

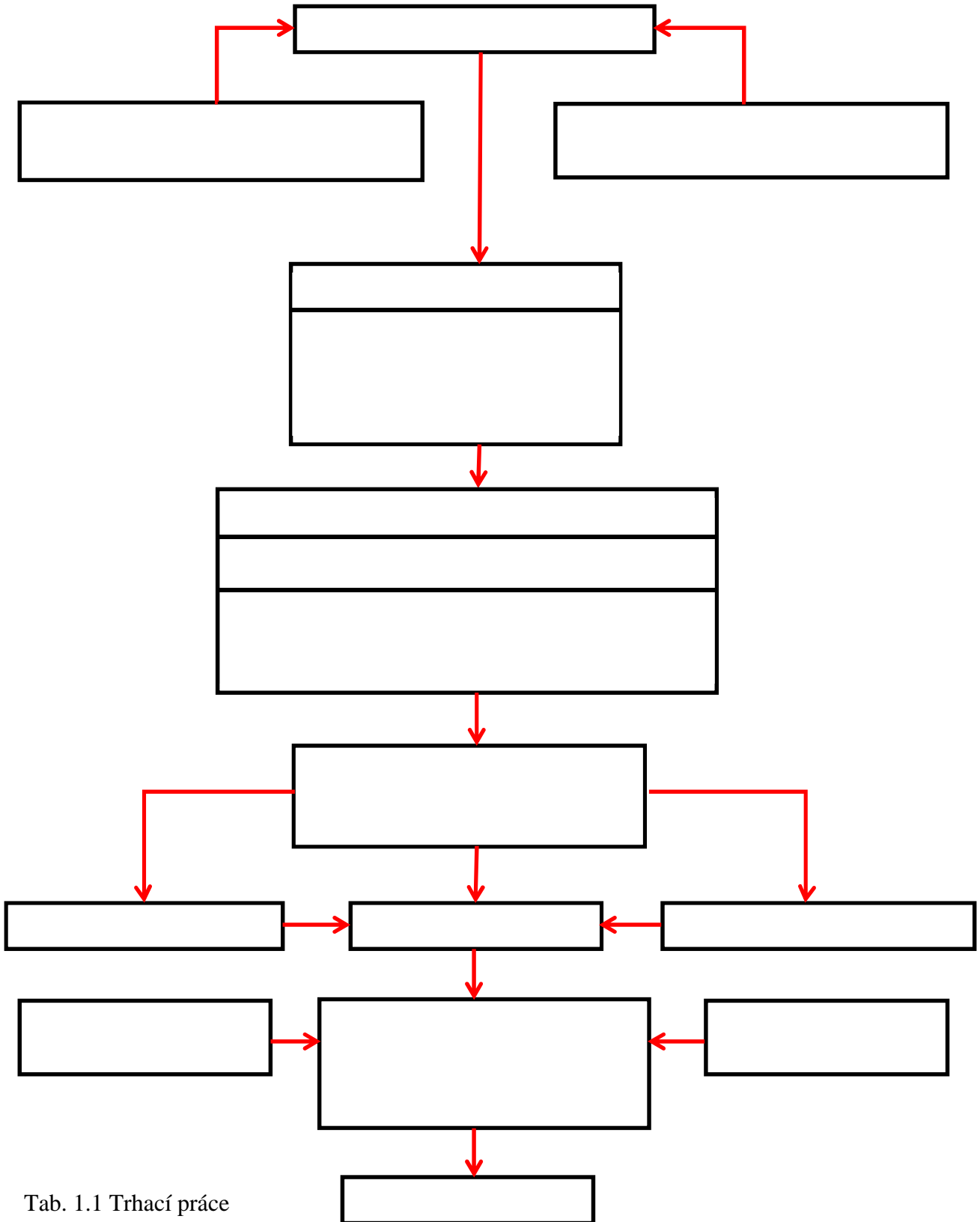
TECHNICKÉ ODSTŘELY A JEJICH ÚČINKY

Přednáška č.1

1. Přednáška

Kompendium předmětu Trhací práce a rozpojování hornin

Dokumentace a rozsah trhacích prací



Tab. 1.1 Trhací práce

Malý rozsah
Technologický postup trhacích prací

Podle Vyhlášky ČBÚ č. 72/1988 Sb., §34 (1):

Trhacími pracemi malého rozsahu jsou trhací práce:

