

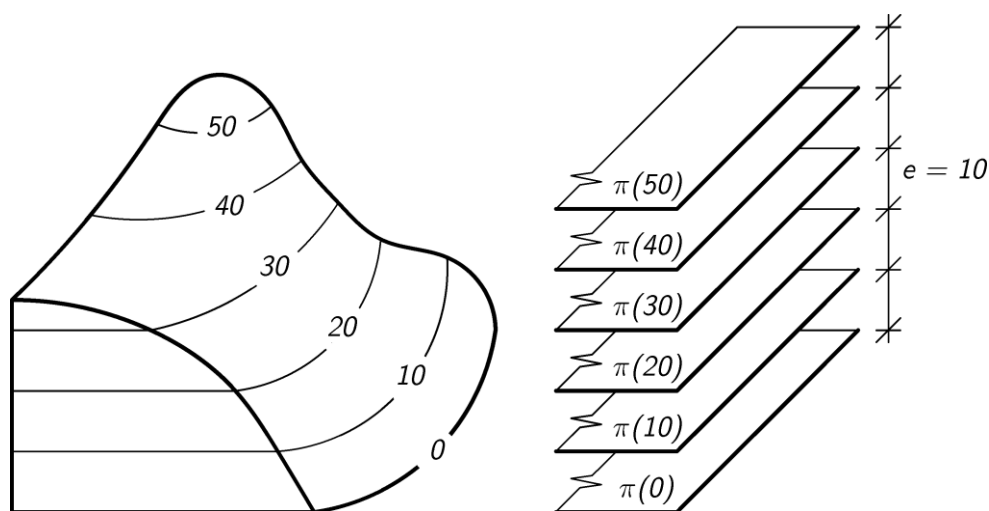
II. TOPOGRAFICKÉ PLOCHY

1. Základní úlohy

1.1 Základní pojmy

Topografická plocha je omezující plocha části zjednodušeného zemského povrchu. Při jejím zobrazování se obvykle používá kótované promítání. Průměty se sestavují ve vhodně zmenšeném měřítku. Aby bylo možno zanedbat zakřivení zemské koule, je nutné zobrazovat část zemského povrchu nepřesahující kruh o ploše 200 km^2 .

Topografická plocha je plocha, pro niž nelze obecně určit žádný geometrický výtvarný zákon (tzv. *empirická plocha*). Bývá přibližně určována osnovou křivek, jež spojují její body, které mají stejnou kótu (nadmořskou výšku). Tyto křivky se nazývají **vrstevní křivky** a můžeme je získat jako průnikové křivky terénu s vodorovnými, tzv. **vrstevními rovinami**. Jednotlivé vrstevní roviny bývají voleny tak, že jsou od sebe vzdáleny o pevnou **ekvidistanci e** (obr. 29, číselné údaje jsou v *metrech*). Ta bývá různá pro různé druhy plánů a v praxi závisí na použitém měřítku zmenšení. Určení topografické plochy je tím přesnější, čím je ekvidistance menší.



obr. 29

Vhodně zmenšené a okótované průměty vrstevních křivek se nazývají **vrstevnice** a osnova vrstevnic vytváří tzv. **vrstevnicový plán** nebo **vrstevnicovou mapu**.

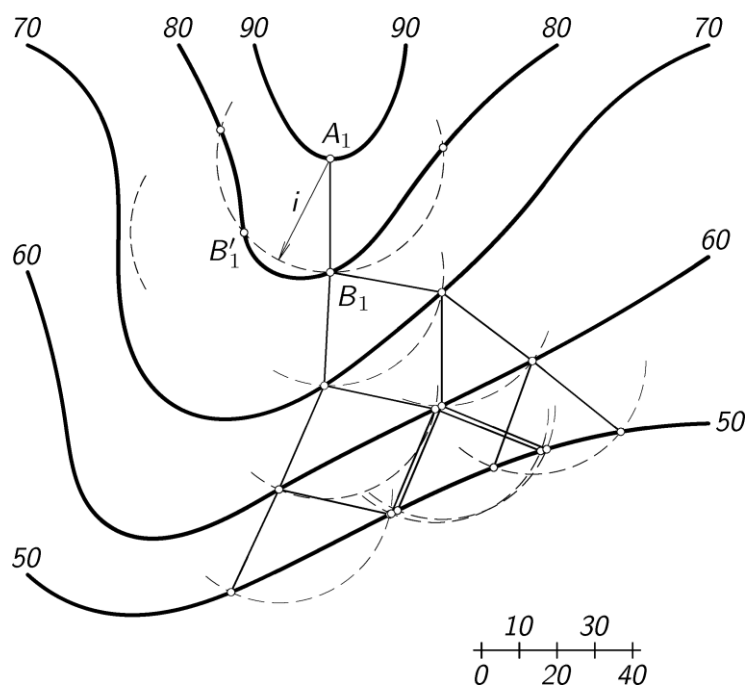
1.2 Měřítko

Měřítko $1 : M$, kde $M > 1$, udává, v jakém poměru je úsečka délky d změřená na mapě k odpovídající úsečce délky D ve skutečnosti (rozměry jsou udávány v centimetrech).

Měřítko $1 : 100\,000$ tedy znamená, že úsečka délky $d = 5\text{ cm}$ na mapě má ve skutečnosti délku $D = 5 \cdot 100\,000\text{ cm} = 500\,000\text{ cm} = 5\text{ km}$.

