

Spridzināšanas darbu radīto vibrāciju ietekme uz ēkām dolomīta atradnes “Rīteri” iecirkņa “Koknese” apkārtnē

Dolomīta atradnes “Rīteri” iecirkņa “Koknese” teritorijā spridzināšanas darbi iepriekš nav veikti, tādēļ vibrācijas prognozes tiks balstītas uz aprēķiniem un līdzīgos objektos uzkrāto pieredzi, kā arī vibrāciju mērījumu datiem. Ņemto vērā atradnes apkārtnē esošās saimniecības un infrastruktūras objektus, ir izstrādāti pasākumi apkārtējās vides ietekmējošu risku mazināšanai un novēršanai.

Plānojot spridzināšanas darbus, vislielākā uzmanība tiek pievērsta sekojošiem riskiem:

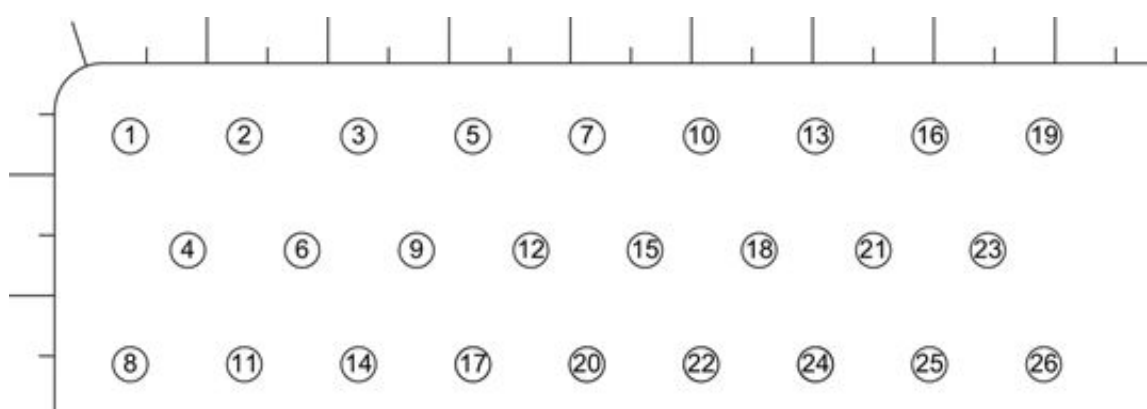
- nekontrolēti lidojošas šķembas;
- vibrācija;
- spridzināšanas ietaises kļūme.

Minētos riskus iespējams kontrolēt, pielāgojot apstākļiem atbilstošu spridzināšanas metodi un ievērojot piesardzības pasākumus. Dolomīta atradnē “Rīteri” plānota atvērtas kraujas spridzināšana ar neelektrisko iniciācijas sistēmu, īpašu uzmanību pievēršot urbumu spridzināšanas secībai un sprādziena virzienam attiecībā pret ieža struktūru. Optimāla urbumu lādiņu sprāgšanas secība un laika intervāli starp tiem ir būtiski vibrācijas kontroles elementi.

Urbumu sprādzienu sērijas secībā ievērojot laika intervālus, kas nav mazāki par 8 milisekundēm, dolomīta ieža masa tiek pakāpeniski atbīdīta no sienas un uzirdināta optimālā frakcijā. Katra atsevišķa dolomīta bloka spridzināšana paredzēta ar monolīta masas pārbīdi kaudzē. Optimāli uzirdinātas un atbīdītas dolomīta masas gadījumā tiek panākta līdzsvarota zemes un gaisa vibrāciju attiecība. Optimālai ieža uzirdināšanai būtiska nozīme ir urbumu tīkla parametriem. Pārāk liela pirmās urbumu rindas attāluma no kraujas malas sekas ir nepietiekama ieža pārvietošana, kas ierobežo arī bloka aizmugurē esošo urbumu pārvietotās ieža masas kustību. Nepietiekams ieža masas pārvietošanas gadījumā uzirdinātās masas fragmentācija parasti ir nevienmērīga, turklāt pārāk liela sprādziena enerģijas daļa tiek novirzīta zemes vibrācijā.

