärist välja.

Kivimaterjali kaevandamine ja töötlemine tekitab kõigis etappides osakeste (tolmu) heidet. Heide tekib igas etapis, kus materjali laetakse (esineb materjali kukkumine), nagu maavara laadimine purustisse, toodangu laadimine kallurisse ning materjali kukkumine purustist sõelurisse või sõelurist puistangusse. Samuti tekib tahkete osakeste heide purustamisel ja sõelumisel.

Heidet on võimalik vähendada kasutades erinevaid meetmeid nt kastmissüsteemid purustitel ja konveieritel, filtritega varustatud aspiratsioonisüsteemid (tolmueemaldus) kinnistes sõelumismajades või filtrid. Lisaks kasutatakse ka katteid purustite ja sõelurite konveieritel. Mõnedel juhtudel viiakse osa materjali puhul läbi ka pesemisprotsesse – näiteks nõuetele vastava peenkillustiku tootmiseks saab pestes eraldada lubja jahvatusjärgse tolmu. Pesemisprotsessid õhuheiteid ei põhjusta.

Karjääride territooriumil paikevad purustus-sorteerimissõlmed, paiksed purustid ja sõelumisseadmed töötavad tavapäraselt diiselkütusega. Paikses seadmes diiselkütuse kasutamisel on tegu põletusseadmega, mille heitkoguseid võib olla asjakohane kajastada keskkonnalubades. Põletusseadmete heitkoguste hindamist käesolev juhend ei kajasta. Põletusseadmete heitkogused kuuluvad hindamisele lähtuvalt Keskkonnaministri määrusele 24.11.2016 nr 59 „[Põletusseadmetest ja põlevkivi termilisest töötlemisest välisõhku väljutatavate saasteainete heidete mõõtmise ja arvutusliku määramise meetodid](#)“.

Karjäärides kasutatavate mobiilsete sõidukite (kallurid, laadurid) sisepõlemismootorite heiteid keskkonnalubades heiteallikatena ei kajastata, sest tegu ei ole paiksete heiteallikatega. Heitena kajastatakse materjali laadimistegevuste käigus eralduv osakeste heide. Samas tuleb tähele panna, et mobiilseid purustus-sorteerimissõlmesid, mida karjäärides pikemaajaliselt kasutatakse, on loataotlustes vajalik heiteallikatena kajastada (nii osakeste heite osas protsessidest kui asjakohasel juhul ka heitgaaside heited).

Senini ei ole Eesti keskkonnalubades heiteallikana kajastatud tuuleheidet karjääride alalt ning ka käesolev juhend ei näe selle kajastamise vajadust loataotlustes ette.

2 Heitkoguste arvutamine

Antud juhendis kaevandamistegevusest eralduvate heitmete arvutamiseks on kasutatud Kanada Keskkonnaameti (Environment Canada) poolt koostatud metoodikat - *Pits and Quarries Guidance*¹. Metoodika tugineb omakorda valdavalt USA keskkonnaagentuuri (United States Environmental Protection Agency - US EPA) poolt välja töötatud metoodikatel – *Ch 11.19.1 Sand And Gravel Processing ja 11.19.2 Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing. AP42, Fifth Edition. Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Volume 1: Stationary Point and Area Sources*. Antud metoodikat on kasutatud mitmete Eestis tegutsevate karjääride keskkonnalubade taotluste koostamisel ja seega võib seda Keskkonnaameti hinnangul pidada sobilikuks ka Eesti tingimustes kasutamisel.

2.1 Katendi eemaldamine

Katend eemaldatakse karjääri avamisel või karjääri töömaa laiendamisel kaevandamise ettevalmistustööde käigus. Tegu on ühekordse tegevusega. Võrreldes muude kaevandustegevustega on katendi eemaldamisel tekkivad heitkogused vähesed. Samuti on tegu väikese ajalise kestvusega tegevusega ning tegevus ei erine oma olemuselt oluliselt nt ehitusobjektidel toimuvast pinnase koorimisest.