- a) při průzkumu, otvírce, přípravě a dobývání ložisek nerostů, pokud jednotlivé nálože nepřesáhnou kg trhavin a hmotnost celkové nálože nepřesáhne při pracích v podzemí kg a na povrchu kg trhavin,
- b) při přípravě a provádění staveb, terénních úprav, pokud jednotlivé nálože nepřesáhnou kg trhavin a hmotnost celkové nálože nepřesáhne kg, v souvislé zástavbě však jen kg trhavin,
- c) při destrukcích, kromě objektů v souvislé zástavbě a všech továrních komínů, pokud jednotlivé nálože nepřesáhnou kg a hmotnost celkové nálože nepřesáhne kg trhavin na destrukci celého objektu,
- d) při vrtných a geofyzikálních pracích a při těžbě ropy a zemního plynu, pokud hmotnost celkové nálože ve vrtu nepřesáhne 400 kg trhavin, v souvislé zástavbě však jen 30 kg trhavin,
- e) v horkých provozech, pokud hmotnost celkové nálože nepřesáhne 30 kg trhavin; při tváření nebo jiné úpravě materiálů výbuchem 10 kg trhavin,
- f) ostatní trhací práce, pokud hmotnost celkové nálože nepřesáhne 5 kg trhavin.

Podle Vyhlášky ČBÚ č. 72/1988 Sb., §35 (1):

Pro trhací práce malého rozsahu se musí vypracovat pro každé pracoviště technologický postup trhacích prací, ve kterém se stanoví postup při provádění trhacích prací z hlediska požadované úrovně prací a zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu. Technologický postup trhacích prací v organizaci ověřuje, popřípadě vypracovává **vedoucí trhacích prací**. V ostatních případech vypracovává technologický postup trhacích prací **střelmistr**.

Dokumentace trhacích prací podle Vyhlášky ČBÚ č. 72/1988 ve znění pozdějších předpisů

Pro trhací práce **malého rozsahu** je nutno vypracovat pro každé pracoviště **Technologický postup trhacích prací**, ve kterém se stanoví:

- technologie trhacích prací a omezující podmínky odstřelů,
- způsob ochrany okolí před účinky odstřelu,
- potřebný počet pracovníků včetně střelmistrů,
- situace místa odstřelu a jeho nejbližšího okolí s vymezením manipulačního prostoru a bezpečnostního okruhu a způsobu jejich vyklízení a uzavření,
- čekací doba,
- zásady určení úkrytu pracovníků a místo odpalu,
- rozmístění a velikost náloží,
- způsob roznětu a povolené odchylky mezi naměřeným a vypočteným odporem roznětného okruhu,
- způsob těsnění náloží,
- opatření při selhávce včetně způsobu její likvidace,
- pravomoc a odpovědnost pracovníků zúčastněných při trhací práci,
- podmínky pro dělení náložek trhavin,
- nabíjení roznětných náložek pomocníkem,
- používání více roznětných náložek v náloží,
- adjustace roznětné náložky několika rozněcovadly,
- úpravu podmínek v případech, kdy tak výslovně stanoví vyhláška.

Velký rozsah
Technický projekt odstřelu

Podle Vyhlášky ČBÚ č. 72/1988 Sb., §34 (2):

Trhacími pracemi **velkého rozsahu** jsou destrukce objektů v souvislé zástavbě a továrních komínů a trhací práce, při kterých nálože přesahují hmotnosti uvedené v odstavci 1.

Podle Vyhlášky ČBÚ č. 72/1988 Sb., §35 (2):

Pro trhací práce velkého rozsahu se musí vypracovat pro každý odstřel technický projekt odstřelu, ve kterém se stanoví postup při provádění trhací práce z hlediska požadované úrovně práce a zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu.

Dokumentace trhacích prací podle Vyhlášky ČBÚ č. 72/1988 ve znění pozdějších předpisů

Pro trhací práce **velkého rozsahu** je nutno vypracovat pro každý odstřel **Technický projekt odstřelu**, který musí obsahovat tyto části:

- a) technickou zprávu s odůvodněním projektového řešení a:
 - výpočet velikostí náloží včetně hodnot dílčích koeficientů,
 - výpočet jistoty roznětu a schématem roznětného vedení,
 - technologický postup trhacích prací,
 - řešení nežádoucích vlivů vedlejších účinků trhacích prací na okolí,
 - rozpis opatření k zajištění bezpečnosti při odstřelu,
 - případné další potřebné údaje podle povahy odstřelu.

- b) výkresovou část zpracovanou podle povahy odstřelu včetně:
 - situace území se zakreslením pevných měřických bodů,
 - bezpečnostního okruhu s vyznačením stanovišť hlídek,
 - konstrukce náloží a polohy roznětných a počínových náložek

Způsob znázornění a měřítko výkresů musí umožnit získání dostatečně přesných podkladů pro výpočet náloží, vytyčení jejich polohy pro přípravné práce a pro případnou likvidaci selhávky,

Pro opakované trhací práce velkého rozsahu za stejných nebo obdobných podmínek, popřípadě parametrů, lze po získání zkušeností z předcházejících odstřelů vypracovat **Generální technický projekt odstřelů**. Musí být schválen okresním báňským úřadem. Souhlas OBÚ platí jen pro určité časové období.