Īss veicamo darbu apraksts

Pirms spridzināšanas darbu veikšanas tiek veikta vertikālu urbumu ierīkošana, kuri uz bloka tiek izkārtoti secīgi viens aiz otra 2 līdz 3 rindās atbilstoši iepriekš izstrādātam un saskaņotam spridzināšanas darbu projektam. Dolomīta atradnē “Rīteri” paredzēts izmantot neelektrisko iniciēšanas sistēmu, kas paredz punktveida lādiņa ievietošanu urbumu lejasdaļā kombinācijā ar virszemes savienojumiem. Atbilstoši *EPC UK* izstrādātajam mācību materiālam *Quarry Blasting Course* šīs sistēmas izmantošana nodrošina vislabāko vides ietekmējošo faktoru kontroli. (*Quarry Blasting Course* mācību materiāls tiek izmantots profesionālai apmācībai, kas sagatavo apmācāmos sertifikāta iegūšanai Apvienotajā Karalistē). Virszemes savienojumi tiek samontēti atbilstoši to ražotāja izstrādātām instrukcijām. Virszemes savienojumu darbības princips paredz katra pievienotā urbuma secīgu sprāgšanu pēc noteikta laika intervāla. 1. attēlā shematiski attēlota urbumu sprāgšanas secība, izmantojot 25 un 42 milisekunžu virszemes savienojumus.



Attēls 1

Urbumu sprāgšanas secība, izmantojot 25 un 42 milisekunžu virszemes savienojumus

25 un 42 milisekunžu kombinācija nodrošina 8 milisekunžu intervālu starp secīgi sprāgstošiem urbumiem. Shēmā *Attēls 2* ar *Start* atzīmēts secīgu urbumu sprādzienu sērijas sākumpunkts. Katrs urbums attēlots kā melns aplis, kas marķēts ar konkrētā urbuma sprāgšanas laika nobīdi milisekundēs attiecībā pret sprādziena sērijas sākumu (urbums 0). Starp urbumiem shematiski attēlota virszemes savienojumu montāžas shēma un iniciācijas impulsa kustības virziens.

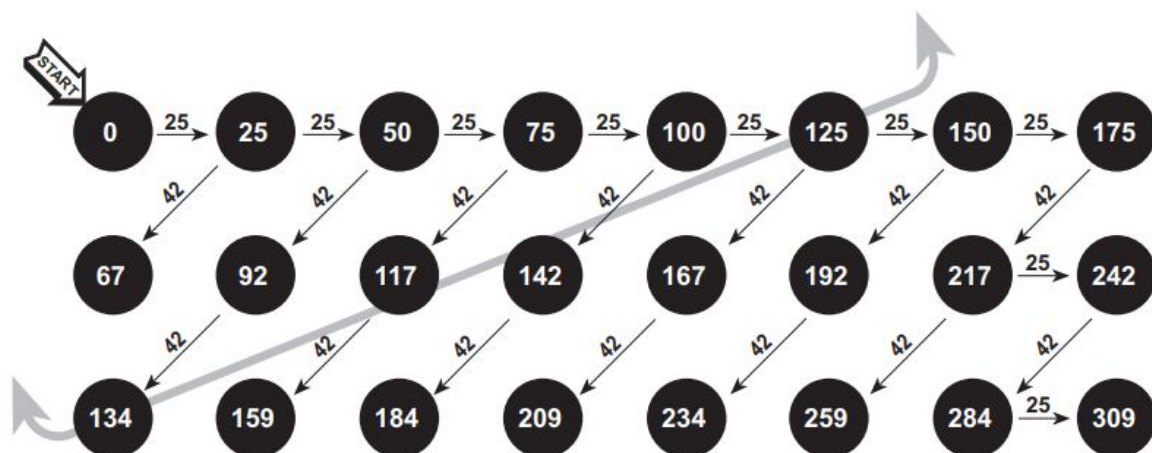
Spridzināšanas darbu profesionālajā literatūrā plaši tiek izmantots termins *8 milisekunžu noteikums*¹, kas paredz, ka secīgi sprāgstoši urbumi, starp kuriem laika intervāls ir 8 vai vairāk milisekundes, tiek uztverti kā atsevišķi sprāgstoši lādiņi². Spridzināšanas darbu radītās vibrācijas kontekstā nozares aktuālajā literatūrā netiek apskatīts sprādzienu sērijas summārais lādiņš, bet kā pašsaprotams tiek pieņemts, ka profesionālajā praksē tiek ievērots *8 milisekunžu likums* un līdz ar to tiek vērtēts laika vienībā sprāgstoša lādiņa lielums un tam sekojošā vibrācija. Literatūrā sastopamas atsauces pat uz 5 milisekunžu intervālu kā pietiekamu vibrāciju ierobežošanai noteiktos apstākļos³. Dolomīta atradnē “Rīteri” plānotajā izstrādes laukumā spridzināšanas darbos urbuma lādiņa iniciēšanā nav paredzēts izmantot elektriskos detonatorus, detonējošās auklas vai citus materiālus,