Käesoleva juhendi aluseks oleva metoodika kohaselt on võimalik arvutada osakeste heitkoguseid ka katendi eemaldamisel. Heide on võimalik arvutada arvestades pinnase omadusi (tolmufraktsiooni sisaldus ja pinnase niiskussisaldus) ning kulunud tööaja alusel. Kuna katendi eemaldamine on karjäärides ühekordne tegevus ja sellega kaasnevad õhuheidet tunduvalt väiksemad kui põhitegevuse heited, siis senise praktika alusel keskkonnalubades katendi eemaldamisega kaasnevaid heitkoguseid ei ole kajastatud. Ka käesolev juhend ei pea asjakohaseks katendi eemaldamise heitkoguseid keskkonnalubades reguleerida ning sellest lähtuvalt täpsemalt vastavat arvutusmetoodikat ei kajastata.

Kui mingitele juhtudel osutub katendi eemaldamise heitkoguse hindamine asjakohaseks (nt väga ulatuslike karjääride avamisega kaasnevate keskkonnamõjude hindamisel), siis on kohane järgida Kanada Keskkonnaameti (*Environment Canada*) poolt koostatud metoodikat - *Pits and Quarries Guidance*² vm Eesti oludesse kohalduvat arvutusmetoodikat.

¹ <http://www.ec.gc.ca/inrp-npri/default.asp?lang=En&n=A9C1EE34-1>

² <http://www.ec.gc.ca/inrp-npri/default.asp?lang=En&n=A9C1EE34-1>

2.2 Puurimistööd (lõhkeaukude puurimine)



Joonis 3. Puurmasin.

puuraukude arvu. Puuraukude arv sõltub kaevandatava materjali omadustest. Arv on tavapäraselt võimalik leida lõhketööde projekti alusel, kus on esitatud info kui suur on ühe puuraugu abil lõhatav lubjakivi maht. Puuraukude aastase maksimaalse arvu saab arvutada karjääri maksimaalse aastase kaevandusmahu alusel.

Tänapäevased puurmasinad on üldjuhul varustatud tolmu püüdesüsteemidega (kottfiltrid, tsüklonid, niisutussüsteemid vms). Kaasaegsete masinate puhul võib esineda mitmeastmelisi tolmu püüdesüsteeme (nt kombineeritult kottfiltrid + tsüklon). Heite vähendusmeetmete kasutamisel võib ülaltoodud eriheidete puhul arvestada lisaks heite vähendusmeetme efektiivsust. Reeglina on võimalik puurmasina püüdesüsteemide efektiivsuse hinnang leida seadme tehnilistest dokumentidest. Kaasaegsete seadmete puhul ületab püüdeefektiivsus tavaliselt 99,5-99,9 %. Heite kontrollimise tehnoloogia rakendamisel kohaldatakse ilma heite vähendamise tehnoloogiata eriheidetele või heitkogusele vastava heite vähendamise meetme efektiivsust järgnevalt:

$$E_p = E \times \left(\frac{100 - P}{100} \right),$$

kus

E_p – saasteaine heitkogus või eriheidete peale vähendusmeetmete rakendamist

E – saasteaine heitkogus või eriheidete ilma heite vähendamistehnoloogiast

P – puhastusaste %

Aastase heitkoguse hindamisel kasutatakse valemit:

$$PM \text{ heitkogus (tonni/aastas)} = PM \text{ eriheidete (kg/ augu kohta)} \times \text{aastas puuritud aukude arv} \times (1 \text{ tonn} / 1000 \text{ kg})$$

Hetkelise heitkoguse hindamisel kasutatakse valemit:

$$PM \text{ heitkogus (grammi/sekundis)} = \text{heitkogus (tonni/aastas)} * 1000000 / \text{puurimise tööaeg tundides} / 3600$$

Lubja- ja dolokivi karjäärides kasutatakse lõhketööde ettevalmistustöödeks puurmasinaid (Joonis 3). Puurmasinatega puuritakse kivisse lõhkeaugud, millesse paigutatakse lõhkamiseks laengud. Tegu on kestvuselt lühiajalise protsessiga. Keskmiseks puurmasina puurimiskiiruseks võib pidada üks meeter ühe minutiga. Puurimistöödega kaasneb osakeste heide välisõhku.