Podmínky výbuchu

Výsledky odstřelu:

Odhoz

Sesutí

Nakypření

Bez výlomu

Příprava náložových prostorů

Parametry náloží

Základní dělení náloží

Podle tvaru:

- (základním tvarem je dlouhý válec) [Obr. 1.1. b,c,d,e,f]
- (základním tvarem je koule) [Obr. 1.1.a,g,h]
(kriterium: Langefors: táhlá když $L > 10 \times \varnothing$)

Podle umístění:

- [Obr. 1.1.a,b,c,d,e,h]
- [Obr. 1.1. f]
- [Obr. 1.1. g]

Podle účinku:

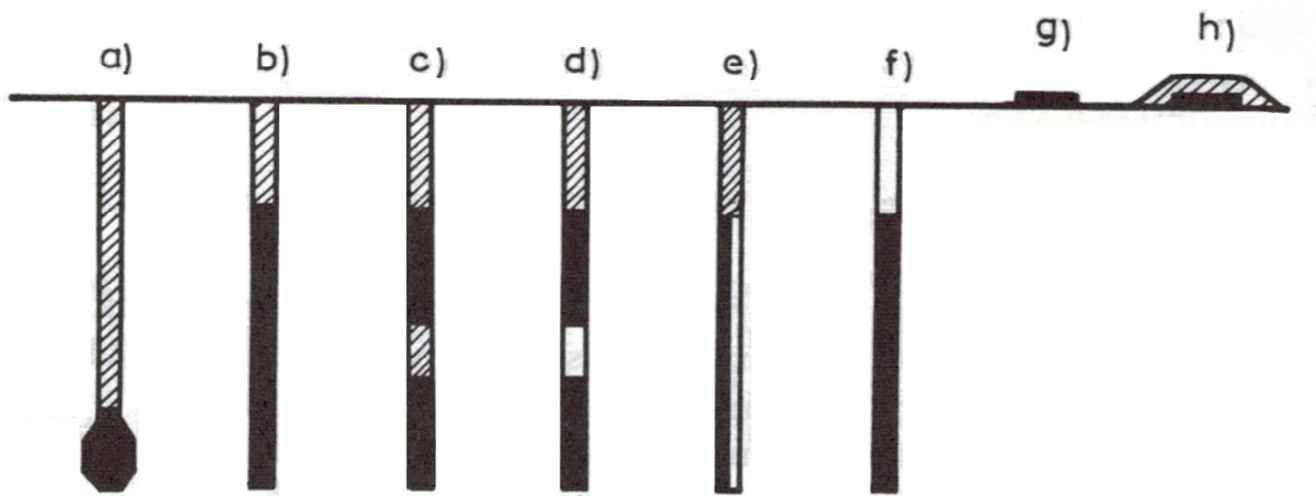
- (bez výlomu)
- (odhoz, sesunutí, nakypření)

Podle usměrnění:

- (účinek výbuchu je ve všech směrech přibližně stejný) [Obr. 1.1.a,b,c,d,f]
- (účinek výbuchu je usměrněn převážně do jednoho směru (kumulativní nálož, radiálně lehčená nálož) [Obr. 1.1.e]

Podle konstrukce:

- souvislé [Obr. 1.1. a,b,f]
- dělené s meziucpávkou [Obr. 1.1. c]
- dělené se vzduchovými mezerami, tzv. axiálně lehčená nálož [Obr. 1.1. d]
- radiálně lehčená nálož [Obr. 1.1. e]



Obr. 1.1.

Ucpávka

Slouží k zaplnění zbytku vrtu a mají funkci:

- Odpor napěťovým vlnám
- Zabránit úniku prošlehu v plynujících dolech
- Ekonomickou
- Nezhoršovat pracovní podmínky

Nejčastěji používané materiály ke konstrukci ucpávek jsou jíl, jíl+písek, písek, vrtná drť, voda (volná, v obalu).

Průměr nálože a vývrtu

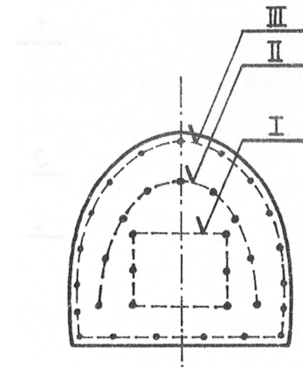
Pro běžné trhací práce je poměr mezi \varnothing vrtu a \varnothing náložky roven . Tento poměr vede k:

- snížení počtu náloží
- snížení celkové spotřeby
- snížení doby nabíjení

Rozdělení vývrtů

Při ražení na jednu volnou plochu využíváme tři druhy vrtů:

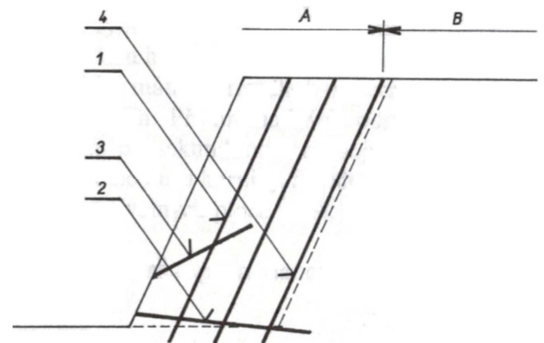
- [Obr. 1.2. I]
- pomocné (,) [Obr. 1.2. II]
- pomocné () [Obr. 1.2. III]



Obr. 1.2.

Při trhacích pracích v povrchovém lomu se vrty dělí na:

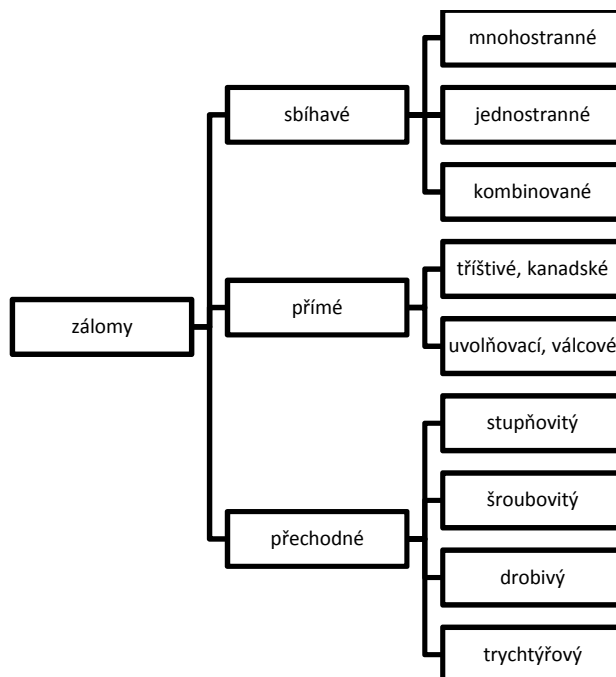
- [Obr. 1.3. 1]
- [Obr. 1.3. 2]
- [Obr. 1.3. 3]
- [Obr. 1.3. 4]



Obr. 1.3.

Systematika zálomů

Zálomy (Tab1.2.) se odpalují jako první, konají maximální práci a mají za úkol vytvořit další volnou plochu. Vývrty se vrtají v různých geometrických sestavách. Jsou umístěni ve středu nebo v nejměkčím materiálu.



Tab. 1.2.

Záběr a rozteče vrtů

Záběr nebo také úsečka nejmenšího odporu je nejmenší vzdálenost spojující volnou plochu a těžiště nálože. Určuje se v místě s největším upnutí horniny (např. pata etáže,...)

Název	Značení	Jednotky
Záběr	w	m

Tab. 1.3.

Počet vývrtů ovlivňuje kusovitost, kvalitu obrysu. Dělení nálože ve vývrtech musí být optimální, nejlépe rovnoměrně rozdělená čelba. Musí se však respektovat geologie čelby.

Nabíjení Konstrukce roznětné sítě Parametry prostředků roznětů

Výbušiny systematika

Výbušiny jsou látky schopné chemického výbuchu. Mají velkou potencionální energii, která se působením počátečního impulsu (iniciace) uvolňuje cestou exotermické reakce ve velmi krátké době, za vzniku velkého objemu plynných zplodin.

Základní dělení:

Podle způsobu iniciace:

- (černý prach, třaskaviny, střeliviny)
- (většina)

Podle způsobu použití a výkonu:

- - uvolňují hořením plyny o vysokém tlaku a teplotě (výmetné nálože, střelný prach)
- - přímé výbušiny, stačí malý podmět (rychlý přechod od výbuch. hoření k detonaci, citlivé, výkonné – rozbušky. malý výdej energie, třaskavá rtuť, azid olovnatý, azid stříbrný)
- - nepřímé výbušiny, potřebují silný podmět (detonují, silná inicializace, např. pomocí třaskaviny)
- (10% síry, 15% dřevěného uhlí, 75% ledku)

Průmyslové trhavin

Jedná se o směsi anorganických a organických látek různé konzistence. Používají se pro účely civilní trhací techniky. Málo citlivé k vyvolání výbušné přeměny to znamená nutnost silné iniciace (výbuch rozněcovadla).