1 <https://online.blasttraining.com.au/mod/glossary/showentry.php?eid=53&displayformat=dictionary>

2 *EPC UK Technical Services Department; Quarry Blasting Course Background Reading Material*

3 *European Shotfirer Standard Education for Enhanced Mobility; Work Package 6 Blasting theory & Bench Blasting*

kas nenodrošina optimālu laika intervālu ievērošanu. Līdz ar to spridzināšanas darbiem sekojošu vibrāciju aprēķināšanai atbilstoši nozares praksei kā objektīvs lielums tiek izmantots vienā laika vienībā sprāgstošā lādiņa maksimālais svars.



Attēls 2 Urbumu sprāgšanas intervāli, izmantojot 25 un 42 milisekunžu virszemes savienojumus (avots: Dyno Nobel buklets *Nonel Shot Pattern Guide*)

Spridzināšanas darbus ceļu tuvumā paredzēts veikt, respektējot noteiktās aizsargjoslas. Tāpat kā pārējā plānotajā izstrādes laukumā, vibrāciju ierobežošanai paredzēts ievērot 8 milisekunžu intervālu starp urbumu lādiņiem. Turklāt, ņemot vērā, ka ceļi balstīti kvartāra nogulumos, spridzināšanas darbu radītā ietekme uz objektiem nav būtiska.

Vibrāciju prognoze pēc *Langefora* un *Kihlstroma* metodes

EFEE (European Federation of Explosive Engineers) izstrādātā mācību materiāla *European Shotfirer Standard Education for Enhanced Mobility* spridzināšanas teorijas un atvērtas kraujas spridzināšanas moduļa 6. daļā aprakstītas zemes un gaisa vibrācijas, to ietekmējošie faktori un prognozēšanas metodes. Kā galvenais vibrāciju prognozēšanas uzdevums tiek izvirzīts maksimālā **viena** lādiņa noteikšana pakāpeniski sprāgstošu urbumu sērijā.

Vibrāciju ierobežojumi attiecībā uz spridzināšanas darbiem katrā valstī tiek noteikti atšķirīgi. Normatīvie akti, kas attiecas uz spridzināšanas darbu veikšanu Latvijas teritorijā, nenosaka nekādus skaitliski izmēramus ierobežojums attiecībā uz sprādziena rezultātā radītām vibrācijām vai seismiskajām svārstībām. Citu valstu praksē tiek noteikti vibrācijas ātruma (PPV) ierobežojumi atkarībā no būvju struktūras tipa. Piemēram, Vācijā no 3 līdz 50 mm/s, Zviedrijā 18 līdz 70 mm/s. Vācijā izmantotā standarta DIN 4150 gadījumā maksimālais pieļaujamais PPV vērtību intervāls dzīvojamo ēku apbūves zonā atkarībā no vibrāciju frekvences ir 5-20 mm/s.

Zinot maksimālo pieļaujamo vibrācijas ātruma vērtību uz tuvumā esošajām būvēm, pēc *Langefora* un *Kihlstroma* metodes iespējams aprēķināt, kāds ir maksimāli pieļaujamais vienā laika vienībā sprāgstošā urbuma lādiņa lielums:

$$Q = \left(\frac{v \cdot d}{K} \right)^2$$

kur

v – vibrācijas ātruma ierobežojums (mm/s)

K – grunts koeficients

d – attālums no sprādziena vietas līdz būvei (m)