Eriheidete puurimisel on järgnevad:

$$ET_{PMsum} = 0,59 \text{ kg/puuritud augu kohta}$$

$$ET_{PM10} = 0,31 \text{ kg/puuritud augu kohta}$$

$$ET_{PM2.5} = 0,31 \text{ kg/puuritud augu kohta}$$

Kuna eriheidete on antud puuritud aukude kohta, siis on vajalik teada heitkoguse hindamiseks

2.3 Lõhketööd

Lõhkamine karjäärides toimub vastavalt lõhketööde projektile. Lõhketööde projekt on kohustuslik dokument lõhkamiste läbiviimisel ja sellest on võimalik leida infot nii kasutatavate lõhkeainete kui ka nende koguste osas, samuti lõhkamiste aastase arvu kohta. Lõhkamine on karjääride puhul tegevus, mille käigus lisaks osakeste heitele eralduvad ka lõhkeainete koostises olevad komponendid saasteainetena.



Korralikult planeeritud lõhketööd tekitavad küll tolmutpilve, kuid tänapäeval peetakse lõhkamistöde panust üldisesse tolmuheidesse suhteliselt väikeseks – enamik tolmust peale lõhkamist ladestub, enam-vähem lokaalselt. Samuti on lõhketööde kestvus väga lühiajaline.

Joonis 4. Lõhketöödega kaasneb osakeste heide lõhatava materjali purunemisest ja lõhkeaine koostisest sõltuv gaasiliste saasteainete heide. Foto: OÜ Inseneribüroo STEIGER, 2025

Tahkete osakeste eriheite arvutamise valemid lõhkamisel on järgmised:

$$ET_{PM_{sum}} = 0,00022(A)^{1,5}$$

$$ET_{PM_{10}} = (0,00022 (A)^{1,5}) \times 0,52$$

$$ET_{PM_{2,5}} = (0,00022 (A)^{1,5}) \times 0,03, \text{ kus}$$

ET – vastavate osakeste fraktsiooni eriheide (kg/lõhkamise kohta)

A – horisontaalne lõhkeala pindala (m²)

Aastase heitkoguse hindamisel kasutatakse valemit:

$$PM \text{ heitkogus (tonni/aastas)} = PM \text{ eriheide (kg/lõhkamise kohta)} \times \text{lõhkamiste arv aastas} \\ \times (1 \text{ tonn} / 1000 \text{ kg})$$

Hetkelise heitkoguse hindamisel kasutatakse valemit:

$$PM \text{ heitkogus (grammi/sekundis)} = \text{heitkogus (tonni/aastas)} * 1000000 / \text{lõhkamise} \\ \text{tööaeg tundides} / 3600$$

Lisaks tahketele osakestele eralduvad lõhkamisel ka lõhkeaine koostisest sõltuvad gaasilised saasteained. Eestis kasutatakse karjäärides enim ammooniumnitraadil põhinevat lõhkeainet ANFO. Juhul kui lõhkeaine osas on ohutuskaardil või tehnilisel infolehel esitatud teave lõhkeaine kasutamisel tekkivate saasteainete eriheidete kohta, siis on heite arvutamiseks kohane kasutada vastavaid väärtusi. Kui täpsem info puudub, siis võib kasutada Tabel 1 esitatud saasteainete eriheidete. Kuna antud eriheidete puhul on tegu võrdlemisi vanal infoallikal põhinevate väärtustega, siis kaasaegsete lõhkeainete puhul võib eeldada pigem väiksemaid saasteainete koguseid.