Dělení:

podle způsobu zcitlivění (výroby):

- – obsahují výbušné látky, chemická senzibilace (min. jedna komponenta sama osobě výbušná)
- – fyzikální senzibilizace, smícháním složek vzniká výbušná směs (DaP, Slurry)

podle použití:

- (označeny žlutou barvou)
- (označeny červenou barvou)
- (protiprachové (označeny modrou barvou), protiplynové I.(označeny bílou barvou), II.(označeny zelenou barvou) a III. třídy (označeny zelenou barvou s černým pruhem))
- (pod tlakem, pod vodou, jako příložné nálože)

podle konzistence:

- *Sypké* ($\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$, DAP, povrchové, 5% trhací želatiny)
- *Poloplastické* ($\rho = 1200 \text{ kg.m}^{-3}$, 5- 15% trhací želatiny)
- *Plastické* ($\rho = 1450\text{-}1600 \text{ kg.m}^{-3}$, > 15% trhací želatiny, vodovzdorné, vysoká brizance)
- *Tekuté*
- *Tuhé* (lisované, lité trhaviny – pentrit, málo časté)
- *Slurry* – olejovité až kašovitě

podle způsobu balení:

- Volně sypané trhaviny– příprava přímo na místě, DAP
- Pytlované trhaviny– povrchové, pro použití u komorových a clonových odstřelů
- Velkopřůměrové náložky (>50mm) – papírové obaly na sypké trhaviny
- Málopřůměrové náložky (<50mm) – papírové a plastové obaly na poloplastické a plastické trhaviny
- Kumulativní náložky–usměrňují účinky výbuchu
- Hranolovité náložky (příložné trhaviny) – příložné náložky, sekundární rozpojování

Suroviny pro výrobu klasických trhavin:

Výbušninové směsi:

- Nitroestery (nitráty)
 - Nitroglycerin
 - Nitroglykol
 - Nitrocelulóza
 - Trhací želatina (klasický Dynamit)
 - Pentrit (Pentraerythrittetranitran) (náplň bleskovic a klasických rozbušek)
- Nitrolátky (nitroderiváty uhlovodíků)
 - Tritol (náplň bleskovic a klasických rozbušek)
 - Dinitrotoluen
- Nitroaminy
 - Hexogen (použití vyšší tlak a teplota)
 - Oktogen

Okysličovadla:

- Dusičnan amonný
- Chloristan amonný

Paliva:

- Organický původ (nafta, topný olej, dřevěná moučka,...)
- Práškové kovy (hliník, hořčík,...)

Pomocné směsi:

- Hasící přísady (flegmatizátory)
- Ostřicí přísady
- Stabilizátory (stabilizace detonační rychlosti)

Rozněcovadla

Základní rozdělení:

- Zápalnice
- Bleskovice klasická
- Rozbuška klasická
- Rozbuška elektrická
- Rozbuška neelektrická (Mikrobleskovice, detonační trubička)
- Rozbuška elektronická

Elektrické rozbušky

Spojení elektrického palníku a klasické rozbušky v jedné dutince. Materiál dutinky většinou Cu, Al.

Podle časování dělíme na:

- (nultý stupeň)
- (mezi palníkem a klasickou rozbuškou je zpoždovač):
 - milisekundové < ms (DeM, DeR)
 - délečasovné > ms (DeD, DeP)

Časování rozbušek:

- - průměrná doba zpoždění je 23 ms, sada obsahuje 21 časových stupňů
- - průměrná doba zpoždění je 40 ms (1-4°) jinak 80 ms, sada obsahuje 10 časových stupňů
- - průměrná doba zpoždění je 250 ms, sada obsahuje 12 časových stupňů
- - průměrná doba zpoždění je 500 ms, sada obsahuje 12 časových stupňů

Podle elektrických vlastností dělíme elektrické rozbušky na:

- Nízko odolné (NO), s trvalým bezpečným proudem $I_b > 0,18$ A
- Středně odolné (SO, SICCA), s trvalým bezpečným proudem $I_b < 0,40$ A
- Vysoce odolné (VO), s trvalým bezpečným proudem $I_b < 4,0$ A

Speciální rozbušky:

- DeM-zb (zvýšená odolnost proti zapálení výbušného prostředí)
- RVT (odolnost vůči tlaku vody)
- DeM-ROT (odolnost vůči zvýšené teplotě)

Rozmět

Časování roznětu

Stanovení intervalu zpoždění a sledu výbuchu jednotlivých náloží ovlivní:

- Bezpečnost odstřelu (pracoviště s nebezpečí výbuchu prachu a plynu)
- Efektivnost odstřelu (nedostatečný trhací efekt, porušení obrysu díla, prudký a daleký odhoz, zvýšení seizmického účinku, vznik obnažených, stržených a uvolněných náloží)
- Ekonomickou náročnost

Roznětnice

Podle konstrukce dělíme na:

- Dynamoelektrické (stejnoseměrný proud, malý výkon)
- Kondenzátorové
- Bateriové
- Síťové

Parametry výbušiny

Chemické vlastnosti (Tab.1.4.)