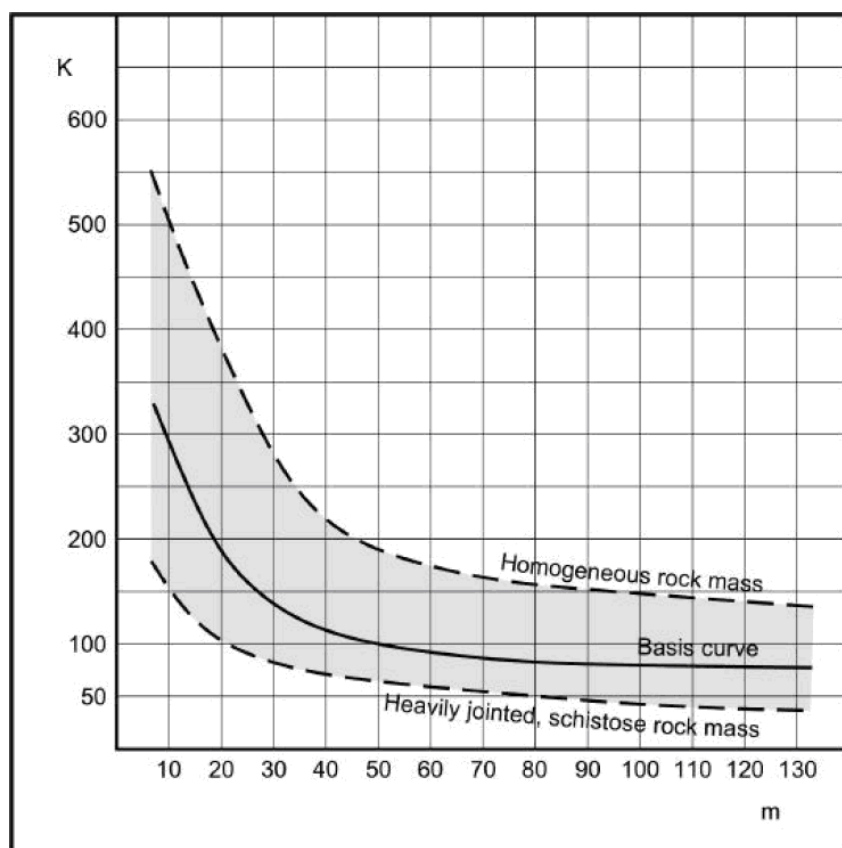
Q – urbuma lādiņa lielums laika vienībā (kg)

Lādiņa lielums ietekmē sprādziena radīto vibrāciju frekvences. Mazāki lādiņi rada vibrācijas augstākā frekvenču diapazonā, turpretī lielāki lādiņi rada vibrācijas ar zemāku frekvenci. Atbilstoši DIN 4150 standartam vibrāciju ātruma zemākā pieļaujamā robežvērtība noteikta zemākajā frekvenču diapazonā, no kā var secināt, ka zemas frekvences vibrācijām ir lielāka nevēlama ietekme uz apkārtne esošajām būvēm.

Atbilstoši *Langefora un Kihlstroma vibrāciju aprēķināšanas* metodes rekomendācijām grunts faktora nolasīšana no līknes (3. attēls) jāveic ar piesardzību objektos, kuros iepriekš nav veikti spridzināšanas darbi.

Attiecīgi, nolasot koeficienta vērtību dolomīta atradnes “Rīteri” vajadzībām, ievērota maksimāla piesardzība un aprēķiniem izmantota grunts koeficienta (K) vērtība (80) no pamata līknes (), nevis no līknes, kas atbilst slāņainam iezim. Attālumi no spridzināšanas laukuma līdz tuvākajām ēkām mērīti, izmantojot *Valsts zemes dienesta* kadastra informācijas sistēmā *kadastrs.lv* lejupielādētos ģeotelpiskos datus LKS-92 koordinātu sistēmā. Atbilstoši veiktajiem mērījumiem, projektētajam spridzināšanas laukumam vistuvāk atrodas sekojošas būves (skat. grafisko pielikumu “Dolomīta atradnes “Rīteri” iecirkņa “Koknese” 1. un 2. spridzināšanas darbu ietekmes zonas”):

- ģeotelpiskajā “Grotāni” ēka ar kadastra apzīmējumu 3260 011 0014 002 – 119 m,
- ģeotelpiskajā “Grotāni” ēka ar kadastra apzīmējumu 3260 011 0014 003 – 140 m,
- ģeotelpiskajā “Indāni” ēka ar kadastra apzīmējumu 3260 011 0042 001 – 147 m,
- ģeotelpiskajā “Skaidas” ēka ar kadastra apzīmējumu 3258 007 0143 003 – 152 m.