Karjäärides võidakse lõhkamisel kasutada ka teisi lõhkeaineid. Lõhkeaine mark on määratud lõhketööde projektis. **Spetsiifiliste lõhkeainete kasutamisel on asjakohane tutvuda lõhkeaine ohutuskaardi ja/või tehnilise infolehega, kus on üldjuhul esitatud info ka selle kasutamisel eralduvate saasteainete heitkoguse kohta.** Vastavate andmete olemasolul tuleb neid keskkonnaloe taotluse koostamisel kasutada.

Tabel 1. ANFO kasutamisega kaasnevad saasteainete eriheid.

Lõhkeaine tüüp	Koostis (toimeaine sisaldus)	CO (kg/t)	NO _x (kg/t)	SO ₂ (kg/t)
ANFO	Ammooniumnitraat, 5,8–8% kütteõli	34	8	1

Lõhkeainet kasutamisel tekkivate saasteainete heitkoguse hindamisel on vaja teada kasutatava lõhkeaine kogust.

Aastase heitkoguse hindamisel kasutatakse valemit:

$$\text{heitkogus (tonni/aastas)} = \text{aine eriheide (kg/t)} \times \text{kasutatud lõhkeaine kogus (t/a)} \times (1 \text{ t}/1000 \text{ kg})$$

Hetkelise heitkoguse hindamisel kasutatakse valemit:

$$\text{heitkogus (grammi/sekundis)} = \text{heitkogus (tonni/aastas)} * 1000000 / \text{lõhkamise tööaeg tundides} / 3600$$

Lõhkamine on väga lühiajaline tegevus, kuid saasteaine hajuvusarvuste koostamiseks on vajalik kasutada hetkelist heitkogust (g/s). Hetkelise heitkogusena lõhkamise puhul ei ole asjakohane kasutada maksimaalset g/s heidet. Hajumisarvutusteks võib kasutada maksimaalset tunnikeskmist g/s heidet. Selleks võib kasutada lõhkamise tööajana tunde, mille jooksul lõhkamine teostatakse. Nt kui ühes tunnis teostatakse maksimaalselt üks lõhkamine ja aastas teostatakse 100 lõhkamist, siis on lõhkamise arvutuslikuks tööajaks 100 tundi. Ka sellise lähenemisega esineb hajuvusarvutustes lõhkamisel tekkivate saasteainete kontsentratsiooni ülehindamine. Samas ei võimalda enamik hajuvusprogramme alla ühe tunnise täpsusega heite dünaamikat sisestada.

2.4 Hüdrovasaraga kobestamine

Karjäärides, kus lõhkamistööd on müra tekke vältimiseks piiratud, toimub maavaravaru raimamine kasutades kivimi kobestamiseks hüdrovasaraid. Hüdrovasara kasutamisel tekib samuti osakeste heide välisõhku.



Joonis 5. Hüdrovasaraga kobestamine.

Tahkete osakeste eriheide hüdrovasaraga kobestamisel on järgmine:

$$ET_{PM_{sum}} = 0,00012 \text{ kg/t}^3$$

$$ET_{PM_{10}} = 0,00004 \text{ kg/t}$$

$$ET_{PM_{2.5}} = 0,00004 \text{ kg/t}^4$$

Aastase heitkoguse hindamisel kasutatakse valemit:

$$PM \text{ heitkogus (tonni/aastas)} = \text{eriheide (kg/t)} \times \text{hüdrovasaraga raimatud materjali kogus (t/a)} \times (1 \text{ t}/1000 \text{ kg})$$

Hetkelise heitkoguse hindamisel kasutatakse valemit:

$$PM \text{ heitkogus (grammi/sekundis)} = \text{heitkogus (tonni/aastas)} * 1000000 / \text{hüdrovasaraga töötamise tööaeg tundides} / 3600$$

2.5 Purustamine ja sõelumine



Joonis 6. Purustus-sorteerimissõlm.

Erinevates karjäärides võib purustus- ja sõelumisprotsesside arv ja toimimine varieeruda. Kui liivakarjääride puhul teostatakse sageli ainult ühekordset sõelumist (sõelutakse liivast välja kivid), siis lubjakivikarjääride killustiku tootmise protsess võib sisaldada mitmekordset purustamist ja materjali eri fraktsioonidesse sõelumist. Lubjakivi karjäärides toimub purustamine ja sõelumine sageli seotud protsessidena suurtes purustus-sorteerimissõlmedes.

