

# Výztuž podzemních speleologických děl - důlní výztuž

Dipl. tech. Josef Řehák, ing. Bohuslav Koutecký

## 1. Ú V O D

### 1.1 VÝZNAM DŮLNÍ VÝZTUŽE

Speleologický průzkum a úprava již objevených jeskyní vyžaduje v řadě případů různé způsoby zemních a přibírkových prací, při kterých se neobejdeme bez pomoci důlní výztuže, která nám zajišťuje stabilizaci prováděného díla a hlavně bezpečnost pracovníků. Jsou to případy při hloubení průzkumných šachtic, prorážek nebo překopů jeskynních závalů a suťových kuželů, pronikání komíny a pod.

Na včasné, správně postavené a spolehlivé výztuži závisí *bezpečnost jeskyňářů*, jejich pohodlný pohyb při práci a doprava natěženého materiálu.

K správnému určení způsobu výztuže v prováděných dílech v jeskyních je nutno znát alespoň přibližně *velikost tlaku*, který působí na důlní výztuž. Výztuž vytvořených děl může být pohybem horniny, který vzniká porušením rovnovážného stavu v horském masívu při ražení, namáhána na všechny zatěžovací případy. Projevy v pohybech horniny co do směru a velikosti mohou být různé a závisí na fyzikálně mechanických vlastnostech průvodních hornin, na úložních poměrech, hloubce uložení a na vlivu sousedních volných prostor či závalů.

Podle očekávaného projevu důlního tlaku volíme *profil raženého díla, tvar výztuže, stavební hmotu a hustotu výztuže*.

Správná výztuž má velký vliv na životnost samotného díla. Náklady na ražení a udržování díla těsně souvisí se správně volenými rozměry průřezu díla, s volbou výztužného materiálu s přihlédnutím k požadované životnosti chodby a se správnou organizací výztužných prací, údržby a s jakostí postavené výztuže. Špatně nebo opožděně prováděná výztuž způsobuje nežádoucí závaly a tím i ztráty v postupu, ohrožuje bezpečnost pracujících a zvyšuje pracnost a náklady.

Výztuži se má *obnovit rovnovážný stav horninového masívu*, porušený vytvořením prostoru uvnitř horniny. Výztuži se má zajistit důlní dílo co nejbezpečněji a přitom co nejlaciněji.

### 1.2. PLÁNOVÁNÍ VÝZTUŽE DLOUHÝCH DĚL

Volba technicky nejhodnějšího a neehospodárnějšího druhu výztuže dlouhých děl závisí na tom, zda důlní dílo bude vystaveno jen účinkům *tlaku statického*, nebo zda bude v dosahu pohybu vrstev vyvolaného jinou činností (dobýváním), tj. *tlaků dynamických*. Při otvírce jeskyní se jedná převážně o tlaky statické vyvolané nadložními horninami, v případě použití trhacích prací musíme počítat i s jejich mechanickými účinky na výztuž.

Z nauky o projevech důlních tlaků v dlouhých dílech vyplývá, že chodby jsou udržovány otevřené hlavně horninou obklopující (obalující) chodbu. Výztuž postavená horníkem je schopna přebírat jen malý zlomek tlaku působícího na důlní prostor. Například v hloubce 800 m při objemové tíze karbonského pohoří  $2,5 \text{ Mp/m}^3$  je svislý tlak (statický) nadložních hornin  $2\,000 \text{ Mp/m}^2$ . V chodbě široké 3 m to odpovídá zatížení  $6\,000 \text{ Mp}$  na 1 m délky chodby. Skládá-li se výztuž z ocelových oblouků o únosnosti  $40 \text{ Mp}$  a jsou-li oblouky stavěny ve vzdálenosti 80 cm, může výztuž unést v každém metru chodby  $50 \text{ Mp}$ , tedy jen 0,8 % zatížení celého nadloží.

Aby horninový obal chodby (hornina obklopující dlouhé dílo) byl co nejúnosnější, máme volit nevhodnější tvar průřezu dlouhého díla podle vlastnosti hornin a očekávaného tlaku, a proto v tlačivém pohoří musí mít výztuž v chodbách tvar zaoblený nebo kruhový. To je také podstatný důvod k používání obloukové výztuže v hornictví a k zavádění nejnovějších razicích strojů, které frézují dlouhé dílo v kruhovém průřezu a šetří horninový obal chodby tím, že se nevytvářejí trhliny.

Při ražení trhací prací nelze ovšem trhlinám zabránit. Aby se šetřil horninový obal chodby, používá se v poslední době při ražení chodeb trhací prací stále více tzv. hladkých výlomů. Horninový obal chodby má zachovat svoji soudržnost nebo ještě lépe - má svoji únosnost ještě zvýšit a spolupracovat s výztuží tak, aby se zvýšila stabilita dlouhého díla.

Zpevnění horninového obalu chodby (horniny obklopující dlouhé dílo) lze dosáhnout:

- a) svornikovou výztuží (viz část 3.3),
- b) injektáží, při níž se vhání do vrtů pod tlakem cementové mléko nebo jiné látky, které vyplní trhliny v hornině,
- c) stříkaným betonem, který zabrání zvětráváním, horniny a zpevní horninový obal.

## 2. DRUHY DŮLNÍ VÝZTUŽE

### 2.1 VÝZTUŽ STÁLÁ, DOČASNÁ A PROZATÍMNÍ

Podle doby používání, účelu a tomu odpovídajícího provedení se rozlišují tři druhy výztuže:

a) **Stálá výztuž.** Používá se ji k trvalému zajištění dlouhých důlních děl, vchodů do jeskyní, propojení jednotlivých jeskyní přes poruchová nebo závalová pásma. Je to např. výztuž zděná, betonová, ocelová, tvárniceová.

b) **Dočasná výztuž.** V dlouhých dílech slouží k zajištění důlního díla v úseku mezi čelbou (prozatímní výztuží) a stálou výztuží na kratší dobu, např. dveřejemi. V porubech je dočasná výztuž konečnou výztuží jejich otevřených prostorů, neboť slouží jen krátkou dobu k udržení pracovního prostoru v porubu a s postupem porub se plní. Zrovna tak v jeskyních dílo, které nedosáhlo předpokládaného cíle, se založí a výdřeva (pokud je to možné) se vyplní.

c) **Prozatímní výztuž.** Zajišťuje se jí prostor, v němž není dosud možno postavit výztuž dočasnou, popř. stálou, kde však povaha stropů nebo boků vyžaduje zajištění ihned po vytvoření prostoru nebo jeho části. Prozatímní výztuží mohou být např. stojky s přitesy, stropnice zapuštěné do boku chodby nebo ochranného pilíře, předsunuté nosníky a pod.