Attēls 3 Grunts faktora līkne

parādīti pēc *Langefora un Kihlstroma* vibrāciju aprēķināšanas metodes iegūtie maksimāli pieļaujamie sprāgstvielu lādiņi vienā laika vienībā (Q) atkarībā no būves attāluma (d). Tāpat ievērojot piesardzības principu, aprēķinā izmantota zemākā DIN 4150 minētā vibrācijas ātruma (v) robežvērtība, kas noteikta zemas frekvences vibrācijām dzīvojamo māju tuvumā.

	Grotāni 1	Grotāni 1	Indāni	Skaidas
v (mm/s)	5	5	5	5
K	80	80	80	80
d (m)	119	140	147	152
Q (kg)	55	77	84	90

Tabula 1 Maksimāli pieļaujamie sprāgstvielu lādiņi vienā laika vienībā

Veicot regulārus spridzināšanas darbus iecirknī “Koknese” apkārtnē esošo ēku tuvumā, iespējami tuvākais atsevišķas spridzināšanas gadījums ir 119 m attālumā no būves īpašumā “Grotāni”. Atbilstoši veiktajam aprēķinam aprakstītajā gadījumā maksimāli pieļaujamais viena lādiņa svars 119 m attālumā no būves ir 55 kg. Turpinot ievērot maksimālu piesardzību, pieļaujamā lādiņa svars tālākiem aprēķiniem tiek samazināts līdz **50 kg**. Arī 50 kg viena lādiņa svars praksē ir maz ticams, jo konkrētajos apstākļos spridzināšanas darbus ekonomiski izdevīgāk ir organizēt vismaz 2 kāplēs, kā rezultātā spridzināšanas darbu vajadzībām ierīkoto urbumu dziļums būs

mazāks, attiecīgi arī mazāks lādiņš. Piemēram, pie izstrādes 6m augstā kāplē lādiņa svars ir 20-27 kg.

Lai precīzāk definētu spridzināšanas darbu radītās vibrācijas ietekmes zonas, izmantojot *Langefora un Kihlstroma* metodi, tika aprēķināts, kādā attālumā (d) no projektētā spridzināšanas laukuma vibrācijas ātrums (v) būs **5 mm/s** un **4 mm/s** (*Tabula 2*) pie piesardzīgi izvēlēta grunts koeficienta (K) vērtības 80 un lādiņa 50kg.

Aprēķina vajadzībām formula tika izteikta šādi

$$d = \frac{K \cdot \sqrt{Q}}{v}$$

v (mm/s)	5	4
K	80	80
d (m)	113	141
Q (kg)	50	50

Tabula 2 Vibrācijas ātruma atkarība no attāluma

Aprēķina rezultātā iegūti 2 attālumi:

- 113 m – attālums no spridzināšanas vietas, pie kura vibrācijas ātrums ir 5 mm/s,
- 141 m – attālums no spridzināšanas vietas, pie kura vibrācijas ātrums ir 4 mm/s.

Uzskatāmībai grafiskajā pielikumā “Dolomīta atradnes “Rīteri” iecirkņa “Koknese” 1. un 2. spridzināšanas darbu ietekmes zonas” ap projektēto spridzināšanas laukumu iezīmētas 2 līnijas 113m un 141m attālumā, kuras attiecīgi attēlo vibrācijas ātruma vērtību 5mm/s un 4mm/s robežlīniju. Kā redzams grafiskajā pielikumā, vibrācijas ātruma vērtību zonā starp 4 un 5mm/s atrodas viena būve, bet pārējās atrodas attālumā, aiz kura vibrācijas ātrums atbilstoši aprēķinam būs mazāks par 4 mm/s. Vācijas standartā noteiktais vibrācijas ātruma zemākais sliekšnis ir 5 mm/s vibrācijas frekvenču intervālā 4-8Hz un tas netiek pārsniegts modelētajā situācijā.

Pētījums par vibrāciju ietekmi uz plaisu veidošanos⁴

Cieto iežu karjeru izstrāde tuvu apdzīvotām teritorijām vienmēr tikusi saistīta ar plaisu veidošanos ēku konstrukcijā. Uzņēmums *Thierry Bernard Technologie* veicis pētījumu ilgākā laika periodā, lai noskaidrotu, vai plaisu veidošanos būvēs var tiešā veidā saistīt ar spridzināšanas darbiem tuvumā esošos karjeros. Pētījums veikts Francijā, tajā iesaistītas vairākas cieto iežu raktuves un attiecīgi tuvumā esošas būves. Būves tika aprīkotas ar četrām dažādām mērierīcēm, kuras fiksē plaisu statisko atvērumu, plaisu dinamisko atvērumu, seismiskās vibrācijas un temperatūru.