Mapy zobrazují skutečnost ve velkém zmenšení, např. $1 : 500\,000$, a vrstevní roviny mají větší ekvidistanci (typicky desítky až stovky metrů) zatímco plány zobrazují objekty, silnice atp. v malém zmenšení, např. $1 : 1\,000$, a používají menší ekvidistanci (celé metry až čtvrtiny metru). Mapy i plány musí mít uvedeny měřítko, v jakém jsou zhotoveny.

1.3 Křivka konstantního spádu

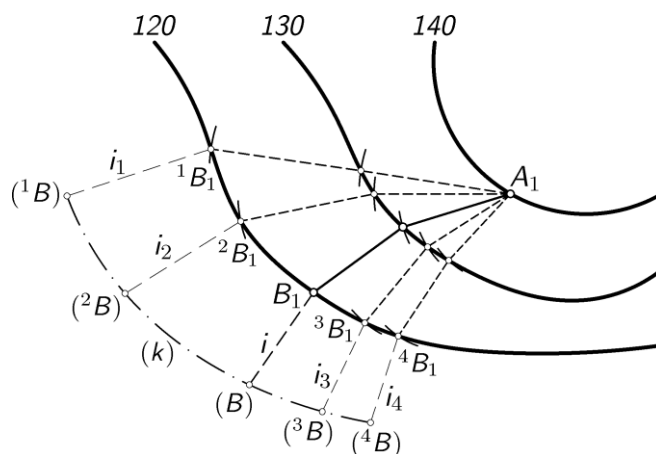


obr. 30

Křivka konstantního (stálého) spádu se na topografické ploše uplatňuje např. při návrhu komunikace se stálým spádem. Máme-li na dané ploše vést bodem A křivku konstantního spádu s , potom její interval i získáme ze vztahu $i = e/s$. Protneme-li tedy

poloměrem i z bodu $A_1(90)$ vrstevnici o kótě 80 (obr. 30), získáme další body, např. B_1, B'_1 atd., hledané křivky (řešení úlohy zřejmě není jednoznačné). Stejným způsobem postupujeme k dalším vrstevnicím a získané body pak spojíme lomenou čarou, která je přibližným průmětem křivky daného spádu s . Takových křivek můžeme tedy daným bodem sestrojít několik. Naopak vést křivku stálého spádu na topografické ploše není možné, je-li příslušný interval menší než vzdálenost sousedních vrstevnic – viz bod B'_1 na obr. 30.

Je-li třeba spojit dva různé body A, B dané topografické plochy křivkou konstantního spádu, může se tato úloha řešit následujícími přibližnými konstrukcemi (obr. 31). Zvolme několik pomocných intervalů i_1, i_2, i_3, i_4 a veďme pro ně bodem A křivky příslušných spádů $e/i_1, e/i_2, e/i_3, e/i_4$. Tyto pomocné křivky protínají vrstevní křivku o kótě 120 (na níž leží bod B) v bodech ${}^1B, {}^2B, {}^3B, {}^4B$. V jejich průmětech ${}^1B_1, {}^2B_1, {}^3B_1, {}^4B_1$ sestrojme kolmice k vrstevnici 120 , nanesme na ně příslušné intervaly a získáme tak body $({}^1B), ({}^2B), ({}^3B), ({}^4B)$. Těmito body proložíme křivku (k) a určíme její průsečík (B) s kolmicí k vrstevnici 120 v bodě B_1 . Délka úsečky $B_1(B)$ pak přibližně udává hledaný interval i , s jehož pomocí spojíme body A, B plochy křivkou konstantního spádu e/i .



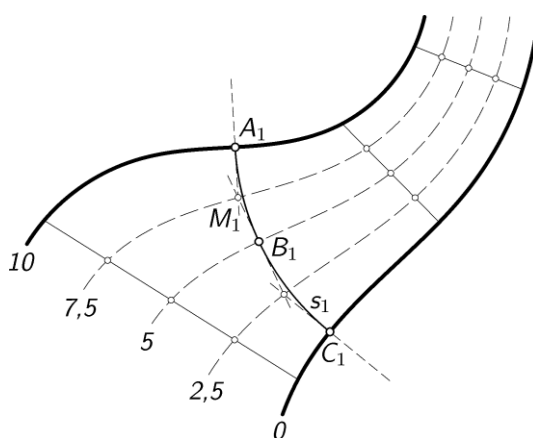
obr. 31

1.4 Křivka největšího spádu

Křivka největšího spádu neboli *spádová křivka (spádnice)* protíná vrstevní křivky pod pravým úhlem a spojuje tak body topografické plochy ve směru největšího spádu – po spádnicích stéká na topografické ploše voda. Protože tečna k vrstevní křivce je rovnoběžná

s průmětnou, jsou průměty spádnic a vrstevnice soustavou ortogonálních (kolmo se protínajících) křivek.

Daným bodem A plochy prochází jediná křivka největšího spádu. K sestrojení této spádnice užijeme obálku průmětů spádových přímk (tj. kolmic k vrstevnicím). Na obr. 32 jsou nejprve doplněny tzv. **interkalární vrstevnice**. Ty najdeme tak, že část topografické plochy mezi sousedními vrstevními rovinami nahradíme plochou přímkovou, jejíž tvořící přímky jsou v průmětu pokud možno kolmé na sousední vrstevnice. Vzniklé tětivy pak dělením určují body interkalárních vrstevnic, které kreslíme čárkovaně.