### 2.2 VÝZTUŽ NEPODDAJNÁ (PEVNÁ) A PODDAJNÁ

Podle toho, zda důlní dílo bude vystaveno jen tlaku statickému, nebo zda bude ve vlivu dynamických tlaků vyvolaných dobýváním, volíme buď výztuž nepoddajnou (pevnou), nebo poddajnou.

a) *P e v n á (nepoddajná) v ý z t u ž* není schopna se přizpůsobit důlnímu tlaku. Nepoddajnou výztuží je výztuž zděná, betonová, železobetonová, tvárniceová, nejsou-li do ní vkládány stlačitelné vložky. Nepoddajná je ocelová výztuž oblouková, jsou-li jednotlivé části výztuže mezi sebou pevně spojeny, a také nehročená dřevěná stojka nebo ocelová stojka z jednoho dílu.

b) *P o d d a j n á v ý z t u ž* se přizpůsobuje pohybům okolní horniny, tj. tlakovým vlivům, a přitom zmenšuje průřez důlního díla nebo mění svůj tvar. Změny tvaru a velikosti průřezu dlouhého díla lze dosáhnout poddajností, kloubovým provedením výztuže nebo

spojením obou. *Poddajnost* lze dosáhnout různým způsobem. Dřevěná stojka se stává poddajnou, zahrotíme-li ji, tj. na konci uměle zeslabíme; pod tlakem nadloží se hrot stojky rozštěpí, vytvoří se tzv. papuč. Ocelové stojky ze dvou v sobě posouvateľných částí, jež sevřením pomoci zámek různých konstrukcí vyvozují tření a při určitém zatížení prokluzují, jsou poddajné. Dřevěné vložky nebo podložky na styčných plochách dílců důlní výztuže čini výztuž poddajnou. Ocelová oblouková výztuž je poddajná, mohou-li obloukové části ležící v sobě a spolu poddajně spojené prokluzovat. Výztuž z betonových tvárcí je poddajná, vkládají-li se mezi tvárnice stlačitelné impregnované dřevěné vložky nebo vložky z plastických hmot.

## 2.3 MATERIÁL POUŽÍVANÝ NA DŮLNÍ VÝZTUŽ

Podle použitého materiálu rozeznáváme výztuž:

- a) dřevěnou,
- b) kovovou (především ocelovou),
- c) svorníkovou.
- d) zděnou
- e) betonovou a železobetonovou,
- f) tvárníkovou.

I když se v posledních letech rychle rozšiřuje ocelová výztuž, používá se u nás stále nejvíce dřevěné výztuže, protože je poměrně levná, snadno se opracovává a přizpůsobuje různým poměrům. Mohutný rozvoj nové techniky důlních prací, vyžaduje, aby se hlavní dlouhá díla razila ve větších průřezech, při nichž je lichoběžníkový nebo obdélníkový tvar dřevěné výztuže staticky nevýhodný. Pro velké průměry dlouhých děl je tedy nutno používat k výztuži takového materiálu, který dovoluje vyztužovat dílo v nevhodnějším tvaru, tj. klenby kruhové nebo eliptické.

Těmto požadavkům vyhovuje nejlépe ocelová oblouková výztuž, oblouková výztuž z betonových tvárcí, oblouková. výztuž panelová apod.

Zděné a betonové výztuže se používá hlavně v důlních dílech s dlouhou životností.

Nevýhodou betonové a zděné výztuže je naprostá nepoddajnost a obtížná a nákladná oprava rozdrčené výztuže. Zdiva nebo betonu se používá ke stavbě vodních a požárních hrází.

## 3. VÝZTUŽ DLOUHÝCH DŮLNÍCH DĚL (PŘEKOPŮ A CHODEB)

Každé důlní dílo se musí při ražení zajišťovat proti pádu horniny a zavalení.

Jen v pevných a odolných horninách smějí se důlní díla razit a ponechat bez výztuže.

Změní-li se povaha hornin, musí se důlní dílo ihned zajišťovat výztuží.

### 3.1 VÝZTUŽ DŘEVĚNÁ

#### 3.1.1 VÝHODY A NEVÝHODY DŘEVĚNÉ VÝZTUŽE

Výhody: Dřevo je u nás levnější než jiné výztužní materiály, snadno se přirezává do vhodné délky a potřebného tvaru, snadno se dopravuje, je lehké, pružné, pod velkým tlakem praská, ale nerozdrťí se hned a tím nás upozorňuje na nebezpečí.

Nevýhody: Dřevo je hořlavé, ve vlhkých a teplých podzemních prostorách podléhá hnilobě a vydrží krátkou dobu. Je málo odolné proti velkým důlním tlakům a nehodí se pro velké průřezy dlouhých děl.

### 3.1.2 VLASTNOSTI DŘEVA

K důlní výztuži dřevem se používá většinou stromů jehličnatých, a to smrku, jedle, borovice a modřínu. Z listnatých stromů se užívá dřeva dubu, akátu, někdy i buku, ačkoli buk se k výdřevě nehodí, protože nesnáší dobře ohyb, náhle praská a rychle práchniví. Dubu se užívá hlavně na výztužní věnce v šachticích, na pražce apod., dubové dřevo je velmi pevné a trvanlivé.

Dobré důlní dřevo má být rovně rostlé, s hustšími letokruhy a zdravé. Čím jsou letokruhy širší, tím rychleji dřevo roste, a tím je řidší, méně únosné. Zdravé dřevo má vždy charakteristickou smolnou vůni nebo voní tříslem. Dřevo na výdřevu má být oloupané a vyschlé. Čerstvé dřevo obsahuje šťávy, jejichž rozkladem v podzemí se rychle kazí a hnije.

Obsah vody ve dřevě se nazývá *vlhkostí dřeva*. Čerstvě poražený strom obsahuje 26 až 45 % vody. Vlhkost dřeva snižuje značně jeho pevnost. Syrové dřevo vystavené tlaku horniny se náhle láme, proto se ho nemá používat. Aby mohlo dřevo dobře proschnout, zbavuje se kůry, neboť kůra zabraňuje vysoušení dřeva. Vlhkost vysušeného dřeva je 10 až 15 %.