- Kyslíková bilance
- Specifický objem plyných zplodin
- Výbuchové (spalné) teplo
- Výbuchová teplota
- Technický (skutečný) objem zplodin
- Tlak povýbuchové zplodin
- Výkon výbušniny
- Detonační rychlost

Název	Značení	Jednotky
Kyslíková bilance	K.B.	%
Specifický objem plyných zplodin	V_0	$\text{dm}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$
Výbuchové (spalné) teplo	Q_v	$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$
Výbuchová teplota	t_v	$^{\circ}\text{C}$
Technický (skutečný) objem zplodin	V_t	$\text{dm}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$
Tlak povýbuchové zplodin	p	MPa
Výkon výbušniny	N	MW
Detonační rychlost	D	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

Tab. 1.4.

Vybrané funkční zkoušky

- Stanovení pracovní schopnosti dle Trauzla
- Balistický moždír
- Brizance výbušnin
- Detonační rychlost
- Přenos detonace
- Teplota vzbuchu
- Zkouška citlivosti k nárazu
- Zkouška důlní bezpečnosti
- Hustota výbušnin
- Chemická odolnost a stabilita výbušnin

Název	Značení	Jednotky
Stanovení pracovní schopnosti dle Trauzla	R_t	cm^3
Balistický moždír	RPS	% pracovní schopnost trhací želatiny
Brizance výbušnin	Podle HESSE	mm
Detonační rychlost	D	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

Tab. 1.5.

Hustota trhavín

- (objemová hmotnost trhavinové masy v náložce)
- (poměr hmotnosti trhaviny a užitého objemu výbuchového prostoru)

Určování hmotnosti nálože

Základním parametrem trhačí práce je stanovení **hmotnosti nálože** Q_c [kg] a nejčastěji vycházíme z **měrné spotřeby trhaviny na 1m^3 horniny** ($q_{stř}$) a objemu rozpojeném v jednom záběru.

Ovlivňující faktory:

- Pevnost rozpojované horniny (koeficient Protodjakonova f)
- Velikost raženého profilu důlního díla
- Pracovní schopnost použité trhaviny
- Hustota trhavinové masy
- Průměr nálože použité trhaviny
- Dále je spotřeba ovlivněna aktuálními podmínkami (geologie, úklon, zabírka)

Měrná spotřeba trhavín určená podle empirických vzorců:

- Protodjakonova I
- Protodjakonova II
- Ibrajeva
- Pokrovského
- Čuprunova
- Langeforse
- OKR (VVUÚ)
- „MHD“ (Rudné doly)
- VŠB

Název	Značení	Jednotky
Náložková hustota	ρ_t	kg.m^{-3}
Náložová hustota	ρ_n	kg.m^{-3}
Hmotnost nálože	Q_c	kg
Měrná spotřeba trhavín	$q_{stř}$	kg.m^{-3}

Tab. 1.6.

Detonace

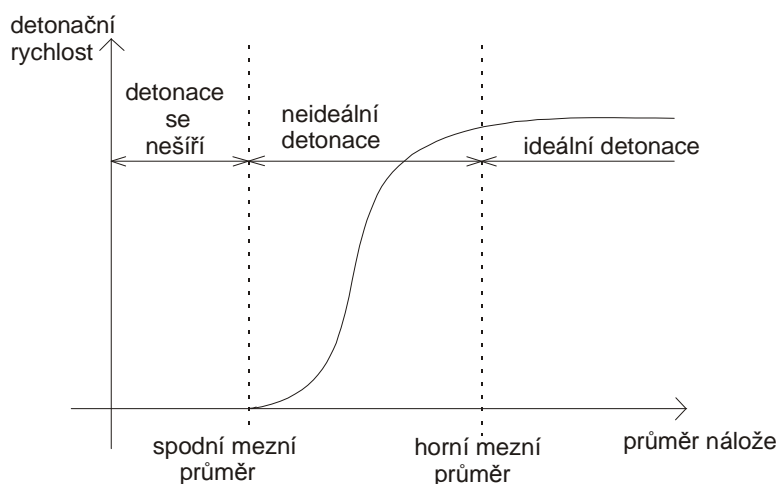
Výbuch

Definice základních pojmů:

- fyzikální nebo fyzikálně-mechanický děj, který proběhne za velmi krátkou dobu a při něm se uvolní velké množství energie (mechanický, elektrický, chemický, jaderný,...). U trhavých pracích se jedná o výbuch chemický. Podle rychlosti dělíme na základní typy:
 - Výbuchové hoření
 - Detonační výbuch (detonace)

- je charakterizováno rychlostí reakce menší, než je rychlost zvuku ve zplodinách výbuchu v podmínkách, které se při reakci vytvoří. Dochází k posunu horniny a k velké kusovitosti.
- je chemický výbuch, při němž vzniká ve výbušnině detonační vlna pohybující se rychlostí větší, než je rychlost zvuku ve zplodinách. Detonující trhavina působí ve dvou fázích:
 - 1. dynamickým rázem
 - 2. statickým účinkem tlaku povýbuchových zplodin

- schopnost nálože detonovat po celé délce nálože konstantní rychlostí. Závisí na chemickém složení a průměru náložky. Čím je průměr nálože větší, tím je stabilita dokonalejší



Obr. 1.4.