Uzstādītā sistēma ļāva fiksēt plaisu kustības amplitūdas mērījumu spridzināšanas darbu izraisītu seismisku vibrāciju laikā. Spridzināšanas darbu laikā vienlaicīgi tika fiksēti vairāki mērījumi, kas sniedza atbildi uz jautājumu: vai spridzināšanas darbi raktuvēs ir pastiprinošs faktors esošu plaisu palielināšanā?

Pētījumā iegūtie dati ļāva secināt, ka plaisu progresēšanu (palielināšanos) būvēs galvenokārt veicina temperatūras svārstības. Tika konstatēts, ka temperatūras izmaiņas palielina plaisas par dažām milimetra desmitdaļām.

Analizējot dinamisko plaisu kustību vibrācijas iedarbības laikā, tika novērots, ka plaisu lielums mainās ļoti nelielā amplitūdā (daži mikroni līdz milimetra simtdaļām) pie vibrācijas ātruma, kas nepārsniedz 25 mm/s. Dažu minūšu laikā pēc spridzināšanas darbu radītās vibrācijas plaisu izmērs atgriežas to sākotnējā izmērā, nepārsniedzot elastības robežu. Atkarībā no raktuvju novietojuma attiecībā pret ēkām, plaisas var arī samazināties seismisko vibrāciju laikā.

Pētījuma dati liecina par to, ka spridzināšanas darbu radītās seismiskās svārstības atstāj mazāku ietekmi uz plaisām ēku konstrukcijās nekā apkārtējās temperatūras izmaiņas.

4 Helsinki Conference Proceedings 2019, R. Holmberg et al
2019 European Federation of Explosives Engineers, ISBN 978-0-9550290-6-6
New technology to understand the link between cracking and vibrations, T. Bernard, Thierry Bernard Technologie,
Nice, France

Plāns vibrācijas un nekontrolēti lidojošu šķembu novēršanai atradnes “Rīteri” iecirknī “Koknese”

Pirms spridzināšanas darbu uzsākšanas dolomīta atradnē tiks izstrādāts spridzināšanas darbu projekts, kurā detalizēti aprakstīta spridzināšanas darbu specifikācija konkrētajā objektā kā veikta risku izvērtēšana, uz kā pamata izstrādāts pasākumu plāns to novēršanai. Zemāk uzskaitīti daži svarīgākie principi, kuru ievērošana nodrošina zemas un kontrolētas vibrācijas apkārtējā vidē, kā arī novērš nekontrolēti lidojošu šķembu riskus.

- Slīpumā ierīkoti urbumi sniedz labāku spridzināmā bloka atdalīšanos no kopējās masas, turklāt ļauj samazināt urbuma lādiņa lielumu, attiecīgi arī vibrācija ātrumu.
- Atbilstoša urbuma diametra izvēle. Mazāka diametra urbumi tiek ierīkoti ciešāk viens otram un tajos ievietotā sprāgstvielu lādiņa masa ir mazāka. Mazāka lādiņa masa nozīmē mazāku sprāgstošu lādiņu laika vienībā un attiecīgi mazāku vibrācijas ātrumu, savukārt blīvāk ierīkoti urbumi sniedz vienmērīgāku ieža fragmentāciju.
- Lielāks urbumu rindu skaits atstāj būtisku ietekmi uz vibrāciju ātrumu. Aiz pirmās urbumu rindas katras nākamās kustības amplitūda vienmēr būs mazāka, attiecīgi svarīgi ievērot optimālu urbumu rindu skaita izvēli (2-3 rindas).
- Urbumu precizitātes kontrole – pirms urbumu lādēšanas tiek apsekoti urbumi un novērtēta to attālumu, dziļuma, slīpuma atbilstība projektam un drošības prasībām. Neprecīzi ierīkotu urbumu gadījumā izstrādāti pasākumi risku novēršanai.
- Urbuma lādiņa intervāla garums, kas ir 1,3 reizes lielāks par pirmās rindas attālumu no kraujas malas, spēj izlauzt ieža kāpi, kuras augstums ir 2 reizes lielāks par pirmās rindas attālumu no kraujas malas.
- Būtiski nozīme ir arī urbuma konstrukcijai (urbuma inicējošā lādiņa materiāla izvēle un novietojums urbumā, kā arī kolonas lādiņa materiāla izvēle).
- Atbilstošas frakcijas (9-14mm) urbumu blietējuma materiāla izvēle.
- Optimāls blietējuma intervāla garums ir 2/3 no pirmās rindas attāluma līdz kraujas malai, bet ne mazāk kā 1m.
- Sprādzienu sērijas secībā ievērojot laika intervālus, kas nav mazāki par 8 milisekundēm.