V tabulce 4 je uvedena mez pevnosti a dovolené namáhání různých druhů dřeva.

**Mez pevnosti a dovolené namáhání různých druhů dřeva** Tabulka 4  
(podle KÖGLERA)

Druh dřeva	Mez pevnosti [kp/cm <sup>2</sup> ] na				Dovolená namáhání [kp/cm <sup>2</sup> ] na				
	tlak	tah	střih	ohyb	tlak	tah	střih	střih	ohyb
	∥	∥	∥	⊥	∥	∥	∥	⊥	
k vláknu									
borovice	280	800	45	470	60—80	100—120	10—15	60—70	100—120
smrk	250	750	40	420	50—70	80—100	8—10	45	70—90
jedle	250	750	40	420	50—70	80—100	8—10	45	70—90
dub	350	970	75	600	80—100	100—120	15—20	80—90	100—120
buk	320	350	85	650	80—100	100—120	15	60	90—100

### 3.1.3 VADY DŘEVA, IMPREGNACE (NAPOUŠTĚNÍ) DŘEVA

Vady dřeva jsou uvedeny v ČSN 48 0005. Jsou to zejména suky, trhliny, vady tvaru kmene, vady struktury dřeva, zapaření a hniloba. Dřeva s hnilobou se nesmí v dole k výztuži používat. To by mělo platit i v jeskyních.

Ve vlhkých a někde i teplých jeskynních podmínkách podléhá dřevo hnilobě, ztrácí únosnost a zhoršuje i jakost ovzduší v jeskyních. Původcem hnilob jsou bakterie a houby.

Z výrůsů hub se vyvine podhoubí, které proniká hluboko do dřeva a postupně jej rozkládá. Výtrusy mohou být vzduchem přeneseny i na větší vzdálenost a napadnou další nové

dříví. Houbám nejlépe vyhovuje vysoká vlhkost vzduchu a teplota 15 - 30°C, v takovýchto podmínkách se velmi rychle šíří. V jeskyních je obvykle pro dřevokazné houby ideální vlhkost, teploty bývají sice nižší (7 - 10°C), ale stále jsou dostatečné pro rozvoj hub. Vzduch sám ani voda dřevo nekazí. V suchu nebo pod vodou dřevo vydrží dlouho, v některých historických objektech najdeme dřevěné prvky i tisíc let staré, vždy však jde buď o trámy, které byly trvale v suchu (vazby střech), nebo naopak trvale pod vodou (nosné dubové piloty). Životnost výdřevy v jeskyních však trvá obvykle jen několik málo let. Dřevu velmi škodí i střídavé zvlhčení a vyschnutí, v jeskyních se toto objevuje hlavně u vchodů do podzemí, kde se značně střídají teploty v závislosti na ročním období.

Ochranou proti dřevokazným houbám je impregnace, t.j. *napouštění dřeva* látkami, které výtrusy hub a bakterie ničí a znemožňují jejich vývin. Úspěch impregnace závisí jednak na složení a vlastnostech impregnační tekutiny, jednak na způsobu impregnačního procesu, tj. jakým způsobem a do jaké hloubky se impregnační látky do dřeva dostanou.

Známe asi 200 druhů různých anorganických nebo organických impregnačních látek. Jsou to zejména: sublimát, chlorid zinečnatý, fluorid sodný, fluorokřemičitan sodný, fluorokřemičitan hořečnatý, fluorokřemičitan zinečnatý, dinitrofenoly, pentachlorfenol, fosforečnan a síran amonný (látka AS, Synpreg), polysulfid vápníku (látka SB 56), síran měďnatý, černouhelný impregnační olej, vodní sklo.

Impregnovat lze dvojím způsobem:

a) povrchovým nátěrem, postříkem, poléváním a ponořováním;

b) hlubokou impregnací za použití vakua a tlaku nebo impregnací dlouhodobým máčením.

Povrchovým impregnováním dřeva proti biologickým škůdcům se dosahuje ochrany jen na povrchu, popř. podle vlastností použitého prostředku do hloubky několika milimetrů. Tato impregnace nemá většinou účinek hlubkové impregnace. Jako impregnační látky se používají nejvíce fosforečnan a síran amonný v poměru 2: 1 proti hnilobě a hořlavosti, fluorid (fluoran - flumycin) proti hnilobě a hmyzu, fluorokřemičitan (mykocid) proti hnilobě a hmyzu, pentachlorfenol proti hnilobě, hmyzu a plísním, vodní sklo proti hořlavosti.

K impregnaci dřílného dřeva se používá impregnace hlubkové a to buď ve speciálních tlakových kotlích, nebo máčením v impregnačním roztoku po dobu 14 dnů. Pro dřílné dřevo se hodí jen takové impregnační látky, které svými výparry nejsou škodlivé lidskému zdraví, nezvyšují hořlavost dřeva, nezhoršují dřílní ovzduší, jsou levné a vnikají dobře do dřeva.

Impregnované dřevo je o více než 100 % dražší než neimpregnované, zato však jeho trvanlivost je dvakrát až třikrát větší.

### 3.1.4 DRUHY DŘEVA NA DÍLNÍ VÝZTUŽ

Na výdřevu se používá kulatiny, polokulatiny, odkorů, fošen, prken a trámků. a stojky se používá kulatiny o průměru až 20 cm, k výdřevě jam, šachtic o průměru do 30 cm.

Tesaného a řezaného dřeva se užívá hlavně na věncovou výztuž v jámách a šibících (pokud dřevěná výztuž je dovolena), na průvodnice, pražce, k zhotovování sýpek, přehrad, dveří a pažení. Odkory jsou odpadky při řezání prken, nejmenší tloušťka je 1,5 cm. Prkna jsou 2 až 4 cm tlustá, fošny 4 až 8 cm. Omítaných prken se používá tam, kde musí k sobě těsně přiléhat, jinak se na pažení používá odkorů, které jsou mnohem levnější.

Dřevěné dřílné žebříky bývají do 6 m dlouhé. Postranice (stěřiny) jsou obvykle z jehličnatého dřeva, příčky (mečky) z dubu nebo jasanu. Konce příček mají být zajištěny dřevěnými kolíky.