Purustamisel ja sõelumisel tekkivaid heitkoguseid on võimalik arvutada Tabel 2 esitatud eriheidete alusel. Metoodika eristab eriheideteid kontrollitud ja kontrollimata protsessidele. Metoodika selgituse kohaselt kontrollimata protsessi puhul on materjali niiskussisaldus alla 1,3% ja kontrollitud heite puhul üle selle. Eesti tingimustes on üldreeglina karjäärides töödeldav materjal suurema niiskussisaldusega kui 1,3 % ja rakendada võib seega kontrollitud eriheideteid. Kontrollimata eriheidete kasutamine on vajalik kui tegu on eriti väikse niiskussisaldusega materjaliga (on teostatud eelnevalt kuivatamist, hoiustatud materjali sademete eest kaitstult vms).

Liivakarjäärides toimuv sõelumine on üldjuhul kohane lugeda peensõelumiseks (<5 mm fraktsioon).

³ Bascompta, M., Sanmiquel, L., Gangoells, M., Sidki, N., 2022. LCA analysis and comparison in quarrying: Drill and blast vs mechanical extraction, Journal of Cleaner Production, Volume 369, 2022, 133042, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133042>

⁴ Kasutatud arvutusmetoodikas PM2.5 osas eriheidete kohta info puudub. Täpsemate andmete puudumisel võib lähtuda halvimalt stsenaariumist ja lugeda PM2.5 eriheidete võrdseks PM10 eriheidetega.

Tabel 2. Eriheited purustamisele ja sõelumisele

Heidet tekitav protsess	PMsum, kg/t	PM10, kg/t	PM2,5, kg/t
Materjali purustamine (kontrollimata) ⁵	0,0027	0,0012	0,0006
Materjali purustamine (kontrollitud)	0,0006	0,00027	0,00005
Materjali peenpurustamine <5 mm toodetavad fraktsioonid (kontrollimata)	0,0195	0,0075	AP ⁶
Materjali peenpurustamine <5 mm toodetavad fraktsioonid (kontrollitud)	0,0015	0,0006	0,000035
Sõelumine (kontrollimata)	0,0125	0,0043	AP
Sõelumine (kontrollitud)	0,0011	0,00037	0,000025
Peensõelumine <5 mm toodetavad fraktsioonid (kontrollimata)	0,15	0,036	AP
Peensõelumine <5 mm toodetavad fraktsioonid (kontrollitud)	0,0018	0,0011	AP

Heidet on võimalik vähendada sobivate seadmete ja meetodite abil. Heite kontrollimise tehnoloogia rakendamisel kohaldatakse ilma heite vähendamise tehnoloogiata eriheitele või heitkogusele vastava heite vähendamise meetme efektiivsust järgnevalt:

$$E_p = E \times \left(\frac{100-P}{100} \right),$$

kus

E_p – saasteaine heitkogus või eriheide peale vähendusmeetmete rakendamist

E – saasteaine heitkogus või eriheide ilma heite vähendamistehnoloogiast

P – puhastusaste %

Purustamise heite vähendamise meetodite efektiivsushinnangud on esitatud Tabel 3 ja sõelumisel Tabel 4.

Tabel 3. Heite hinnangulised vähendustegurid (100-P)/100 purustamise heite vähendamise meetoditele⁷.