obr. 32

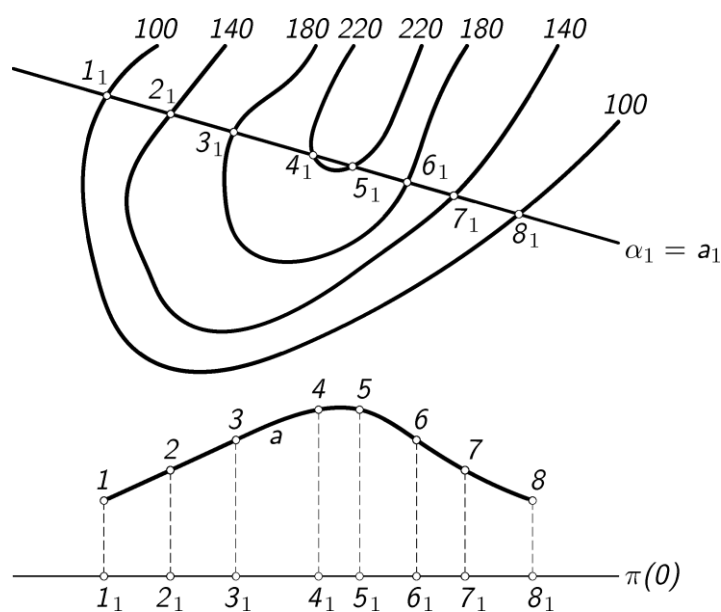
V bodě A_1 sestrojme kolmici k vrstevnici 10, a najdeme její průsečík M_1 s interkalární vrstevnicí 7,5. Bod B_1 na vrstevnici 5 pak určíme tak, aby spojnice M_1B_1 byla kolmá k této vrstevnici. Analogicky pokračujeme do bodu C_1 na vrstevnici 0. Získáme tak průměty dalších dvou bodů B, C spádové křivky s procházející bodem A .

1.5 Příčný profil topografické plochy

Příčný profil topografické plochy (často jen *profil*) je průnikem topografické plochy s rovinou α , která je svislá, tj. kolmá k vrstevním rovinám. Průmětem křivky a příčného profilu je tedy přímka a_1 a skutečný průběh profilové křivky získáme sklopením roviny α do vhodné vrstevní roviny.

Na obr. 33 jsou sklopeny průřečníky 1 až 8 roviny α s jednotlivými vrstevními křivkami – pro přehlednost je přitom sklopení do vrstevní roviny o kótě 0 provedeno mimo samotný vrstevnicový plán (vše je v měřítku 1 : 10 000).

Je-li terén málo členitý, může být sklopená křivka příliš plochá. Při sklápění je pak možno výšky jednotlivých bodů násobit koeficientem $k > 1$ a sestrojená křivka se nazývá **převýšený profil**. Naopak příčný profil hodně členitého terénu se nazývá **snížený**, jsou-li vynášené výšky násobeny koeficientem k , kde $0 < k < 1$.

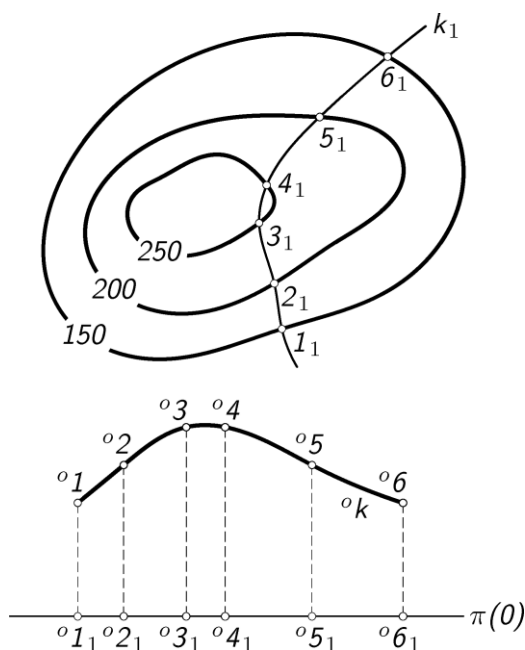


obr. 33

1.6 Podélný profil křivky na topografické ploše

Nechť je dána křivka k , která leží na dané topografické ploše. Proložme touto křivkou válcovou plochu, jejíž tvořící přímky jsou kolmé k průmětně. Rozvineme-li tuto válcovou plochu do roviny, rozvine se křivka k do křivky 0k , která se nazývá **podélným profilem křivky k** (nebo **podélným profilem plochy podél křivky k**). Podobně jako u příčného profilu se občas sestruje podélný profil **převýšený** nebo **snížený**.

Při sestrojování podélného profilu (obr. 34, měřítko $1 : 10\,000$) rozvineme průmět k_1 křivky k do přímky $\pi(0)$ a přibližně na ní stanovíme body $^01_1, ^02_1, ^03_1, \dots, ^06_1$ (příslušný oblouk křivky k_1 nahradíme lomenou čarou), vztýčíme v nich kolmice a nanese výšky příslušných bodů $1, 2, 3, \dots, 6$ (nebo jejich násobky). Takto získané body $^01, ^02, ^03, \dots, ^06$ pak spojíme křivkou 0k .