Násady a topůrka nástrojů jsou nejlepší z habru, akátu, nebo jasanu.

### 3.1.5 USKLADŇOVÁNÍ DŮLNÍHO DŘEVA NA POVRCHU A V PODZEMÍ

Dříví na výdřevu by mělo být oloupané, nařezané v potřebných délkách. Jen tyčovina na pažení se kůry nezbavuje. Je-li dodáváno dřevo dlouhé, řeže se na potřebné délky na skládce dřeva.

Dřevo (kulatina) se ukládá ležatě do hranic podle druhů a rozměrů, na podklady, aby pod ním proudil vzduch a mohlo dobře proschnout. Řezivo se má ukládat pod ochranné stříšky, nebo provizorní zastřešení, aby bylo chráněno před deštěm a sluncem.

### 3.1.7 NÁŘADÍ PRO VÝDŘEVU

Základním náčiním pro budování výdřevy je sekyrka, oblouková pila, palice, kladivo, lopata, nebozez, dláto, vodováha a měřítko. Pro složitější práce k otesávání dřeva se užívá tesařské sekyrky, která má ostří jednostranné.

K zjištění potřebné délky jednotlivých součástí výdřevy mezi stroPem a počvou nebo mezi boky slouží jednoduché měřítko, skládající se ze dvou laťek. Při odměřování se obě laťky uchopí jednou rukou a druhou se posunují tak daleko od sebe, až se konec každé laťky dotýká jedné plochy.

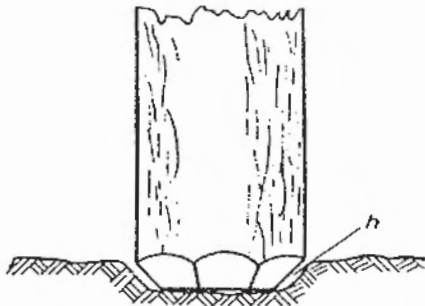
K vyhloubení hnízd pro stojky, k zarovnávání boků chodeb a k odstraňování převislých boků chodeb se používá sbíjecího kladiva nebo kladiva a sekáče či špičky.

### 3.1.8 JEDNOTLIVÉ PRVKY DŘEVĚNÉ VÝZTUŽE

#### a) Dřevěná stojka

je kulatý, neopracovaný kmen, který se staví mezi nadloží a podloží jako podpěrný sloup. Stojka jako samostatný prvek výdřevy se používá k prozatímnímu zajištění pracoviště.

V horizontálním díle stavíme stojky kolmo na počvu. Nejprve se udělá v počvě přiměřeně hluboké hnízdo a podle měřítka skládajícího se ze dvou laťek se stojka přirizne na správnou délku. Spodní konec stojky se přiteše, aby dobře seděla v hnízdě (obr. 148).

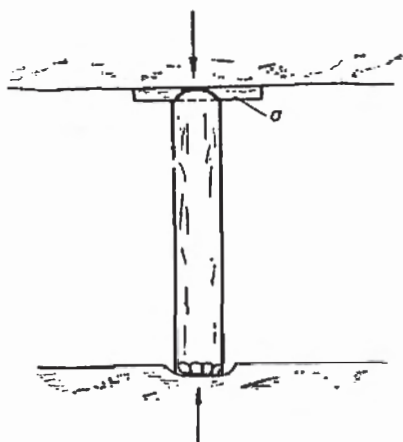


Obr. 148. Přitesaná stojka  
v hnízdě  
h — hnízdo

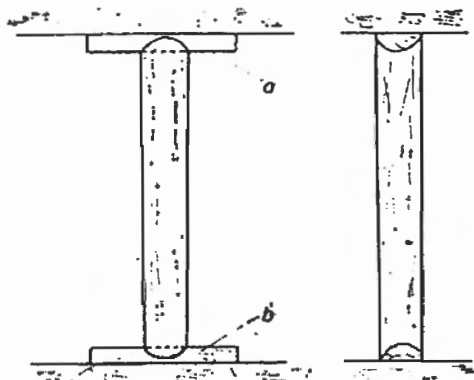
Stojka se postaví tlustším koncem nahoru a pod stropem se zažene kladivem pod přites, který tvoří kulatina nebo půlkulatina určité délky (obr. 149). Je-li počva měkká, podloží se pod stojku podložka (patník) b (obr. 150) z půlkulatin, aby stojka nebyla tlakem nadloží vtačována do počvy.

Dřevěná stojka na obou koncích rovně seříznutá je téměř nepoddajná. Jisté poddajnosti lze dosáhnout, jestliže se stojka zahroťí nebo zaostří do dláta na spodním konci (obr. 151).

Stojkám stavěným v puklinách nebo strmě uložených chodbách říkáme též rozpěry; musí být co nejpečlivěji usazeny, neboť se na ně kladou pracovní povaly a lze se po nich pohybovat.

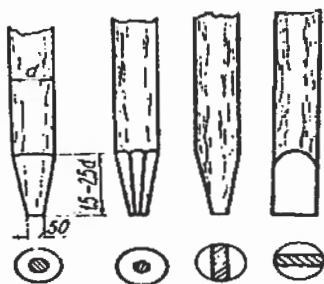


Obr. 149. Stojka v plochem uložení  
zahnaná pod přites  
a — přites



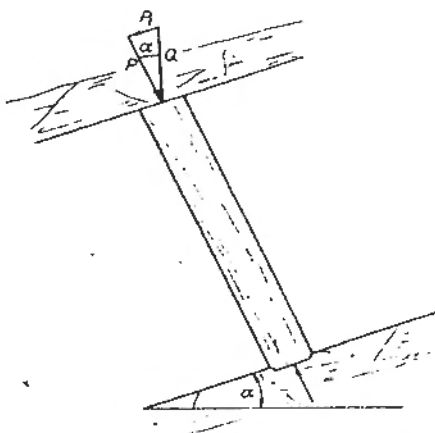
Obr. 150. Stojka postavená  
na patník a zatažená přitesem  
a — přites; b — patník

Stojku (rozpěru) nestavíme kolmo na vrstvy, nýbrž s mírným sklonem proti úklonu.