Kontrola jistoty roznětu

Kontrola jistoty roznětu je závislá na druhu roznětnice:

- Nutno vypočítat zážehový impulz (Tab. 1.7.)
- Ten musí být větší než aktivační impulz u použité roznětnice (Tab. 1.8.)

- Nutno vypočítat hodnotu intenzity proudu (Tab. 1.7.)
- Ten musí být větší než aktivační proud u použité roznětnice (Tab. 1.8.)

Název	Značení	Jednotky
Zážehový impulz	L_z	$J \cdot \Omega^{-1}$
Aktivační impulz	L_{akt}	$J \cdot \Omega^{-1}$
Intenzita proudu	I	A
Aktivační proud	I_{akt}	A

Tab. 1.7.

Kontrola jistoty roznětu pro:	Vzorec	Jednotky
Kondenzátorové roznětnice	$L_z > L_{akt}$	$J \cdot \Omega^{-1}$
Dynamoelektronická roznětnice	$I > I_{akt}$	A

Tab. 1.8.

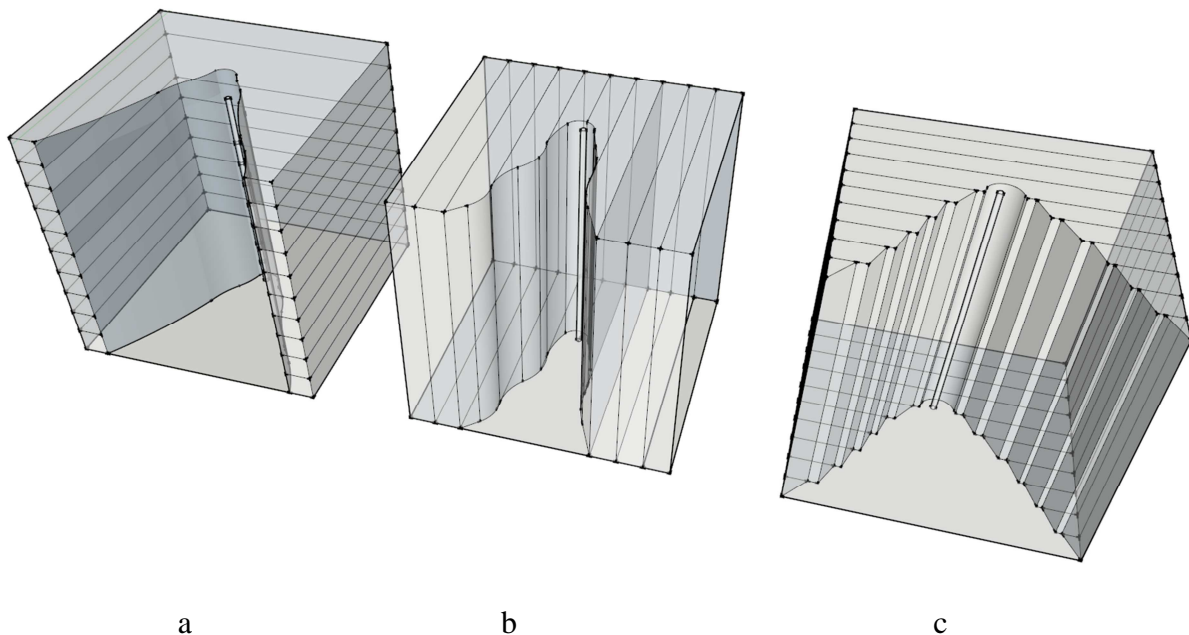
Fyzické a mechanické
vlastnosti prostředí

Jedná se o určení poloh hornin, které budou primárně rozpojovány.

Velký vliv mají hlavně fyzikálně mechanických vlastností:

Velký vliv kromě základních fyzikálně mechanických vlastností je prostoupenost horninového prostředí plochami nespojitosti. Z hlediska umístění vývrtů je možno rozlišit tři rozdílné podmínky (Obr. 1.5.)