Heite vähendamise meetmed	Heite vähendustegur (100-P)/100
Niiske materjal	0,5
Veepihustus	0,5
Pindaktiivne aine	0,2
Veepihustus + pindaktiivne aine	0,25
Osaline sulgemine/katmine	0,15
Täielik sulgemine	0,1

⁵ Metoodika kohaselt kontrollimata (heite vähendamise tehnoloogiata) protsessi puhul on niiskusesisaldus 0,21–1,3%; kontrollitud (heite vähendamise tehnoloogiaga) protsessi puhul on niiskusesisaldus 0,55–2,88%

⁶ AP – andmed puuduvad. Kasutatud arvutusmetoodikas osade protsesside puhul PM2.5 osas eriheite kohta info puudub. Täpsemate andmete puudumisel võib lähtuda halvimalt stsenaariumist ja lugeda PM2.5 eriheite võrdseks PM10 eriheitega.

⁷ <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/national-pollutant-release-inventory/report/pits-quarries-guide.html>

Hoone sees toimuv purustamine (võib lisanduda hoone ventilatsiooni filtrite efektiivsus)	0,1
--	-----

Tabel 4. Heite hinnangulised vähendustegurid (100-P)/100 sõelumisel⁸.

Heite vähendamise meetod	Heite vähendustegur (100-P)/100
Kaetud sõel	0,5
Kaetud sõel + veepihustus	0,25
Kaetud sõel + veepihustus + pindaktiivne aine	0,1
Kaetud sõel + kangasfilter	0,05

Aastase heitkoguse hindamisel kasutatakse valemit:

$$PM \text{ heitkogus (tonni/aastas)} = PM \text{ eriheide (kg/t)} \times \text{purusti/sõela aastane läbilaskemaht (t/a)} \times (1 \text{ t} / 1000 \text{ kg})$$

Hetkelise heitkoguse hindamisel kasutatakse valemit:

$$PM \text{ heitkogus (grammi/sekundis)} = \text{heitkogus (tonni/aastas)} * 1000000 / \text{purustamise või sõelumise tööaeg tundides} / 3600$$

Hetkelise heitkoguse arvutamiseks vajalik tööaeg on võimalik leida teades vastava tööluse läbinud materjali kogust ja seadme tootlikkust. Näiteks kui purustus-sorteerimissõlme tootlikkus on 300 t/h ja perioodis on toodetud 45 000 tonni materjali, siis on arvutuslik tööaeg 45000/300=150 tundi.

2.6 Puistematerjali laadimine

Puistematerjali käsitlemisel (nt laadimine või konveierilintide kasutamine) tekib osakeste heide.

Materjali puistangusse lisamine või sealt ära võtmine toimub tavaliselt materjali langetamise teel vastuvõtvale pinnale. Näiteks autokasti tühjendamine või frontaallaaduriga kuhjast materjali laadimine veokile on kõik eraldiseisvad ühekordsed laadimistoimingud. Materjali kuhja lisamine konveieri abil on pidev protsess. Iga laadimiskorda (st iga kord kui toimub materjali kukkumine mingile aluspinnale) tuleb arvestada osakeste heite allikana.



Joonis 7. Laadimistoimingud karjääris.

Materjali laadimisel osakeste heite hindamisel kasutatakse eriheide arvutamiseks järgmist valemit:

$$ET = k \times 0,0016 \times \frac{(U/2,2)^{1,3}}{(M/2)^{1,4}},$$

kus

⁸ <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/national-pollutant-release-inventory/report/pits-quarries-guide.html>

ET – eriheide, kg/t

U – keskmine tuulekiirus, m/s – Eesti keskmine 3,5 m/s, võib tugineda ka Riigi Ilmateenistuse lähima andmeid avaldava meteoroloogiajaama paljuaastase keskmise tuulekiiruse andmetele⁹ või kui on olemas lokaalseid mõõteandmeid, siis nendele.

M – materjali niiskus, %

Lubjakivi, dolokivi ja kruusa puhul on keskmiseks niiskussisalduseks 5 %¹⁰;

Liiva puhul on keskmiseks niiskussisalduseks 3,5 %.

k – tahkete osakeste aerodünaamilisest läbimõõdust sõltuv konstant:

k (PMsum) = 0,74

k (PM10) = 0,35

k (PM2,5) = 0,053

Heide tekib igal laadimiskorral. Materjali laaditakse näiteks kaks korda, kui see kõigepealt kukub sorteerimissõlme konveierilt kuhja (kukkumine maha), ja seejärel laaditakse kuhjast laaduri abil autokasti (kukkumine autokasti). Kui sama materjali laaditakse mitu korda, siis tuleb seda ka heite tekke arvutusel mitmekordselt arvestada.