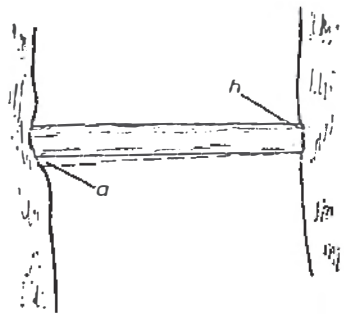


Obr. 151. Zahrocené  
stojky

Tiha nadloží působící na stojku ve vswlém směru se v ukloněných dílech rozkládá na dvě složky,  $P$  a  $P_1$  (obr. 152). Složka  $P = Q \cdot \cos a$  působí kolmo na strop sloje, tj. tlačí na stojku, složka  $P_1 = Q \cdot \sin a$  je rovnoběžná s úklonem sloje, tj. s vrstvami, a způsobuje posun stropních vrstev. Touto tlakovou složkou je stojka postavená se sklonem proti úklonu ještě více utahována a nemůže vypadnout. Stojku seříznutou na správnou délku usadíme jedním koncem do hnízda v počvě nebo ve stropě a druhý konec, je-li hornina pevná, zaženeme shora kladivem do zátahu (obr. 153); je-li hornina málo pevná, zažene se stojka pod přites, a jsou-li strop i počva málo pevné, dají se delší přitesy z obou stran.



Obr. 152. Tlak na stojku ve slojích ukloněných



Obr. 153. Rozpěra (stojka) ve strmém uložení s pevnými bočními horninami  
a — zátah; h — hnízdo

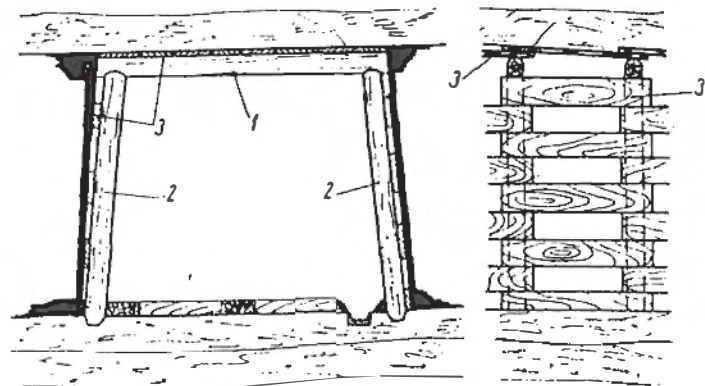
**b) Stropnice (obr.154)**

je vždy součástí výztuže. Leží vždy pod stropem a je podepřena nejméně dvěma stojkami. Přejímá funkci nosníku podepřeného ve dvou nebo více bodech, a je tedy namáhána na ohyb. Na stropnici se používá většinou kulatiny nebo půlkuláčů.

**c) Vzpěra**

slouží k zesílení výdřevy. Stojek se užívá také jako vzpěr k podepření převislých nebo prolomením hrozcích hornin (obr.155). Mají-li zajistit horninu před spadnutím, musí se stavět svisle; mají-li zabránit odvalení horniny, musí se stavět šikmo tak, aby plocha přitesu byla vždy kolmá k ose stojky. Nelze-li to udělat, vrazí se mezi přites a horninu podchycovací klín. Není-li podchytná plocha klínu kolmá na osu stojky, je nebezpečí, že tlak stojku vyvrátí.



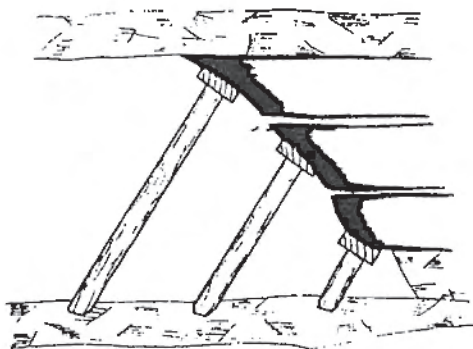


Obr. 154. Dveřej na výkružž zapažená pod stropem plně, na bočích šachovnicovitě

1 — stropnice; 2 — stojky; 3 — pažení

#### d) Práh

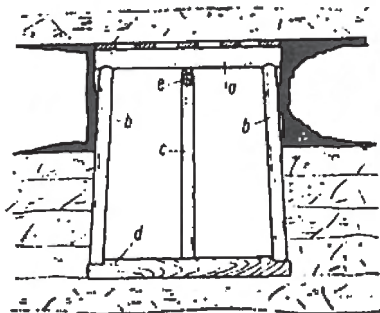
je kulatina nebo trám ležící na počvě chodby, na něž stavíme obě boční stojky dveřeje, působí tlak podložních vrstev (obr. 156). Boční stojky se stavějí na práh na drážku (g) nebo na zub (f).



Obr. 155. Podchycení převislého uhelučého boku vzpěrami

#### e) Podvlak

je kulatina obvykle větší délky, která se podvléká pod stropnice v podélné ose chodby a podpírá, se dvěma nebo více stojkami (podražci); slouží k zesílení výtuže. Na obrázku 156 je dveřej zesílená podvlakem (e) podepřeným střední stojkou (c).



Obr. 156. Dveřeje zesílené podvlakein a středními stojkami, postavené na prahu  
 a — stropnice; b — boční stojky; c — střední stojka (podražec); d — práh; e — podvlak;  
 f, g — spojení stojky s prahem

### f) Rozpínka

Rozpínkami rozpínáme jednotlivé dveřeje mezi sebou, aby nemohly být posuvným tlakem působícím ve směru chodby vyvráceny nebo vyraženy při trhací práci (obr.160).

### g) Pažiny

jsou odkory, kuláče, půlkuláče nebo prkna. Klademe je nad stropnice k zabezpečení stropu proti vypadávání horniny mezi dveřejemi nebo za stojky k zajištění boků chodeb (obr.154).

### 3.1.9 PROPOČET DŘEVĚNÉ STOJKY NA TLAK A VZPĚŘ

Stojky mohou být namáhány na tlak, na vzpěr a na ohyb. Na tlak jsou namáhány stojky např. v prorážce s volnými stropními bloky, mají-li nést jen tíhu nadloží na nich spočívající. Zlomení stojky namáháním na vzpěr nastane, jestliže se tlakem stojka prohne. Zlomení stojky vzpěrným namáháním nastává u delších stojek při poměru délky k průměru stojky 10 : 1.

V ukloněných dílech jsou stojky ještě namáhány na ohyb převislými skalními bloky, povlaky spočívajícími na nich apod. V chodbách jsou stojky namáhány na ohyb tlakem bočních hornin.