Pirms katras sprādzienu sērijas iniciēšanas spridzināšanas darbu vadītājs ir apsekojis spridzināmo bloku un veicis virkni drošības pārbaužu atbilstoši izstrādātajam projektam. Sekmīgu pārbaužu rezultātu gadījumā spridzināšanas darbu vadītājs nosaka bīstamās zonas lielumu ap spridzināmo bloku un attiecīgi uz tās robežām tiek nosūtītas personas bīstamās zona apsardzei. Pārliedzinoties par apkārtne drošību, atbilstoši procedūrai tiek atskaņoti brīdinoši skaņas signāli un pēc tam tiek iniciēts sprādziens. Pēc sprādziena spridzināšanas darbu vadītājs apseko uzspridzināto bloku un pārliedzinās, vai visi lādiņi ir izsprāguši un nav nekādu risku, kas varētu apdraudēt tālāku ieža pārstrādes darbu.

Dolomīta atradnes “Rīteri” iecirknī “Koknese” projektētā bīstamā zona ap plānoto izstrādes laukumu neskar tuvumā esošās saimniecības un infrastruktūras objektus. Kā rāda aprēķini, vibrāciju ietekme uz apkārtņē esošajām būvēm ir nebūtiska un bojājumus nerada. Spridzināšanas darbi atradnē draudus apkārtnes iedzīvotāju dzīvībai un veselībai nerada. Spridzināšanas darbus regulējošie normatīvie akti nosaka prasības attiecībā uz drošības pasākumiem, turklāt uzņēmums *BalRock Latvia* ir izstrādājis vēl stingrākus pasākumus iespējamo risku novēršanai, vadoties pēc labākās nozares prakses Eiropā.

BalRock Latvia katru gadu paredz būtisku finansējumu regulārai darbinieku apmācībai un kvalifikācijas celšanai. Pēdējo Eiropas mērogā lielāko konferenci *EFEE 10th World Conference* 2019. gada septembrī Helsinkos apmeklēja visi uzņēmuma spridzināšanas darbu vadītāji. Konferencē vislielākā uzmanība veltīta darba drošības un apkārtējās vides faktoru ietekmes mazināšanai. *BalRock Latvia* regulāri seko līdzi jaunumiem un tendencēm drošības un tehnoloģiju jomā un ievieš savā darbā labāko praksi.