Aastase heitkoguse hindamisel kasutatakse valemit:

$$PM \text{ heitkogus (tonni/aastas)} = PM \text{ eriheide (kg/t)} \times \text{laetava materjali kogus (t/a)} \times (1 \text{ t} / 1000 \text{ kg})$$

Hetkelise heitkoguse hindamisel kasutatakse valemit:

$$PM \text{ heitkogus (grammi/sekundis)} = \text{heitkogus (tonni/aastas)} * 1000000 / \text{laadimise tööaeg} / 3600$$

2.7 Konveierilindi kasutamine

Suuremates karjäärides on materjali transportimisel kasutusel konveiersüsteemid. Konveierlintidel tekib osakeste heide eeskätt materjali ülekandmisel, st olukordades, kus materjali voog suunatakse järsult teise suunda või teisele kõrgusele. Tabelis 7 on toodud eriheidete konveierilindi jaoks. Peenosakeste heide tekib valdavalt, kui materjal kandub ühelt lindilt teisele, kuid ka mööda linti liikudes. Eriheidete on antud kontrollimata ja kontrollitud heitega konveieritele. Metoodika selgituse kohaselt kontrollimata protsessi puhul on materjali niiskusesisaldus alla 1,3% ja kontrollitud heite puhul üle selle. Eesti tingimustes on üldreeglina karjäärides töödeldav materjal suurema niiskussisaldusega kui 1,3 % ja rakendada võib seega kontrollitud eriheideteid. Kontrollimata eriheidete kasutamine on vajalik kui tegu on eriti väikse niiskussisaldusega materjaliga (on teostatud eelnevalt kuivatamist, hoiustatud materjali sademete eest kaitstult vms).

⁹ <https://www.ilmateenistus.ee/kliima/kliimanormid/tuul/>

¹⁰ Kui vastavava karjääri materjali kohta on täpsemad niiskussisalduse andmeid, siis kasutada arvutustes neid.

Tabel 5. Eriheitel konveieri kasutamisel.

Protsessi kirjeldus	ET kg/t	PMsum, kg/t	ET kg/t	PM10, kg/t	ET kg/t	PM2,5, kg/t
Konveier (kontrollimata)	0,0015		0,00055		AP ¹¹	
Konveier (kontrollitud)	0,00007		0,000023		0,0000065	

Aastase heitkoguse hindamisel kasutatakse valemit:



Joonis 8. Veekardinate ja kahuriga konveierlint.

$PM \text{ heitkogus (tonni/aastas)} = PM \text{ eriheide (kg/t)} \times \text{laetava materjali kogus (t/a)} \times (1 \text{ t} / 1000 \text{ kg})$

Hetkelise heitkoguse hindamisel kasutatakse valemit:

$PM \text{ heitkogus (grammi/sekundis)} = \text{heitkogus (tonni/aastas)} * 1000000 / \text{laadimise tööaeg} / 3600$

Heite vähendamise lahendustena on kasutusel kaetud konveierid, samuti kaustatakse veepihusteid heite vähendamiseks. Enamikel tänapäevastel konveierseadmetel on mingid heite vähendamise meetmed rakendatud. Rakendatud meetmete efektiivsusena võib kasutada Tabel 4 esitatud väärtusi.

¹¹ Kasutatud arvutusmetoodikas eriheite kohta info puudub. Täpsemate andmete puudumisel võib lähtuda halvimalt stsenaariumist ja lugeda PM2.5 eriheite võrdseks PM10 eriheitega.

Lisad

Exceli põhine arvutustabel liiva ja kruusakarjääri heitkoguste arvutusteks

Exceli põhine arvutustabel lubjakivikarjääri heitkoguste arvutusteks