Únosnost stojky v plochém uložení vypočteme podle vzorce

$$P = D \cdot S$$

kde P je únosnost stojky [kg],

S - průřez stojky [cm<sup>2</sup>],

D - pevnost v tlaku [kg/cm<sup>2</sup>] (u dřeva smrkového je 250 kg/cm<sup>2</sup>).

Pro výpočet namáhání na vzpěr udává Tetmajer tento vzorec:

$$k = 293 - 1,94 \cdot [(4 \cdot l) : d]$$

kde k je namáhání na vzpěr [kg/cm<sup>2</sup>],

d - průměr stojky [cm],

l - délka stojky [cm].

Příklad: Jaké maximální zatížení P a namáhání na vzpěr snese stojka 150 cm dlouhá, o průměru 12 cm ?

$$P = k \cdot S$$

$$k = 293 - 1,94 \cdot [(4 \cdot 150) : 12] = 196 \text{ kg/cm}^2$$

$$P = 196 \cdot 113,097 = 22\,167 \text{ kg}$$

Jakou výšku nadloží h tato stojka unese, má-li podírat 1 m<sup>2</sup> plochy nadloží, je-li objemová tíha nadloží 2 400 kg/m<sup>3</sup> ?

$$h = 22167 : 2400 = 9,24 \text{ m}$$

### 3.1.10 STANOVENÍ PRŮŘEZU (PROFILU) DLOUHÉHO DÍLA

- Tvar průřezu dlouhého díla má být takový, aby co nejméně odolával očekávaným důlním tlakům;
- Průřez musí být hospodárný, musí mít tedy takovou šířku a výšku, která je nutná pro bezpečnou dopravu, pro vedení potřebného množství větrů a pro bezpečný průchod osazenstva při dodržení bezpečnostních předpisů o větrání, chůzi a dopravě v chodbách.
- V profilu musí být umožněno bezpečné umístění vzduchového a vodního potrubí, kabelů apod. a vodní stoky.

Velikost tlaku na důlní výztuž závisí na fyzikálně mechanických vlastnostech hornin, na tvaru a velikosti průřezu důlního díla, na hloubce pod povrchem, na přítomnosti vody, na vlivu sousedních blízko ležících volných prostor (jeskyní) apod. Z toho plyne požadavek, aby se dlouhé dílorazilo v průřezu co nejmenším.

Dřevěná výztuž dlouhých děl se staví ve tvaru obdélníkovém nebo lichoběžníkovém, které jsou však staticky nevýhodné. S dřevěnou výztuží vystačíme jen v dlouhých dílech menšího průřezu, především v chodbách s krátkou životností.

V tabulce 5 jsou normalizované průřezy dlouhých děl v dřevěné výztuži.

Tabulka 5

#### Normalizované průřezy dlouhých děl v dřevěné výztuži

		Znak průřezu	
		$D_1$	$D_{1a}$
Průřez [m <sup>2</sup> ]	světlý	3,6	6,6
	vylámaný	5,6	8,6
Šířka světla [cm]	pod stropnicí a	160	260
	ve výšce horní hrany pražce b	200	300
Výška světla od pražce po stropnici [cm]	v	200	220

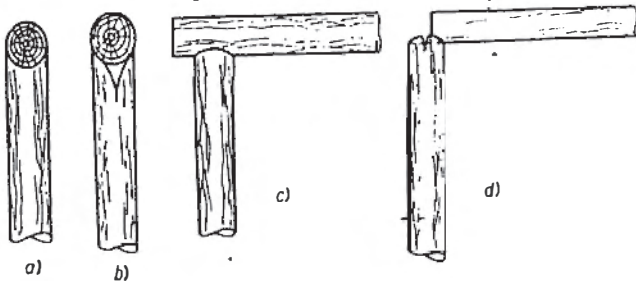
### 3.1.11 VÝZTUŽ DVEŘEJEMI

Dveř se skládá ze stropnice 1 podepřené dvěma stojkami 2 (obr.154). Stropnice je namáhána na ohyb, stojky na tlak nebo též na ohyb z boku.

Stojky musí být se stropnicí dobře spojeny. Podle směru očekávaného tlaku volíme způsob spojení:

a) Spojení na výkruž (obr. 157).

Při tomto spojení je stropnice neporušena, jen stojky se na horním konci sekerou nebo pilou vykrouží tak, aby stropnice ležela ve výkružích celou stykovou plochou, nebo jinak se stojka při větším tlaku rozštěpí (obr. 157b, d). Výhodou tohoto spojení je velká odolnost proti stropnímu tlaku, jednoduché a snadné provedení a snadná výměna zlomené stropnice. Nevýhodou je malý odpor proti bočnímu tlaku, kterým bývají stojky vyhozeny. Tomu předcházíme buď tím, že stojky pod stropnicí rozepráme rozpínkami, nebo spojíme stropnici se stojkou skobou.

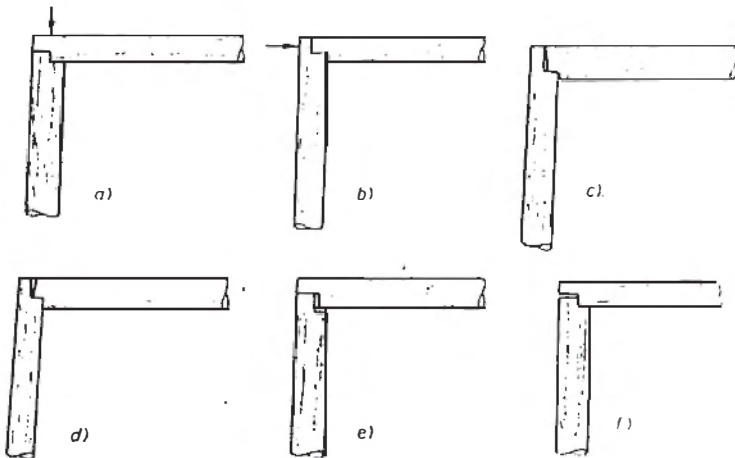


Obr. 157. Spojení na výkruž

a, c — správné; b, d — nesprávné

b) Spojení na zub (obr. 158)

je vhodné pro stropní tlak (obr. 158a) i pro boční tlak (obr. 158b). Při tomto spojení se na