Secinājumi

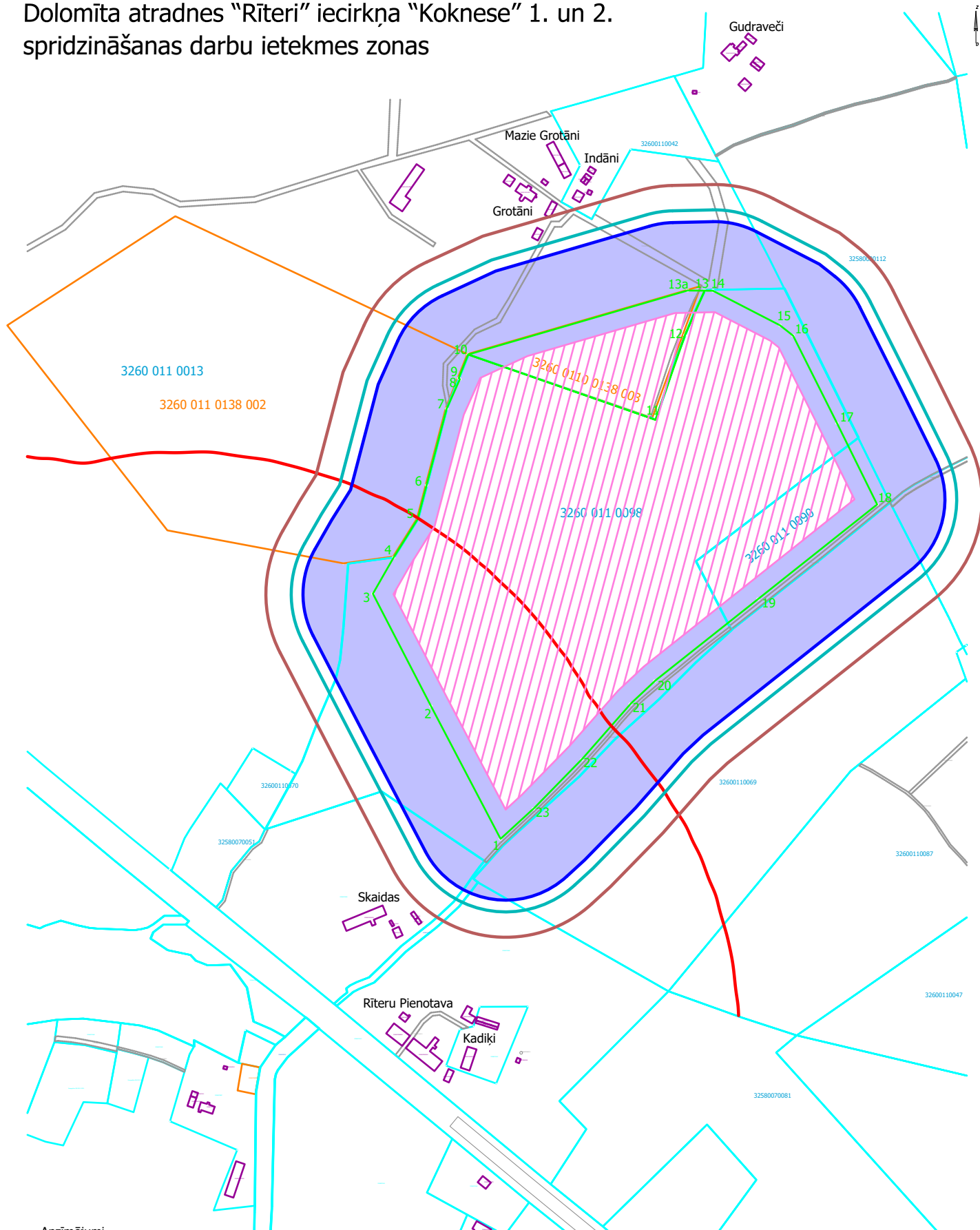
- Nepārsniedzot viena lādiņa masu 50kg, dolomīta atradnē “Rīteri” iecirknī “Koknese” spridzināšanas darbus iespējams veikt, apkārtnes būves nepakļaujot nelabvēlīgas vibrāciju ietekmes riskam.
- Dolomīta atradnes “Rīteri” iecirkņa “Koknese” 1. un 2. laukuma izstrādi paredzēts sākt aiz Daugavas aizsargjoslas (pie 5. iecirkņa laukuma robežpunkta). No šīs vietas tuvākā būve atrodas īpašumā “Grotāni” 335m attālumā. Šis ir drošs attālums, lai sāktu spridzināšanas darbus un vienlaicīgi veiktu vibrāciju mērījumus gan pie tuvākajām ēkām, gan sprādziena vietai tuvākās distancēs. Veikto mērījumu rezultātus var izmantot, lai kalibrētu vibrācijas ātruma aprēķināšanai izmantoto metodi.

Grafiskais pielikums: Dolomīta atradnes “Rīteri” iecirkņa “Koknese” 1. un 2. spridzināšanas darbu ietekmes zonas

SIA “BalRock Latvia” spridzināšanas darbu vadītājs: Gints Rutkis

Pielikumi

Dolomīta atradnes "Rīteri" iecirkņa "Koknese" 1. un 2. spridzināšanas darbu ietekmes zonas



Apzīmējumi

- 7494 006 0111 kadastra numurs
- 7494 0060 111 001 kadastra apzīmējums
- zemes vienības robeža
- nomātās zemes vienības robeža
- ceļi
- 1 atradnes „Rīteri” iecirkņa „Koknese” laukuma robeža ar robežpunktiem
- Daugavas aizsargjosla
- projektētais spridzināšanas laukums
- projektētā bīstamā zona ap spridzināšanas laukumu
- aprēķinātā vibrācijas ātruma 5mm/s līnija
- aprēķinātā vibrācijas ātruma 4mm/s līnija