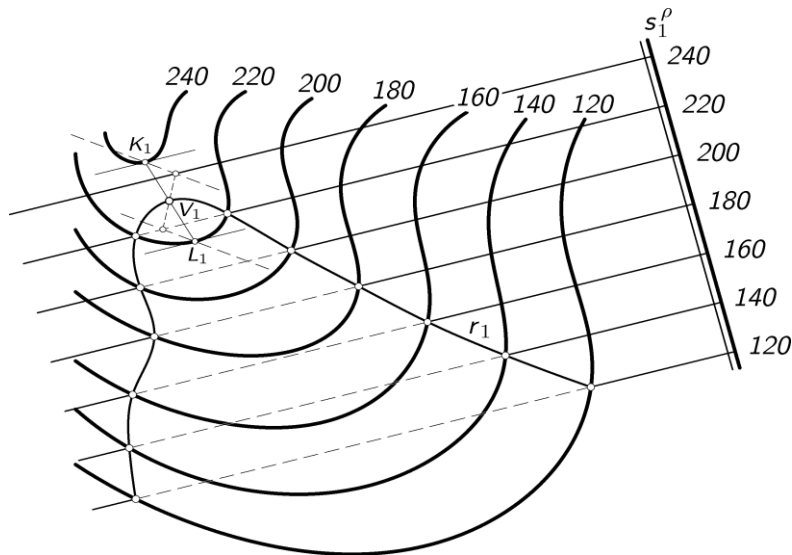
obr. 34

1.7 Řez topografické plochy rovinou

Topografická plocha je dána vrstevnicovým plánem a rovina ρ spádovým měřítkem s^ρ (obr. 35). Jednotlivé body průnikové křivky se určí jako průsečíky vrstevnic křivek plochy s hlavními přímkami roviny o stejné kótě. Vyžaduje-li to někde tvar terénu, používá se k přesnějšímu určení průsečné křivky interkalárních vrstevnic. Spojením průmětů jednotlivých průsečíků plynulou křivkou dostáváme průmět r_1 průnikové křivky r .

Nejvyšší bod V průniku se přibližně sestrojí následujícím způsobem. Opišme dané topografické ploše válcovou plochu, jejíž tvořící přímky jsou rovnoběžné s hlavními přímkami dané roviny ρ . Nahradíme-li část dotykové křivky obou ploch mezi body K, L úsečkou, pak bod V najdeme jako průsečík této úsečky KL s rovinou řezu ρ .

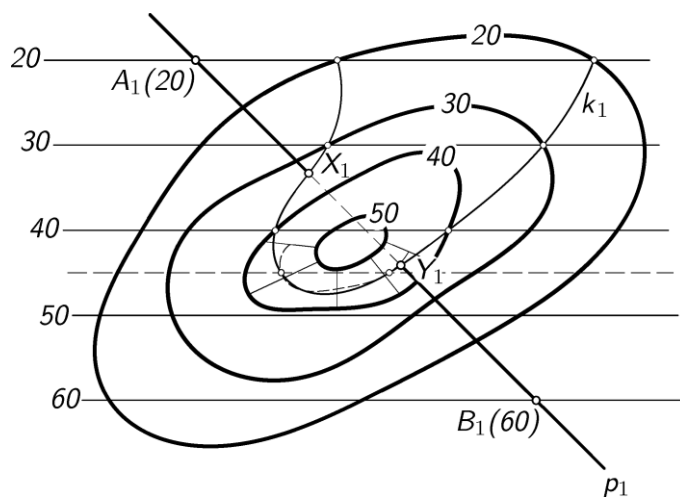
Řezu topografické plochy s rovinou se používá např. při sestrojování *výchozu ložiska na povrch*, kde horní a dolní omezující plochy ložiska jsou někdy považovány za roviny, které byly určeny pomocí tří vrtů (viz podkapitola 2.3).



obr. 35

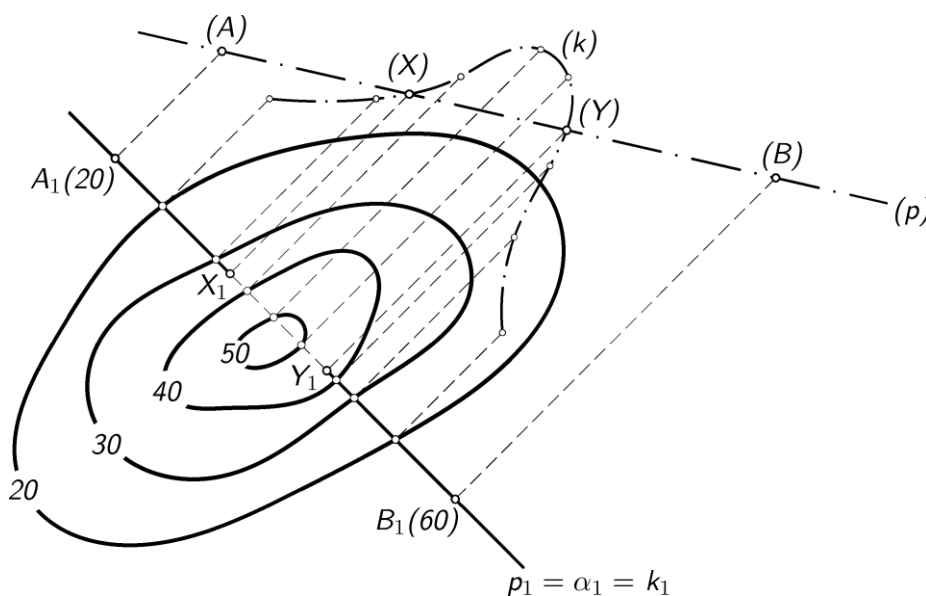
1.8 Průnik přímky s topografickou plochou

Na obr. 36a je dána topografická plocha vrstevnicovým plánem a přímka p kótovanými průměty bodů A, B . Proložme přímkou p pomocnou rovinou a sestrojme její řez k s danou topografickou plochou (pro větší přesnost byla použita také interkalární vrstevnice a hlavní přímka o kótě 45). Body X, Y , v nichž protíná průniková křivka k přímku p , jsou hledané průsečíky přímky p s danou topografickou plochou.



obr. 36a

Místo obecné roviny můžeme danou přímkou proložit její promítací rovinou α a užít jejího sklopení do vhodné vrstevní roviny (v obr. 36b je sklopení provedeno do vrstevní roviny o kótě 0; měřítko $1 : 10\ 000$). Body X, Y jsou zde tedy nalezeny jako průsečíky přímky p s příčným profilem k dané topografické plochy určeným rovinou α .

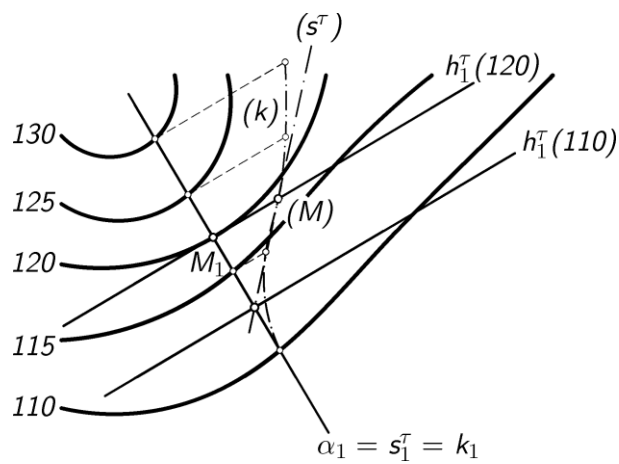


obr. 36b

1.9 Tečná rovina v bodě topografické plochy

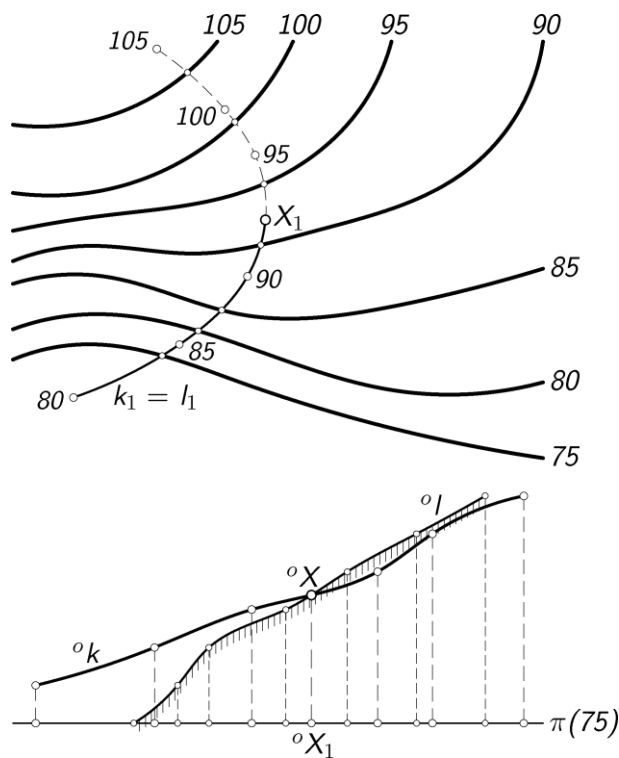
Tečná rovina v bodě topografické plochy obsahuje tečny všech křivek, které leží na dané ploše a procházejí tímto bodem. Pro její určení tedy stačí sestrojiti dvě různé z těchto tečen.

Na obr. 37 je tečná rovina τ v bodě M sestrojena takto: tečna k vrstevní křivce bodu M (o kótě 120) je hlavní přímkou $h^\tau(120)$ hledané roviny a její spádová přímka s^τ je určena ve sklopení roviny α jako tečna ke křivce k příslušného příčného profilu (sklopení je provedeno do vrstevní roviny o kótě 110; měřítko $1 : 1\ 000$).



obr. 37

1.10 Průnik křivky s topografickou plochou

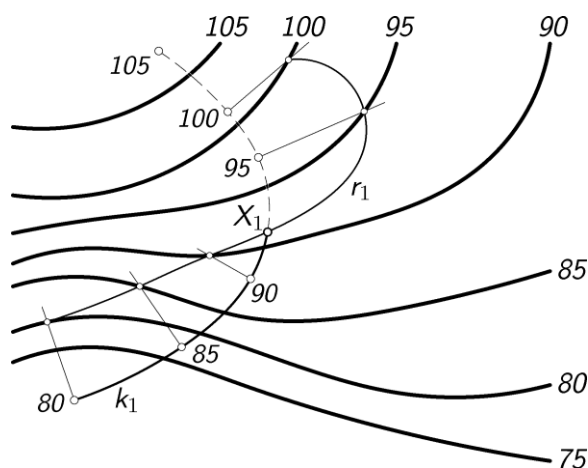


obr. 38a

Na obr. 38a (měřítko 1 : 1 000) je tato úloha řešena pomocí podélného profilu. Danou křivkou k je proložena válcová plocha, jejíž povrchové přímky jsou kolmé k průmětně. Tato

pomocná plocha protíná danou topografickou plochu v křivce l . Křivky k a l se protínají v bodě X , který je současně hledaným průsečíkem křivky k s danou topografickou plochou. V obrázku je pomocná válcová plocha rozvinuta do roviny, jsou sestrojeny rozvinuté křivky ${}^0k, {}^0l$ a jejich průsečík 0X , jehož půdorys 0X_1 je pak z rozvinutí přibližně vrácen do bodu X_1 ve vrstevnicovém plánu.

Křivkou k lze také proložit tzv. **planýrovací plochu**, jejíž tvořící přímky jsou normály dané křivky k , které jsou navíc rovnoběžné s nějakou rovinou. Na obr. 38b jsou tyto přímky voleny rovnoběžně s vrstevními rovinami, aby jejich průměty bylo možno sestrojít jako normály křivky k_1 . Proložená planýrovací plocha pak protíná danou topografickou plochu v křivce r , a bod X je v tomto případě průsečíkem křivek k a r .



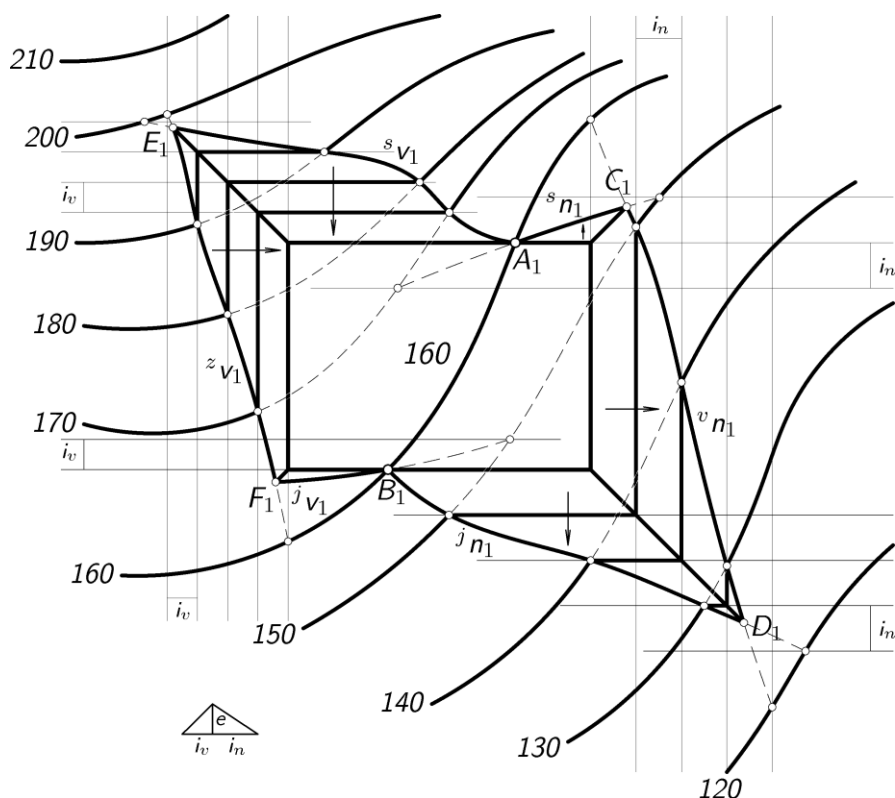
obr. 38b

2. Praktické příklady

2.1 Vodorovná plošina v terénu

Na obr. 39 je dána topografická plocha a vodorovná obdélníková plošina, která má mít kótu 160 (měřítko plánu je 1 : 2 500).

V úloze je třeba sestrojiti násypové a výkopové roviny, které procházejí stranami dané plošiny, a určit jejich průnik s terénem a také jejich vzájemný průnik (u sousedních násypů nebo výkopů). Přitom násypové roviny necht' mají spád 2:3 a výkopové roviny spád 1:1. (Předpokládejme, že plán je orientován vzhledem ke světovým stranám a uijme toho při popisu konstrukcí).



obr. 39

Vrstevní křivka o kótě 160 protíná severní a jižní stranu plošiny v bodech A, B , od nichž leží východní část plošiny nad stávajícím terénem (a je tedy třeba provést násyp materiálu) a naopak západní část plošiny zasahuje do stávajícího terénu (a je tedy třeba jej vykopat). Intervaly i_v, i_n výkopových a násypových rovin jsou získány jako převrácené hodnoty příslušných spádů a jejich délky vzhledem k ekvidistanci $e=10$ jsou sestrojeny v pomocném pravoúhlém trojúhelníku (na obr. 39 vlevo dole).

Začneme s násypem u severní strany plošiny. Proložme touto stranou rovinu příslušného spádu (ze dvou možností volíme tu, kdy násypová rovina klesá směrem k severu) a sestrojme část jejího řezu s terénem. Konkrétně jsou sestrojeny hlavní přímky o kótách 170 a 150 a jejich průsečíky s příslušnými vrstevními křivkami. Tak získáme část

průnikové křivky ${}^s n$. Dále pokračujeme násypem podél východní strany plošiny (příslušná násypová rovina klesá směrem k východu). Ještě než začneme hledat průsečíky hlavních přímk a příslušných vrstevních křivek, sestrojme průsečnici severní a východní násypové roviny – protože obě roviny mají stejný spád a společný severovýchodní roh plošiny, musí jím tato průsečnice procházet a její průmět musí půlit úhel mezi průměty severní a východní strany dané plošiny. Tato průsečnice pak protíná křivku ${}^s n$ severního násypu v bodě C , jímž prochází křivka ${}^v n$, která je průnikem roviny východního násypu s danou topografickou plochou. Analogicky dokončíme násyp na jižní straně, najdeme průsečík D východní a jižní násypové roviny s terénem a do bodu B dotáhneme průnikovou křivku ${}^j n$, která omezuje násyp z jihu.

Podobně se sestrojí výkopy; výkopové roviny mají pouze jiný interval a klesají na opačnou stranu než násypové roviny podél téže strany. Konstrukce byly započaty opět na severní straně plošiny – bodem A prochází křivka ${}^s v$, která je průnikem severní výkopové roviny (klesá od severu k jihu) s terénem. Bod E je společným bodem severní a západní výkopové roviny a terénu, a jím prochází křivka ${}^z v$ omezující západní výkop. Ten se s jižním výkopem a terénem protíná v bodě F , z něhož je výkop dotažen na jižní straně křivkou ${}^j v$ do bodu B .

Šipky v obrázku vyznačují směr stékání vody po sestrojených násypových a výkopových rovinách. Na výkresech se obvykle značí násypy barvou zelenou a výkopy barvou hnědou.

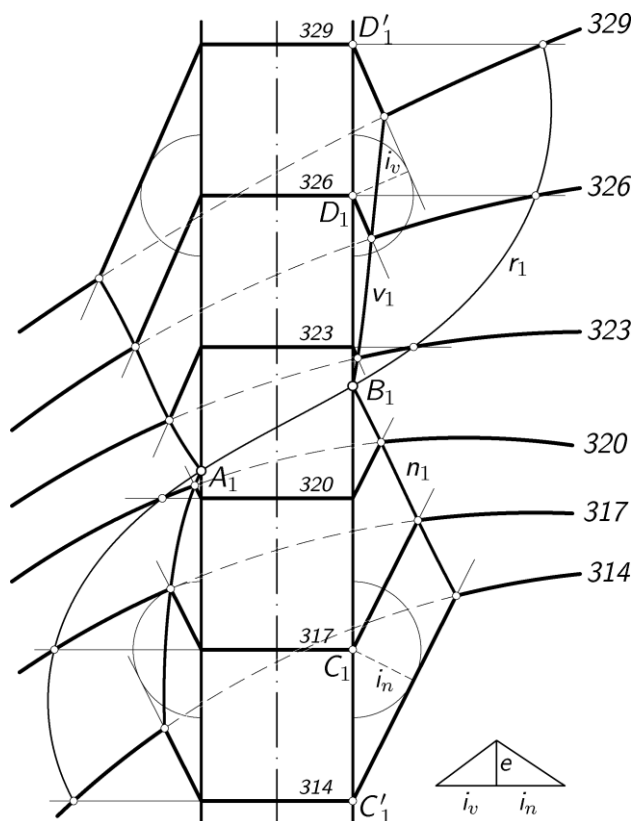
2.2 Přímá cesta v terénu

Na obr. 40 (měřítko $1 : 500$) je dána stupňovaná osa cesty, jejíž šířka je 10 . Tuto cestu je třeba začlenit do stávajícího terénu pomocí násypů o spádu $2:3$ a výkopů o spádu $3:4$.

Nejprve je sestrojena křivka r průniku roviny cesty s danou topografickou plochou a body A, B , v nichž tato křivka protíná levý a pravý okraj cesty (bráno ve směru jejího stoupání). Oblouk křivky r mezi body A, B rozděluje cestu na dvě části – ve směru klesání leží cesta nad původním terénem a je tedy třeba provést k ní násyp, naopak ve směru stoupání se cesta zařezává do původního terénu a ten je tedy třeba vykopat. Intervaly i_n, i_v násypových a výkopových rovin jsou opět stanoveny v pomocném pravoúhlém trojúhelníku vzhledem k ekvidistanci $e=3$.

Popišme nejprve konstrukci násypu u pravého okraje dané cesty. Touto přímkou je třeba proložit rovinu příslušného spádu. Její hlavní přímka o kótě 314 musí procházet bodem C' a její průmět musí mít od bodu C_1 vzdálenost i_n . Sestrojíme jej tedy jako tečnu z bodu C'_1 ke kružnici o středu C_1 a poloměru i_n (ze dvou možností vybereme tu, pro niž násypová rovina stoupá k pravému okraji cesty zprava). Dále najdeme průnikovou křivku n mezi sestrojenou násypovou rovinou a danou topografickou plochou. Analogicky postupujeme u levého okraje, zde ovšem volíme tu násypovou rovinu, která stoupá k cestě zleva.

Podobně se sestrojí výkopové roviny podél obou okrajů cesty. Hlavní přímka o kótě 329 pravého výkopu musí procházet bodem D' a její průmět má od bodu D_1 vzdálenost i_v . Volíme tu ze dvou možností, kdy výkopová rovina stoupá směrem doprava, a sestrojíme průnikovou křivku v pravého výkopu s daným terénem. Stejně tak se postupuje u levého okraje, kde výkop stoupá od cesty směrem doleva.

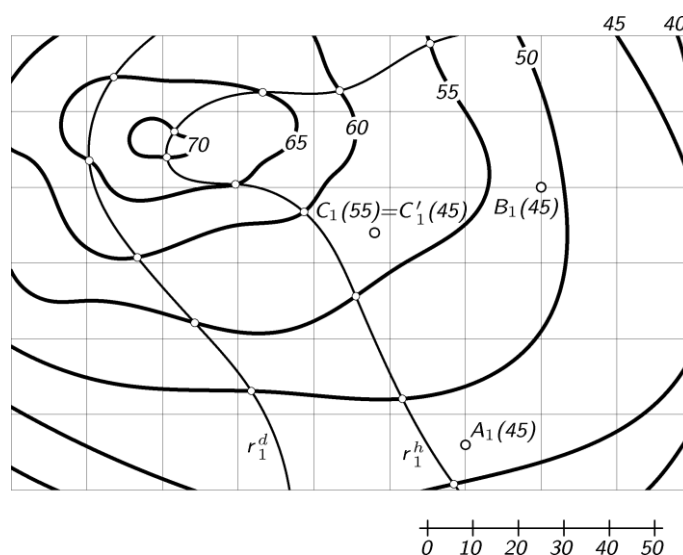


obr. 40

2.3 Blokdiagram

Blokdiagram je názorným zobrazením blokového výseku určité části terénu. Blokový výsek je obvykle vytvořen tak, že jeho omezujícími plochami jsou po stranách čtyři svislé navzájem kolmé roviny, shora příslušná část topografické plochy a zdola některá vrstevní rovina. Protože v omezujících svislých rovinách se často vyznačuje geologická struktura, volí se poloha spodní vrstevní roviny podle toho, jak hluboko pod terénem chceme sledovat uložení geologických vrstev.

Konstrukci blokdiagramu v pravoúhlé axonometrii si ukažme na následujícím příkladu.



obr. 41a

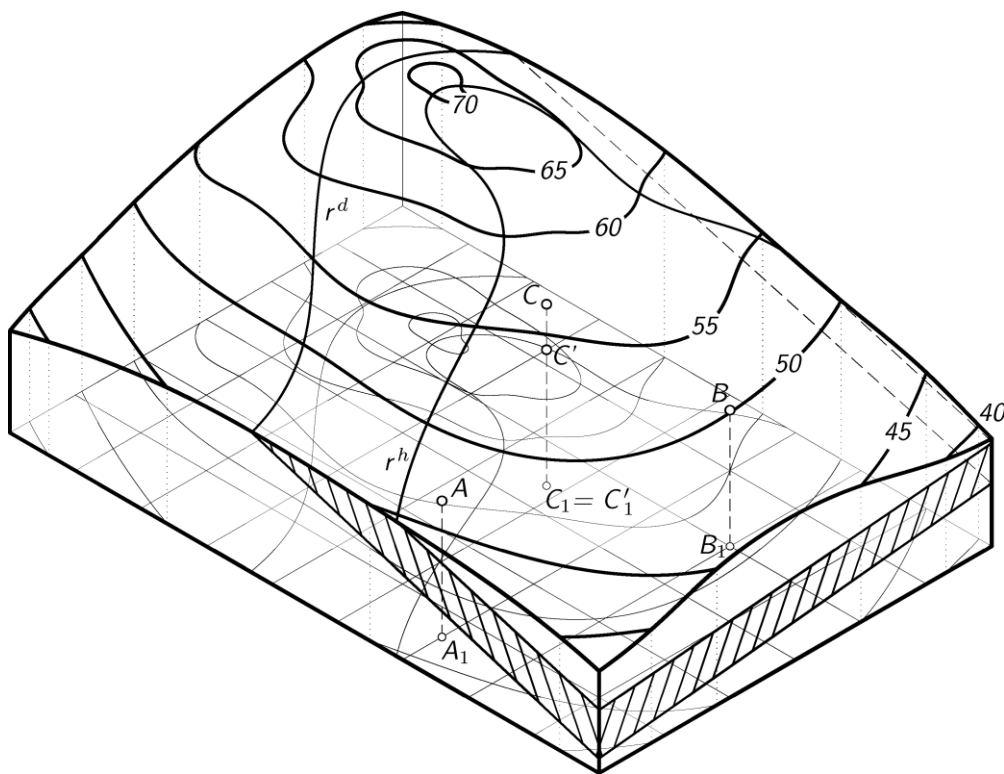
Je dán vrstevnicový plán topografické plochy (obr. 41a). Dále je dáno ložisko, jehož omezujícími plochami jsou dvě navzájem rovnoběžné roviny. Horní omezující (*nadložní*) rovina je určena třemi body (hloubkovými vrty) A, B, C , dolní omezující (*podložní*) rovina prochází bodem C' .

Blokdiagram je pro jednoduchost sestaven v izometrii (obr. 41b). Přitom délky ve směru os x, y, z jsou nanášeny nezkrácené, což lze provést pouze v izometrii, a zobrazený blokdiagram je tedy zvětšený.

Při konstrukci blokdiagramu sestrojíme nejprve axonometrický průmět shora otevřeného kvádrů a do rovnoběžníka, který je průmětem dolní podstavy (tu zvolme ve vrstevní rovině o kótě 15), přeneseme vrstevnicový plán z obr. 41a (k tomu s výhodou využijeme pomocné čtvercové síť). Získáme tak axonometrické půdorysy jednotlivých vrstevnic. Jejich posunutím o příslušnou výšku ve směru osy z pak dostaneme jejich axonometrické průměty (protože nanášíme nezkráceně, můžeme zde použít pomocné měřítko z obr. 41a; s výhodou se užije také přenášení pomocí průsvitného papíru).

Průnikové křivky r^h, r^d omezujících rovin ložiska s danou topografickou plochou, které ohraničují výchoz ložiska na povrch, byly sestrojeny ve vrstevnicovém plánu (obr. 41a; průměty příslušných hlavních přímek jsou pro větší přehlednost vynechány) a do blokdiagramu byly přeneseny jejich průřečníky s příslušnými vrstevními křivkami.

Nakonec sestrojíme průsečnice nadložní a podložní roviny s bočními svislými stěnami kvádrů.



obr. 41b

LITERATURA

a) Knihy

O. Setzer - K. Kůla: Deskriptivní geometrie pro 1. a 2. ročník středních průmyslových škol stavebních; SNTL Praha 1979

b) Skripta

J. Láníček: Deskriptivní geometrie; VŠB Ostrava 1990

O. Hajkr - J. Láníček: Deskriptivní geometrie II; VŠB Ostrava 1986