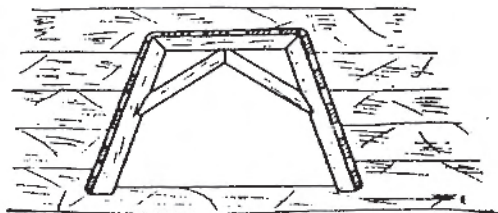
Obr. 158. Spojení na zub

a — při tlaku stropním; b — při tlaku bočním; c, d, e, f — nesprávné

koncích stojek i na koncích stropnic vyřezávají pilou zuby, které se sekerkou vyštípnou. Zuby ve stropnici i ve stojce musí na sebe celou stykovou plochou těsně dosedat, jinak se stropnice nebo stojka rozštípnou (obr. 158c, d, e, f). Výhoda spojení na zub je v tom, že je lze přizpůsobit různým směrům působení tlaku a různým úložním poměrům. Nevýhodné je však to, že se zářezy do dřeva snižují pevnost výztuže a že zuby na stojkách i na stropnicích musí být vyřezány přesně.

c) Spojení kosé, tzv. švédská dveřej (obr. 159)

se používá pro polygonovou výdřevu a při zesílení stropnice vzpěrami. Při něm musí být úhel řezu takový, aby obě řezné plochy těsně přiléhaly celou plochou, jinak se dřevo rozštípnou.



Obr. 159. Spojení kosé — švédská dveřej

#### 5.3.1.12 STAVĚNÍ DVEŘEJÍ

Ve vodorovných dlouhých dílech má dveřejová výztuž zpravidla lichoběžníkový tvar, tj. stojky jsou směrem dolů rozkročeny, aby lépe odolávaly bočnímu tlaku a nebyly bočním tlakem spodem vysunuty. Má-li být dveřej nepoddajná, stojky se nezahrocují a posadí se do hnízd v počvě asi 10 cm hlubokých. Na té straně chodby, v níž se zřizuje vodní stoka, bývá hnízdo o něco hlubší, než je dno stoky. Má-li být dveřej poddajná, stojky se zahrocují na tenčím konci. Délka zahrocení má být asi 1,5 průměru stojky.

Dveřeje se musí stavět kolmo k ose chodby. Vzdálenost mezi osami dveřejí se řídí velikostí důlního tlaku a bývá 0,7 m, nejvýše 1 m. Při nadměrných tlacích stavíme dveřeje těsně vedle sebe čili "na srub", přičemž strop ani boky není třeba pažít.

Očekáváme-li větší tlak z počvy nebo bobtnání počvy, používáme dveřej uzavřenou - stojky stavíme na práh (obr. 156).

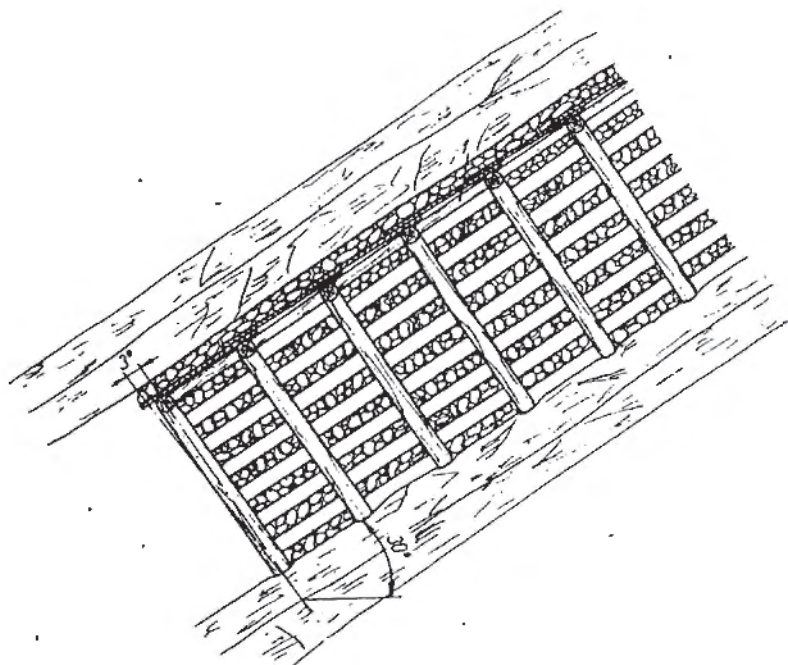
Stavíme-li dveřeje v normálních vzdálenostech od sebe, je nutno strop mezi stropnicemi a boky mezi stojkami zabezpečit pažením proti odlupování a propadávání horniny (obr. 154). K pažení se užívá odkorů, je-li hornina velmi málo pevná a lámaná, půlkuláčů. Volné prostory za pažením musí být vyplněny kamenem (zakládkou) k zajištění stability výztuže.

K zpevnění dveřejí, zejména při spojích na zub, kdy stropnice není namáháním stojky přitlačena ke stropu, jako je tomu při spojích na výkruž, je nutno dveřej pod stropem i z boku zaklínit. Klíny se zarážejí mezi strop a stropnici nad stojkou. Zaklínění dveřejí z boku musí zachytit stropnici i stojku.

K zvětšení odolnosti dveřejí proti posunu ve směru osy chodby (např. při trhačí práci) se jednotlivé dveřeje rozpínají mezi sebou rozpínkami z kulatiny. Rozpínka musí zachytit jak stropnici, tak i stojku (obr. 160).

Správná poloha dveřejí k podélné ose chodby v přímočarých úsecích se určuje třemi olovnicemi. Dvě z nich se zavěsí do středu dřívě postavených dveřejí a třetí do středu nově stavěné dveřeje. Kryjí-li se všechny tři olovnice, je poloha dveřeje správná.

Svislá poloha dveří se zkouší olovnicemi spuštěnými od spojů dveří. V zakřivených částech chodby se musí stavět dveře rovněž kolmo k ose chodby, osa dveří má tedy stejný směr jako příslušný poloměr zakřivení.



Obr. 160. Vychýlení dveří proti úklonu v úklonných chodbách a rozpěření dveří rozpínkami

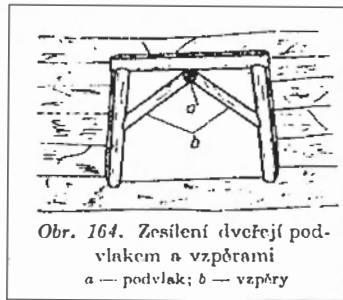
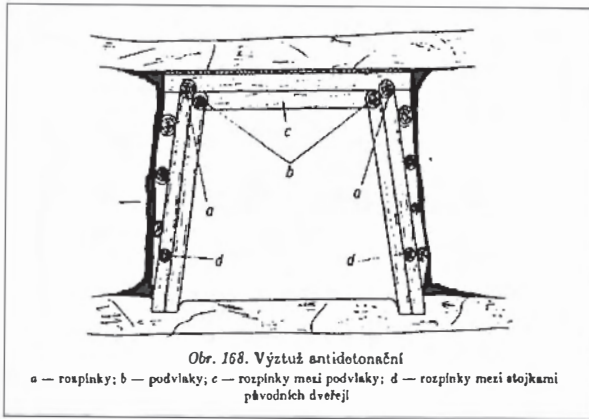
I — rozpínky

V úklonných chodbách musí být výztuž dveřevá, oblouková i prozatímní tak vychýlena proti úklonu, aby nemohla být vyvrácena důlním tlakem, a při úklonu nad 20 stupňů musí být jednotlivé dveře mezi sebou vzájemně spojeny nebo rozpěřeny (obr. 160).

V chodbách ražených ve velmi pevných horninách podchytíme strop chodby stropnicemi zapuštěnými do hnízd v obou bocích chodby

### 3.1.14 VÝZTUŽ ANTIDETONAČNÍ

Je to zesílená výztuž k ochraně chodeb před otřesy pohoří při dobývání pod těžkými stropy. Skládá se z běžných hustěji stavěných dveří, jejichž stojky se zapouštějí do hlubších hnízd v pevné hornině (obr. 168). Jednotlivé dveře se mezi sebou rozpěřou rozpínkami a, které musí doléhat na stojky i na stropnice. Pod stropnicemi dveří se podvléknou na obou bocích chodby podvlaky (b), podepřené stojkami. Podvlaky se pod stropnicemi původních dveří rozpěřou rozpínkami (c). Kromě toho se rozpěřou rozpínkami (d) stojky původních dveří v určité výšce nad počvou.



### 3.1.15 HLOUBENÍ JAM A ŠACHTIC

Pro hloubení jam a šachtic se používá stejně tak jako u ražby horizontálních děl dřevěná, ocelová nebo betonová výztuž. Při hloubení se projevují hlavně boční tlaky a dílo musí být proti nim dobře zajištěno.

#### Výztuž dřevěnými rámy na závěs.

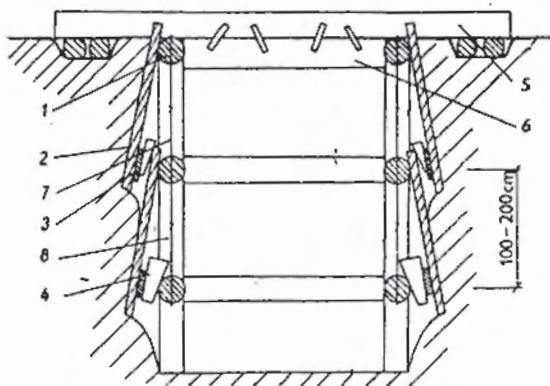
Dřevěný rám se vyrábí z obřích, případně hraněných trámů s osazením na zámky. První rám pažení se upevňuje horní hranou min. 20 cm nad úroveň terénu a trámy se přeplátují a přetahují na terén mimo profil šachtice a drží další zavěšené rámy v požadované vzdálenosti. Převýšení pažení nad terén zabraňuje pádu kamenů a nářadí do šachtice.

Další rámy se zavěšují zpravidla do vzdálenosti 1 až 1, 2 metru, maximálně 1,5 metru. Rám se proti bočním tlakům zajistí zámky a zavěsí se na vrchní rám. Zavěšení se provádí pomocí táhel svrtáním obou rámu nebo pomocí prken (fošen) přibitých k rámu hřebíky nebo kramlemi.

Někdy se používají rámy kovové s do sebezapadajícími čepy proti bočním tlakům. Tyto rámy se zpravidla vyvěšují na táhla. [Výhodou kovových (trubkových) rámu je jejich snadnější odstraňování (rabování) při přezbrojování díla např. do skruží. Z rámu se odstrojí táhla a samotný rám se pomocí vrátku nebo rumpálu vysmekne a rozebere.]

Za rámy se vkládají pažnice, zpravidla silnější prkna nebo fošny. V případě ražby šachtice v sypaných materiálech s pažením celého profilu pažnicemi na sraz, se u dolního rámu

pomocí dřevěných klínů pažnice odtlačí od rámu. Vzniklá mezera se využívá pro zakládání pažnic dalšího nižšího rámu. Při soudržnějším a hrubším materiálu se pažnice zakládají vedle sebe s mezerami o šířce nepatrně větší než je šíře pažnice. Další nižší řada pažnic se pak zakládá do vzniklých mezer.



Obr. 92. Šikmé zátažné pažení  
 1 — podélník, 2 — pažina, 3 — odstavnice, 4 — klín, 5 — ližina, 6 — kráče, 7 — závěs,  
 8 — sloupek

Volný prostor mezi pažnicí a horninovou stěnou šachtice se musí pečlivě zarovnat kamením nebo jiným vhodným materiálem tak, aby nemohlo dojít k trhání horniny a k tlakovým rázům.

Dalším způsobem zajištění svislého díla je pomocí spouštěných skruží, kdy se skruže osazují nad úroveň terénu a poté se vnitřkem rovnoměrně podhrabávají. Skruže vlastní vahou postupně sesedají a tvoří tak bezpečnou stěnu šachtice. Tento způsob je použitelný pouze u díla o menší hloubce a při hloubení v horninách, které jsou dostatečně kompaktní. V nesoudržných horninách nám boční tlak brzy zastaví pohyb skruží vlastní vahou směrem dolů.

Spouštěné skruže lze nahradit při stejné technologii spouštěním monolitického železobetonového bednění které postupně nad terénem pomocí formy nabetonováváme a po zatvrdnutí opět rovnoměrně podhrabáváme v počvě a spouštíme. Výhodou tohoto způsobu je značná volnost při výběru tvaru a velikosti raženého profilu.