- Největšího rozpojovacího efektu se dokazuje v podmínkách a
- Velmi drobná fragmentace horniny, ale současně nejmenší objem horninové výtrže se získá při orientaci vrtu podle situace b
- V případě c objem horninové výtrže roste ale současně vznikají větší plošné kusy



Obr. 1.5

**Geometrie systému
(prostředí)**

Základní rozdělení:

- Geometrické parametry rozpojovaného bloku horniny
- Geometrické parametry vývrtů a náloží v hornině

Důležité pojmy:

- Volná plocha -
Míra upnutí –

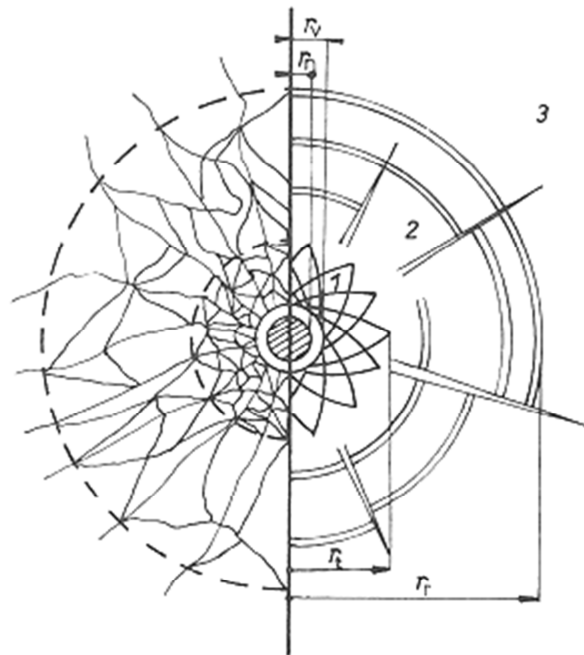
Tlak povýbuchových zplodin
Intenzita a způsob šíření
vln napětí

Průmyslové trhavinu detonují. Jedná se o detonační výbuch.

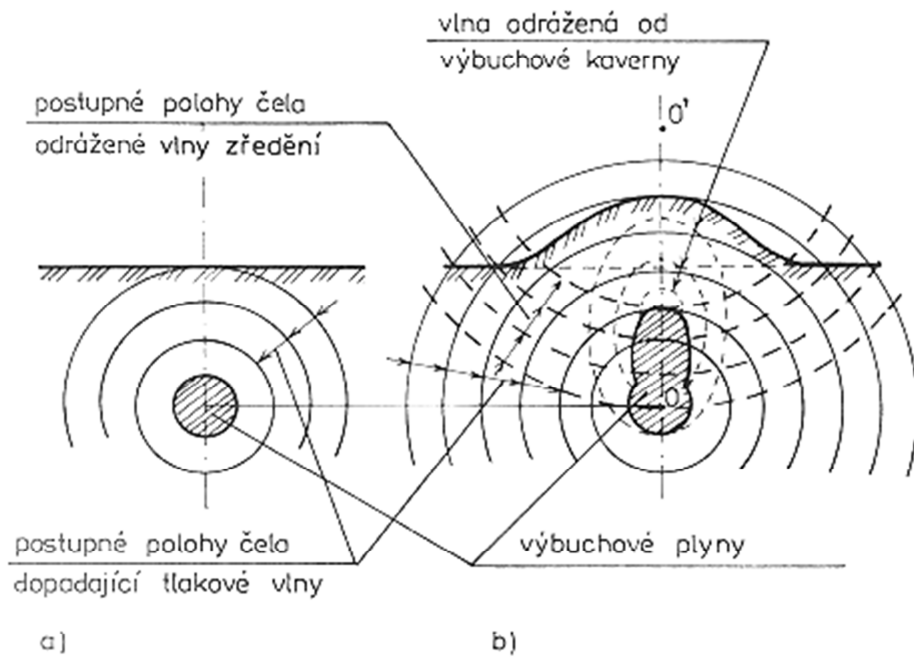
Na horninu působí:

Fáze výbuchu:

- Napěťová vlna se šíří všemi směry, vznik radiálních trhlin
- Po nárazu tlakové vlny na volnou plochu, kde není žádný odpor se hornina začne klenout do volné plochy, vznik tahového namáhání
- Vlna se odrazí od volné plochy a vrací se jako vlna tahová (odštěpný efekt). Vrací se v zrcadlovém obrazu a hornina je odštěpována do volného prostoru
- Vzniká horninová výtrž omezená prizmaty výtrže



Obr. 1.6. Mechanismus rozpojení horniny výbuchem v geometricky neohrazeném prostředí
 1 – zóna drcení, 2 – zóna trhlin, 3 – zóna pružných deformací



Obr. 1.7. Mechanismus rozpojení horniny výbuchem v blízkosti volné plochy
 a) šíření tlakové vlny od nálože, b) odraz tlakové vlny od volné plochy a vytvoření vlny zředění, kopulovitý pohyb horniny nad náloží

Výsledek odstřelu

Hlavní cíle trhacích prací: