

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE
FAKULTA ZÁHRADNÍCTVA A KRAJINNÉHO INŽINIERSTVA

1128081

VÝŠKOVÁ ÚPRAVA TERÉNU V PROJEKTOVANÍ

2010

Daniel Melich

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE

Rektor: Dr.h.c. prof. Ing. Mikuláš Látečka, PhD.

FAKULTA ZÁHRADNÍCTVA A KRAJINNÉHO INŽINIERSTVA

Dekan: doc. Ing. Karol Kalúz, CSc.

NÁZOV PRÁCE TERÉNU V PROJEKTOVANÍ

BAKALÁRSKA PRÁCA

Študijný program:	Krajinné inžinierstvo
Študijný odbor:	6.1.11 Krajinárstvo
Školiace pracovisko:	Katedra krajinného plánovania a pozemkových úprav
Vedúci katedry:	Lucia Tátošová, Ing., PhD.
Školiteľ:	Ľubomír Konc, Ing.

Nitra 2010

Daniel Melich

Čestné vyhlásenie

Podpísaný Daniel Melich vyhlasujem, že som záverečnú prácu na tému „Výšková úprava terénu v projektovaní“ vypracoval samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomý zákonných dôsledkov v prípade, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre 25. mája 2010

Daniel Melich

Pod'akovanie

Chcel by som sa pod'akovať všetkým, ktorí mi akýmkoľvek spôsobom pomohli pri spracovaní tejto bakalárskej práce. Moje pod'akovanie patrí najmä vedúcemu práce, Ing. Ľubomírovi Koncovi, za pomoc a usmernenie pri jej spracovaní. Ďalej by som chcel pod'akovať mojim rodičom a mojim najbližším, za ich pomoc a podporu.

Abstrakt (v štátnom jazyku)

Cieľom našej bakalárskej práce je poukázať a zároveň oboznámiť sa s možnými výškovými úpravami terénu pri projektovaní a zároveň sa oboznámiť aj s problematikou ako aj metódami výškových úprav terénu. V práci sme porovnávali metódy výpočtu kubatúr: profilovú, kartogramovú (štvorcovej siete), vrstevnicovú a analytickej geometrie. Pomocou týchto metód môžeme stanoviť množstvá zemín manipulovaných v rámci výškových úprav terénu, podľa ktorých získame prehľad o ekonomickej náročnosti zemných prác a slúžia aj ako podklady pre správnu voľbu nasadených mechanizmov.

Abstrakt (v cudzom jazyku)

The aim of this thesis is to highlight and to familiarize with the potential for high-rise landscape design and to become familiar with the problems and methods of terrain elevation adjustments. In this work we compared the methods of calculation cubages: profile, square grid, Contour geometry and analytic. Using these methods can determine the quantities of soil manipulated in the height of ground, which gave an overview of the economic difficulty of earthworks and serve as a basis for choosing the correct amount and use of technical means.

Obsah

Obsah	5
Zoznam obrázkov	7
Zoznam skratiek	9
Slovník termínov	10
Úvod	12
1 Prehľad poznatkov o súčasnom stave riešenej problematiky	13
1.1 Výškové úpravy terénu.....	13
1.1.1 Návrh reliéfu	13
1.1.2 Hlavné zásady riešenia terénnych úprav.....	14
1.1.2.1 Dosiahnutie najnižšieho stavebného nákladu	14
1.1.2.2 Prírodné podmienky.....	14
1.1.2.3 Hospodárenie s ornica.....	15
1.1.3 Druhy riešenia terénnych úprav.....	15
1.1.4 Riešenie tvaru nového reliéfu.....	17
1.1.5 Hrubé terénne úpravy.....	17
1.1.6 Návrh výškových úrovní objektov.....	18
1.1.7 Zemné práce.....	20
1.1.8 Podrobný návrh terénnych úprav.....	23
1.1.9 Návrh nivelety.....	24
1.1.9.1 Výpočet výšok nivelety.....	24
1.2 Vytyčovanie výškových úprav	27
1.2.1 Organizácia vytyčovacích prác.....	27
1.2.2 Vytyčovanie technických opatrení.....	28

2. Ciele práce.....	30
3. Metodika práce.....	31
3.1 Použité podklady.....	31
3.2 Metodika práce.....	32
4. Výsledky práce a diskusia.....	33
4.1 Výpočet kubatúr.....	34
4.1.1 Profilová metóda.....	34
4.1.2 Metóda kartogramová (štvorcovej siete).....	37
4.1.3 Metóda výpočtu kubatúr pomocou vrstevníc (vrstevnicová).....	40
4.1.4 Metóda analytickej geometrie.....	42
4.1.5 Metóda kótovacia.....	42
4.2 Voľba vhodnej metódy.....	43
5. Záver.....	44
6. Zoznam použitej literatúry.....	45
7. Prílohy.....	47

Zoznam obrázkov

- Obrázok 1: Snímanie ornice – ukážka postupu riešenia.
- Obrázok 2: Tvary reliéfov (A – pravidelný, B – vejárovitý, C – zostupný, D – terasovitý).
- Obrázok 3: Nesprávne výškové riešenie úrovni objektov.
- Obrázok 4: Správne riešenie výškových úrovni objektov.
- Obrázok 5: Riešenie nového terénu vo štvorci.
- Obrázok 6: Priesečník nivelety s terénom, konštrukcia nulového bodu vo štvorci.
- Obrázok 7: Priemet nulovej čiary v priečnom reze.
- Obrázok 8: Znázornenie nulových čiar a projekčných vrstevníc.
- Obrázok 9: Výpočet nivelety.
- Obrázok 10: Určovanie plôch výkopov a násypov v priečnom reze.
- Obrázok 11: Určovanie kubatúr pomocou plochy stredného – priemerného profilu a vzdialenosti.
- Obrázok 12: Ukážka možného umiestnenia štvorcovej siete so stranou štvorca 10m vo výpočte kubatúr pri stavbe naprojektovanej budovy.
- Obrázok 13: Priestorový náčrt štvorcovej siete.
- Obrázok 14: Výpočet pomocou metódy štvorcovej siete.
- Obrázok 15: Výpočet pomocou metódy štvorcovej siete.
- Obrázok 16: Výpočet pomocou metódy štvorcovej siete.

Obrázok 17: Výpočet pomocou vrstevnicovej metódy pri malých plochách.

Obrázok 18: Výpočet pomocou vrstevnicovej metódy.

Obrázok 19: Tvorba medzivrstevnice.

Zoznam skratiek

B.p.v. :	Baltický výškový systém po vyrovnaní.
M.v.s. :	Miestny výškový systém.
S-JTSK :	Systém jednotnej trigonometrickej siete.
PBP	Podrobné bodové pole

Slovník termínov

Depónia - nadbytočný výkopok uložený na skládku.

Jama - je hĺbený výkop, ktorý má hodnotu pomeru dĺžky k šírke dna menšiu ako 6, jeho šírka v úrovni terénu je väčšia ako 2 m a ktorý nespĺňa podmienky šachty.

Násyp - je sypaná konštrukcia vybudovaná na povrchu územia.

Priekopa - je otvorené odvodňovacie zariadenie s hĺbkou nad 300 mm, podľa tvaru priečného rezu rozoznávame priekopy lichobežníkové, trojuholníkové alebo zaoblené a podľa úpravy priekopy nespevnené alebo spevnené.

Projektant organizácia oprávnená k projekčnej činnosti a ktorá sa zmluvne zaviazala k dodaniu projektovej dokumentácie minimálne v rozsahu úvodného projektu a k výkonu autorského dozoru. Právnická alebo fyzická osoba, ktorá vlastní živnostnícky list pre predmet podnikania „projektová činnosť v investičnej výstavbe“.

Rigol - je otvorené odvodňovacie zariadenie hlboké najvyššie 300 mm, spravidla zaoblené a spevnené betónovými tvárniciami, kamennou dlažbou, betónom a pod., jeho svah priľahlý k vozovke nesmie mať sklon strmší ako 1 : 3.

Rozprestretie ornice - rozprestretie povrchovej vrstvy zeminy (najúrodnejšej) vrstvy zeminy obyčajne v hr. 20-40 cm. Rozlišujeme rozprestretie ornice v rovine a na svahu.

Svahovanie - je zemná úprava tvaru trvalých svahov so sklonmi strmšími ako 1:5 (vrátane premiestnenia sypaniny na vyrovnanie priehlbín na svahu). Poznáme svahovanie vo výkope a svahovanie v násype (SV a SN).

Výkop - je zemný objekt, ktorý sa tvaruje vykopávkou so súčasným vytváraním svahov a dna s ich prípadným urovnaním a vrúbením.

Zemina - spevnená alebo nespevnená zmes zrn jedného alebo viacerých minerálov, prípadne zmes minerálov a úlomkov starších hornín.

Zemné práce - práce, ktoré sa zaoberajú rozpájaním hornín, premiestňovaním výkopku, prípadne sypaniny, ich sypaním, vrátane ich prípadného zhutňovania alebo iného spevňovania a inými úpravami súvisiacimi s týmito prácami.

Zhutňovanie - zemná práca, ktorou sa znižuje pórovitosť zeminy alebo sypaniny (valcovaním, ubíjaním, striasaním, prelievaním a pod.) na zvýšenie ich odolnosti proti vplyvom zaťaženia alebo poveternosti.

(Názvoslovie zemných prác podľa STN 73 3050)

Úvod

Výšková úprava terénu je neoddeliteľnou súčasťou každej výstavby. Správne navrhnutá a vykonaná terénna úprava spolu so sadovou úpravou, výstavbu výtvarne dotvára, spríjemňuje život človeka a zlepšuje vzhľad miest a dedín, sídlisk a priemyslových centier.

Súčasťou komplexného projektu každého stavebného diela je aj projekt výškových úprav terénu. Ak sa jedná o jednotlivý stavebný projekt, rieši obvykle úpravu okolia projektant sám, obyčajne znázornením v rezoch objektu. Pri výstavbe veľkých stavebných celkov, napr. veľkých priemyslových stavieb, sídlisk, nemocníc, škôl, výskumných ústavov, rekreačných stredísk a pod. , riešia sa úpravy terénu a sadové úpravy samostatným čiastkovým projektom. Navrhujú sa v ňom správne výškové dispozície po stránke technickej aj ekonomickej vzhľadom k architektonickému zámeru výstavby aj k požiadavkám inžinierskych zariadení.

Terénne úpravy sú súčasťou komplexného riešenia, spojeného s budovaním sídliska, priemyselného závodu, alebo len so stavbou jednotlivých objektov na sídlisku alebo v priemyselnom priestore (vodojemy, čističky odpadových vôd, autobusové stanice ap. Podstata terénnych úprav spočíva v návrhu topograficky správnej a účelnej úpravy prírodného terénu. Pritom sa usiluje o vytvorenie ladných plôch pri minimálnych presunoch zemín, o hospodárne využitie ornice, o neškodné odvedenie povrchových vôd a o úpravu spevnených plôch (ciest, cestičiek, nádvorí, ihrísk a pod.).

Ide vlastne o priestorové riešenie, ktoré v praxi predstavuje návrhy smerných až zastavovacích plánov. Výškové riešenie sa uskutočňuje pretváraním pôvodného terénu alebo navrhnutím nivelety v rezoch, vedených v rovine kolmej na vodorovnú priemetňu.

1 Súčasný stav riešenej problematiky

1.1 Výškové úpravy terénu

Výškové úpravy sa riešia v projektovom riešení, alebo v súhrnnom projektovom riešení. Pri návrhu prehľadu inžinierskych zariadení, napr. zásobovanie vodou, odvedenie povrchových a splaškových vôd, zásobovanie plynom atď. je potrebné vypracovať prehľad terénnych úprav s generálnym výškovým riešením, ktorý smerne rieši hospodárenie so zeminou a ornitou. Najskôr sa nahrubo určuje množstvo zeminy a ornice, získanej z výkopov obytných a iných budov, z výkopov kanalizácie a z výkopu rýh pre podzemné rozvody všetkých druhov. Hrubé terénne úpravy sú podkladom pre hospodárny presun ornice a zemín v upravovanom priestore. (Čermák,1960)

Projektom výškových úprav sa vytvárajú podmienky pre správne vedenie trás budúcich komunikácií. Smerové riešenie trás navrhuje dopravný inžinier, ktorý dbá na vhodnosť a účelnosť spojenia. Výškové umiestnenie trás musí byť navrhnuté v spolupráci s ďalšími odborníkmi, architektmi, vodohospodármi a hlavne s projektantom výškových úprav. Pri zanedbaní týchto zásad by mohlo pri zemných prácach dojsť k nežiadúcemu presunu zemín a zväčšeniu rozvozných vzdialeností. To by sa citeľne prejavilo vo výške nákladov na výstavbu sídliska alebo priemyselného závodu.(Krumphanzl,1960)

1.1.1 Návrh reliéfu

Najdôležitejšou súčasťou projektu terénnych úprav je návrh nového terénneho reliéfu (tvaru), ktorým sa pretvára pôvodný terén tak, aby sa budovaná investícia začlenila do bezprostredného okolia a celkového prírodného rámca. Pritom sa musí vychádzať z dôkladných znalostí pôvodného terénu a daných prírodných podmienok. Projektant sa vždy snaží svojim návrhom vytvoriť najpriaznivejší (optimálny) vzťah medzi pôvodným a navrhovaným terénom. Pôvodný aj navrhovaný terén sú topografickými plochami, ktorých problematika je typicky geodetickou záležitosťou.

Predbežný návrh úprav je neoddeliteľná súčasť podrobného územného plánu. Spracovanie tohto návrhu má vychádzať z dôkladného prieskumu záujmového územia po stránke geomorfologickej, geologickej, a klimatickej, ďalej z prieskumu dopravných

ciest, zástavby, kanalizačných sietí a porastu. V návrhu má byť v hrubých črtách obsiahnutý základný presun zemín, vyznačené plochy s nevhodným spádom (väčším ako 6 % a menším ako 0,3 %), plochy s vysokou úrovňou spodnej vody, so skalou blízko povrchu, územia zaplavované, bahnité a inak nevhodné. Tento návrh je najvhodnejšie spracovať v mierke 1:5 000.

1.1.2 Hlavné zásady riešenia terénnych úprav

Aby bolo splnenie dopredu uvedených zásad možné, musí projektant dbať o dosiahnutie čo najmenších stavebných nákladov, o čo najlepšie využitie prírodných podmienok. Ďalej s ornitou sa musí hospodáriť opatrne, komunikačná sieť sa musí navrhovať účelne a musia byť vytvorené podmienky pre hospodárne prevedenie stavby.

1.1.2.1 Dosiahnutie najnižšieho stavebného nákladu

Zemné práce sú finančne najnáročnejšou položkou stavebných nákladov v terénnych úpravách. Pri projektovaní sa preto projektant musí snažiť, aby objem zemných prác bol čo možno najmenší, za účelom hospodárneho presunu hmôt a aby bolo dosiahnuté vyrovnanie kubatúr medzi výkopmi a násypmi. Pri úprave je nutné používať zeminu zo základov budov, ako aj zeminu zo stavieb podzemných zariadení a rozvodov.

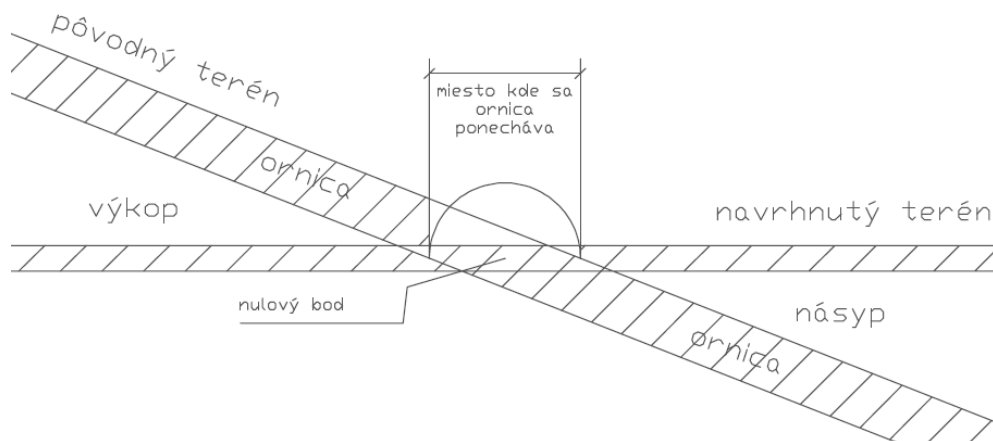
1.1.2.2 Prírodné podmienky

Dané prírodné podmienky sa nemajú porušovať. Kvôli tomu sa terénna úprava navrhuje tak, aby brala ohľad na okolité územie, na jeho klimatické a geologické podmienky. Priaznivé tvary reliéfu by mali ostať zachované, tam kde nie sú úpravy nevyhnutné. Naproti tomu sa tvary ktoré nie sú vhodné zlepšujú (rokliny, jamy, pahorky a pod.). Ak je narušenie reliéfu daného územia nevyhnutné, je potrebné navrhnuť opatrenia, ktoré by dostatočne odolávali pôsobeniu prírodných síl snažiacich sa o dosiahnutie pôvodného stavu. Platí to najmä vo svahovitom teréne, kde sa preto budujú zárezové svahy, alebo záchytné priekopy čím sa usmerní odtok prívalových vôd. Za bežných podmienok však postačuje úprava, pri ktorej sa najkratšou cestou do priekop, rigolov, poprípade do vpustí kanalizácie prebytočná voda prevedie. Odtoku malých atmosférických zrážok zo zelených plôch však zabraňujeme vhodnou úpravou.

Pri úpravách dochádza ku komplikáciám ak je nevyhnutné porušiť spodné nepriepustné vrstvy, alebo ak sa úpravy vykonávajú pod úrovňou najvyššej hladiny spodnej vody.

1.1.2.3 Hospodárenie s ornicaou

Ornica sa pri stavebnej činnosti nesmie znehodnotiť, preto je potrebné ju dopredu sňať. Využíje sa ako humus pre novo upravované plochy, alebo pri jej nadbytku sa využíva v poľnohospodárstve. Sníma sa na miestach budúcich komunikácií, spevnených plôch, trvalej zástavby, ďalej v miestach projektovaných výkopov a násypov a všade tam kde by sa stavebnou činnosťou ničila alebo znehodnotila. Neodoberá sa z plôch, kde navrhované výkopy a násypy nepresahujú 10 až 20 cm výšky. Názorne je tento príklad uvedený na (Obr. 1). Plochy, z ktorých sa ornica neodoberá, sa väčšinou výškovo upravujú do navrhovaného tvaru jednoduchým prehrnutím skyprenej pôdy. K vykonaniu väčšiny zemných prác v podklade sa sňatá ornica ukladá do depónií. Umiestňujú sa účelne tak, aby rozvozné vzdialenosti do nich a späť na miesto potreby boli čo najmenšie. Pri voľbe depónií sa berie ohľad na projekt organizácie výstavby, aby neprekážali stavebnej pravádzke. Po ukončení výstavby objektov, komunikácií a po vykonaní zemných prác v podklade, sa na upravený terén rozprestrie ornica o hrúbke 10 až 20 cm a zatrávni sa.



Obr. 1 Snímanie ornice – ukážka postupu riešenia (Krumphanzl, 1975).

1.1.3 Druhy riešenia terénnych úprav

Správnosť projektu terénnych úprav závisí od geodetických podkladov. Ide hlavne o to ako je terén správne výškovo vystihnutý. Pri členitejšom území sa na jeho vyjadrenie musí použiť väčší počet bodov ako pri území plochom. Časté spory o objeme

kubatúry zemných prác vznikajú pri malom počte bodov a ich nevhodnom umiestnení. Neodporúča sa preto šetriť na geodetických podkladoch, používať staršie podklady bez dostatočného overenia a doplnenia neskorších zmien a voliť riedku sieť bodov. S projektovými podkladmi sa treba vždy dôkladne oboznámiť a ich správnosť a úplnosť preskúšať prehliadkou na mieste. Pri nej je potrebné oboznámiť sa s množstvom a druhom priestoru, pôdnymi pomermi, tvarom terénu a vodným režimom. Ďalej sa preštudujú výsledky geologických prieskumov, ak je to potrebné tak aj urbanistické podklady, projekty budúcich pozemných, inžinierskych stavieb a pod. O každej projektovanej budove je potrebné poznať jej funkciu, pôdorysné rozmery, polohu a výškové usporiadanie všetkých vstupov a vjazdov, rozsah a hĺbku suterénu, usporiadanie poschodí, nároky na prístup alebo príjazd k budove, spôsob odvedenia strešných vôd a ostatné okolnosti ktoré ovplyvňujú úpravy terénu okolo budovy.

Terénne úpravy sa podľa rozsahu a charekteru delia na tri druhy:

- úsekové,
- celkové,
- zmiešané.

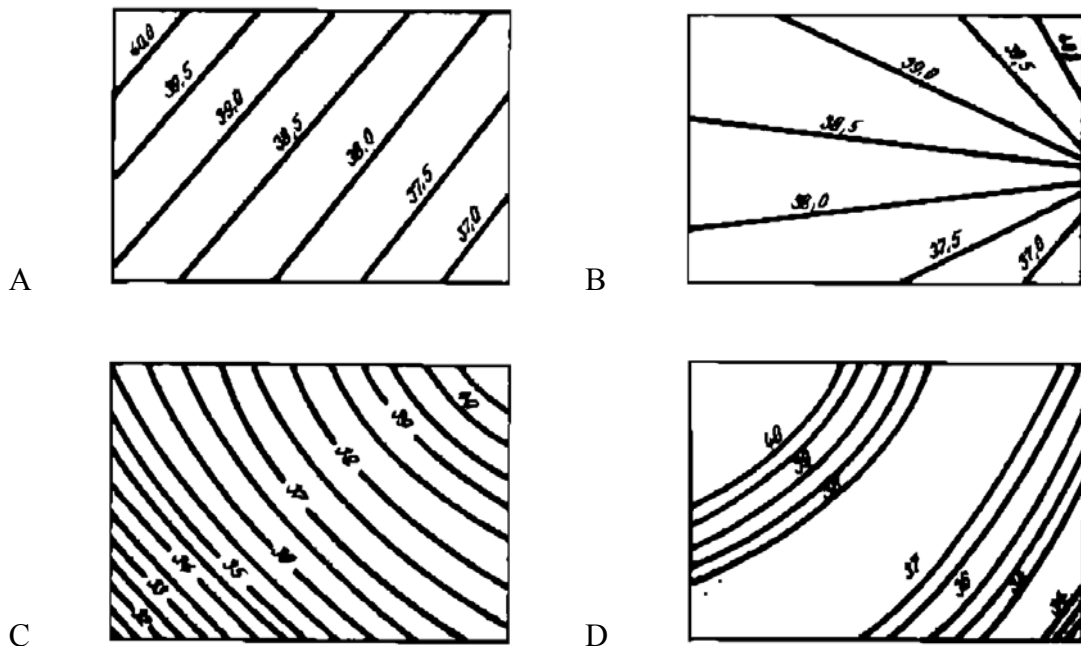
Úsekové riešenie sa vzťahuje len na úpravu v okolí jednotlivých objektov a ostatné územie ostáva bez zmien. Návrh úpravy je väčšinou jednoduchý, rozsah zemných prác je malý, odvodnenie býva jednoduché a väčšinou si vystačí s povrchovým odvodnením za pomoci priekop a rigolov, bez výstavby dažďovej kanalizácie.

Celkové riešenie je náročnejšie. Vzájomné výškové usporiadanie všetkých objektov a ich začlenenie do terénu kladie väčšie nároky na prácu projektanta. Projektant musí uvažovať o viacerých variantoch, pretože riešenie nie je nikdy jednoznačné. Jednotlivé varianty porovnáva a najvhodnejší z nich spracuje.

Zmiešané riešenie sa vyskytuje často, pretože väčšie stavby sa dajú rozdeliť na samostatné objekty, pri ktorých sa použije úsekové riešenie a na komplexy objektov, kde sa použije riešenie celkové.

1.1.4 Riešenie tvaru nového reliéfu

Po vyhodnotení projektových podkladov sa pristupuje k voľbe vhodného reliéfu terénu. Vypracuje sa schéma tvaru terénu, kde sa rozlišujú tieto druhy: pravidelný, vejárovitý, zostupný a terasovitý (Obr. 2). Jednotlivé druhy môžu byť tiež rôzne skombinované.



Obr. 2 Tvary reliéfov (A – pravidelný, B – vejárovitý, C – zostupný, D – terasovitý) (Michalčák, 1975).

Znárodné príklady sú geometrickým riešením, ktoré vedie však k zväčšeniu zemných prác. Schéma návrhu tvaru terénu je v počiatočnom stave projektu veľmi dôležitá, pretože podľa jej výsledku sa rozhodne buď o zachovaní pôvodného tvaru terénu, alebo sa určí rozsah potrebného pretvorenia. Schéma sa spracuje návrhovými vrstevnicami s prihliadnutím k budúcej odvodneniu. To znamená, že je potrebné mať predstavu o celkovom odvodnení záujmového priestoru.

1.1.5 Hrubé terénne úpravy

Pri terasovitých, alebo rozsiahlych úpravách sa väčšinou musí postupovať vo dvoch etapách. Prvá etapa tzv. hrubé úpravy, sú vlastne väčšie presuny zemín, aby sa vytvorili vhodnejšie podmienky pre vlastnú výstavbu pozemných stavieb. Druhou

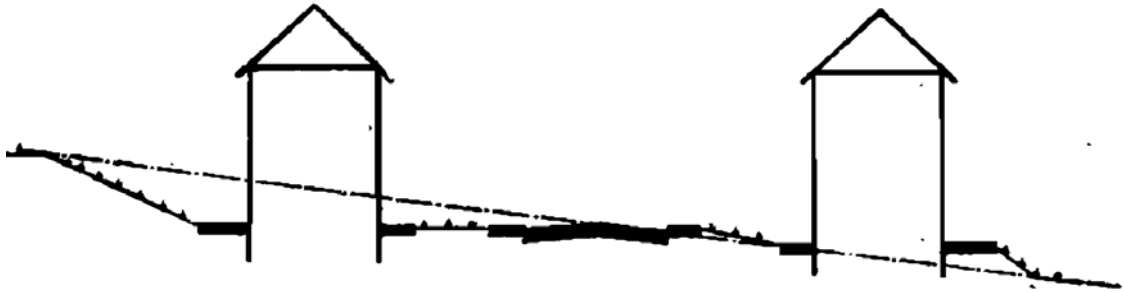
etapou sa rieši podrobná úprava. Ktorá sa začne v prírode až po vybudovaní budov. Tomuto rozdeleniu sa podriaďuje aj projektová dokumentácia, ktorá sa rozdelí na dve projekčné časti. V prvej projekčnej časti hrubo upravený terén slúži ako podklad pre podrobné úpravy v druhej projekčnej etape. Ak sa jedná o rozsiahlejšie stavby, pri ktorých výstavba časovo zaberá niekoľko rokov, bude takýto postup potrebný už s ohľadom na finančné nároky výstavby. Hrubé terénne úpravy majú vlastnú rozpočtovú časť dokumentácie. Návrh hrubých terénnych úprav (Príloha 2), zahŕňa vždy odňatie ornice v účelnom rozsahu z potrebnej plochy. Ďalej riešia hospodárne rozloženie depónií odobratej ornice. Výkopy sa navrhujú len potiaľ, aby sa uľahčila nasledovná výstavba. Je potrebné brať ohľad na to, aby sa nešlo vo výkopoch s niveletou nižšie, ako bude neskôr v podrobných úpravách, ak by sa to nedodržalo musela by sa odkopaná zemina opäť naväzať. Podklad z výkopov sa naväza na depónie, alebo sa hneď premiestňuje do násypov kde je potrebný. Časový plán budovania násypov musí byť v súlade s výstavbou podzemných rozvodov (potrubí, káblov a pod.) Inak je potrebné násypy vybudovať v náležitom predstihu, čím sa dosiahne že zemina bude dostatočne uľahnutá a potrubie by sa nemalo poškodiť sadaním. Niekedy sa v návrhu hrubých terénnych úprav riešia aj cestné komunikácie, hlavne ak je ich možné využiť pri stavebných prácach.

1.1.6 Návrh výškových úrovní objektov

Po navrhnutí nového terénu sa určia výškové úrovne projektovaných objektov. Podľa výškovej úrovne úpravy sa potom objekt osadí do terénu. Stanovenie výškovej úrovne je závislé na výškových dispozíciách vo vnútri objektu. Napr. vstup do obytnej budovy môže byť v rovnakej úrovni s východom do dvora. Toto riešenie je vhodné v rovinatej území. Malé výškové rozdiely sa dajú vyriešiť schodmi. Vo svahu je výhodné navrhnuť výstup z budovy o pol alebo celé poschodie vyššie alebo nižšie oproti vstupu, zmenšia sa tým zemné práce.

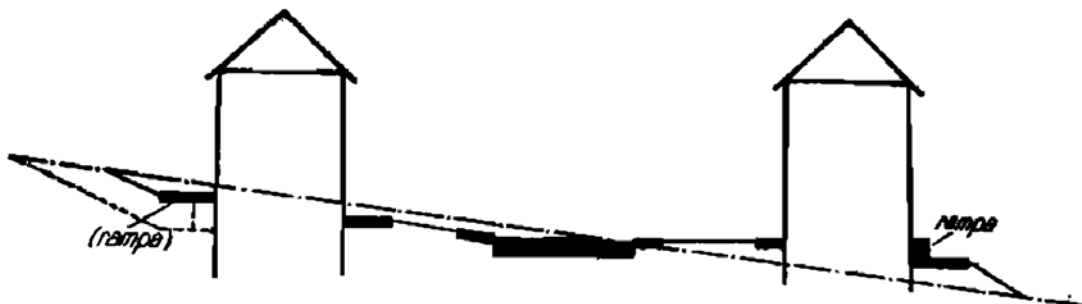
Výšková úroveň závisí od okolia, hlavne od výškových pomerov komunikácií. Ak sú v susedstve projektu verejné komunikácie, prispôsobuje sa im výšková úroveň. Je to dôležité najmä vo svahovom teréne. Na zárezovej strane nesmie byť volená výšková úroveň domu tak, že výška vstupu je takmer v rovnakej výške ako chodník ulice (*Obr. 3*). Výšková úroveň v dvornej časti je rovnaká ako pri vstupe. Tým samozrejme vzniknú zbytočne veľké výkopy a problémy s hromadením snehu a zrážkovej vody na

dvornej strane. Takéto riešenie nie je správne. Tak isto nie je správne ani riešenie, kde projektant utopil budovu tým, že výškovú úroveň vstupu do budovy naprojektoval nižšie ako chodník.



Obr. 3 Nesprávne výškové riešenie úrovní objektov (Krumphanzel, 1975).

Správne riešenie je na obrázku (Obr. 4), kde projektant rieši vzniknutý problém pomocou rôznej úrovne vstupov do budovy.

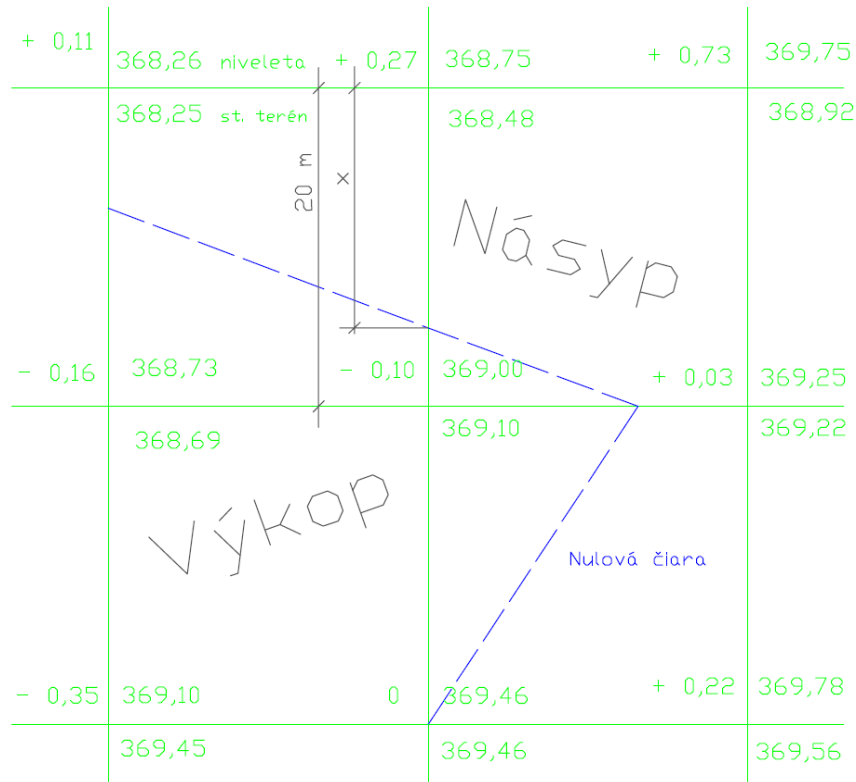


Obr. 4 Správne riešenie výškových úrovní objektov (Krumphanzel, 1975).

Pri určovaní výškovej úrovne je treba tiež skúmať zmenené geologické podmienky, spôsobené stavbou a brať ohľad na najvyššiu hladinu spodnej vody. Je samozrejmé, že sa pri určovaní úrovne sleduje hlavná zásada, a to hospodárnosť zemných prác.

1.1.7 Zemné práce

Po výbere systému, schémy a určenia výškových úrovní nemôžeme pristúpiť hneď k podrobnému návrhu úpravy a presne vypočítať objem zemných prác, stavebné náklady a presuny zemín. Namiesto toho sa postupuje tak, že sa spracuje hrubá bilancia zemných prác a podľa výsledku sa návrh spresňuje. Hrubý výpočet objemov výkopov a násypov sa potom doplní o kubatúry výkopov podzemných zariadení a základov budov. Musíme pri tom brať do úvahy opravu výpočtu o kubatúru odobratej ornice, spevnených plôch a konštrukčných vrstiev komunikácií. Tým dosiahneme výsledok v hrubých náčrtoch. Podľa skúseností projektanta vyžaduje návrh po dôkladnom rozbere ešte väčšie alebo menšie úpravy. Pri menších úpravách postačí zníženie alebo zvýšenie niektorej tzv. zelenej plochy, niekedy je nutné upraviť nivelety niektorých komunikácií a tým aj susedného terénu. K vyčísleniu konečnej kubatúry zemných prác a na vyznačení jednotlivých výkopov a násypov vo výkresoch je potrebné určiť si priebeh nulových čiar. Nulová čiara je priestorová krivka, v ktorej sa pretínajú topografické plochy pôvodného a navrhnutého terénu. V projekte sa pracuje s priemetmi tejto krivky, napr. s priemetom nulovej čiary do vodorovnej roviny (Obr.5).



Obr.5 Riešenie nového terénu vo štvorci.

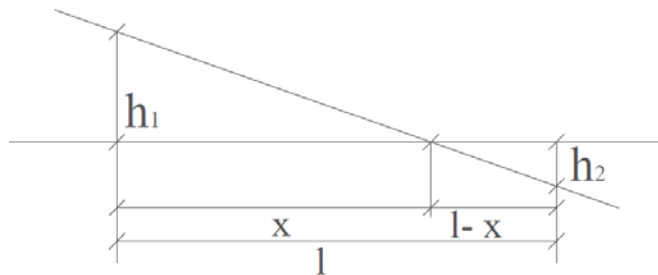
Na *Obr. 5* je navrhnutý nový terén vo štvorcovej sieti. Aby bolo možné vykresliť priebeh nulovej čiary, je potrebné vypočítať jej priesečníky so stranami štvorcov. Priesečník sa určí výpočtom vzdialeností od rohov štvorca, a to z podobnosti trojuholníkov (*Obr. 6*) V danom príklade podľa kót. Výpočet staničenia x priesečníka pôvodného a navrhovaného terénu z obrázkov 5 a 6 je nasledovný:

$$x = \frac{h_1 \cdot l}{h_1 + h_2} \quad [\text{m}] \quad (1.1)$$

Kde :

- x - staničenie priesečníka [m]
- h_1 - výškový rozdiel 1 [m]
- h_2 - výškový rozdiel 2 [m]
- l - vzájomná vzdialenosť bodov A a B [m]

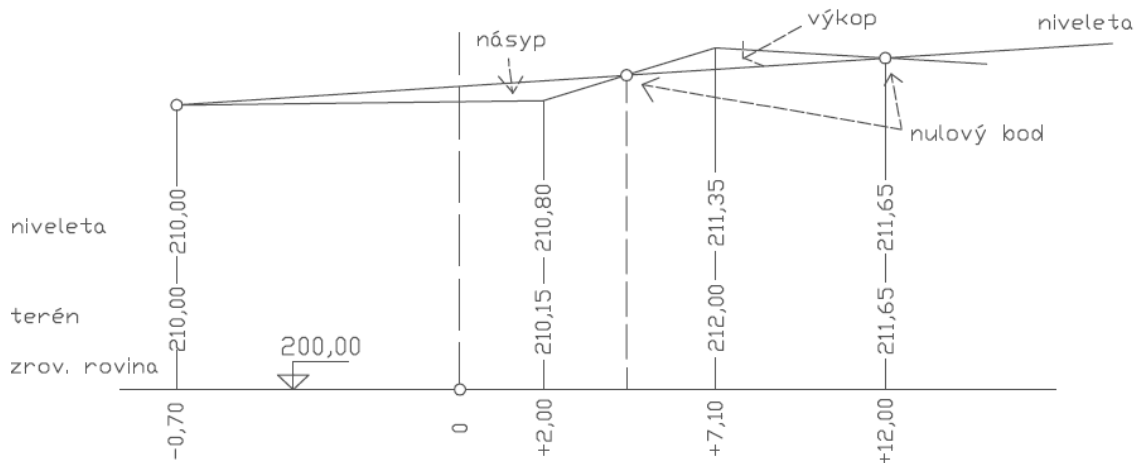
$$x = \frac{0,27 \cdot 20}{0,27 + 0,10} = 14,6 \quad [\text{m}]$$



Obr. 6 Priesečník nivelety s terénom, konštrukcia nulového bodu vo štvorci.

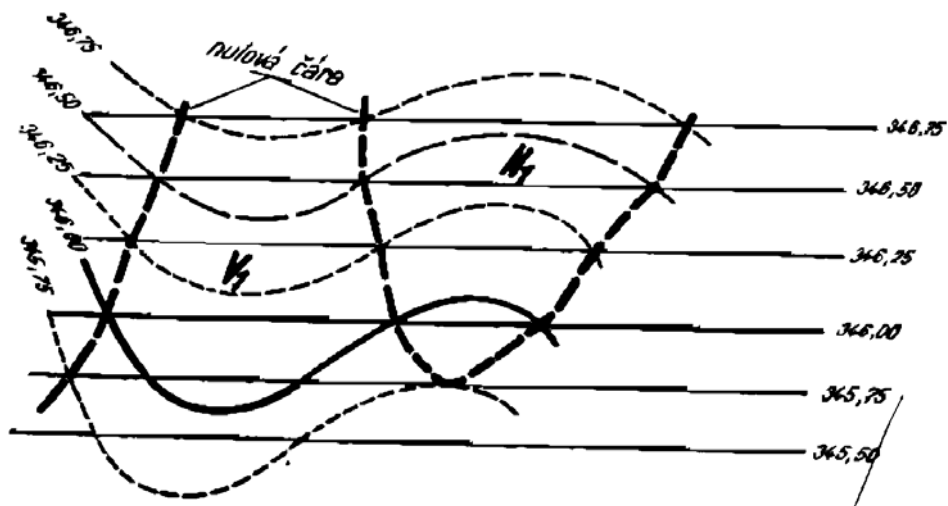
Priemet nulovej čiary v priečnom reze (*Obr. 7*) sa označuje ako bod, zvaný nulový bod. Z hľadiska zemných prác je nulová čiara spojnicou bodov, kde výšky zemných prác prechádzajú nulovou hodnotou. Nulová čiara tvorí rozhranie medzi výkopmi a násypmi, poprípade medzi nimi a pôvodným terénom. Keďže prechod medzi výkopom a násypom je väčšinou veľmi pozvoľný, stačí v projektoch uvažovať s nulovou idealizovanou krivkou a znázorniť ju vo vodorovnom priemete lomenou

čiarou. To je rovnako výhodné a plne dostačujúce pre vytyčovanie nulových čiar v prírode pri stavebných prácach. Konštrukcia nulových čiar vo výkrese je závislá od použitej grafickej metódy vyjadrení zemných prác.



Obr. 7 Priemet nulovej čiary v priečnom reze.

Spojením nulových bodov plynulou čiarou sa získa priebeh nulových čiar. Pri vrstevnicovej metóde prechádza nulová čiara priesečníkmi vrstevníc starého a nového stavu o rovnakej výške (Obr. 8).



Obr. 8 Znáznornenie nulových čiar a projekčných vrstevní (Čermák, 1960).

Ohraničením výkopu a násypu nulovými čiarami dostaneme výkopové alebo násypové figúry. Výkopové figúry sa vyznačujú vo výkresoch žlté, násypové ružové alebo červené. Neupravené plochy sa väčšinou vyznačujú zelenou, alebo sa

ponechávajú bez označenia. Navrhovaný terén sa vyznačuje v polohovom a výškovom výkrese vždy červenou (vrstevnice, kóty, šrafy). Podobne obrys navrhovaných komunikácií sa kreslí tiež červenou, v rezoch sa značí nový stav silnejšou čiarou. Jednotlivé figúry a plochy sa v písomnej a výkresovej časti projektu označujú veľkými písmenami s poradovým číslom, a to: V_n – výkopové figúry, N_n – násypové figúry, S_n – plochy odňatia ornice, H_n – humusované plochy, Z_n – plochy obrábané poľnohospodársky.

1.1.8 Podrobný návrh terénnych úprav

Návrh nového terénneho reliéfu, spresnený podľa hrubej bilancie zemných prác, sa podrobne vyjadří v jednotlivých prílohách projektu, (Príloha 3). Začína sa zvyčajne komunikáciami. V polohovom výkrese komunikácií sa vyznačia začiatky a konce jednotlivých odvetví, vrcholové body dotyčnicového polygónu, polomery oblúkov, hlavné určovacie prvky smerových oblúkov, šírky všetkých komunikácií a staničenie jednotlivých vetiev. V pozdĺžnych rezoch sa vypočítajú všetky potrebné kóty nivelety a prvky zaoblenia lomov. Dĺžky v pozdĺžnych rezoch sa vynášajú väčšinou v mierke polohopisu. Výšky sa najčastejšie prekresľujú proti dĺžkam v pomere 10:1, z dôvodov zreteľnejšieho znázornenia priebehu nivelety a jej lomov. Pričné rezy sa vynášajú v obvyklej mierke 1:100. Konštrukčné vrstvy, šírky a priečne spády komunikácií a spevnených plôch sa vyjadrujú pomocou vzorových priečných rezov. Pri spracovaní komunikácií v situácii a pozdĺžnych rezoch sa rieši tiež súčasne v podrobnostiach napojenia, križovatky, poprípade iné spevnené plochy pomocou vrstevníc. Ďalej sa spracuje úprava terénu priameho okolia jednotlivých objektov a spevnených plôch. Ak to dovoľí zrejmosť polohového výkresu, vyznačia sa kóty všetkých rohov budov, kóty vstupov a východov, kóty podlaží v prízemí, rozmery a hlavné kóty dvorov, šírky a spády prístupových chodníkov, spojovacích chodníkov a pre prehľadnosť a spádové pomery na spevnených plochách.

Podrobné úpravy ostávajúcich plôch sú závislé na spôsobe zobrazenia projektovaného terénu. Rozoznávajú sa tieto spôsoby:

- a) kótovanie nového terénu,
- b) kótovanie nového terénu v rohoch štvorcovej siete,
- c) vyznačenie nového terénu v rezoch,
- d) zakresľovanie izolínií.

Najčastejšie sa používajú prvé štyri spôsoby znázorňovania navrhovaného terénu.

1.1.9 Návrh nivelety

Podľa SANETRNIKA (1989) je niveleta priestorová čiara, ktorá určuje výškový priebeh upravovaného terénu. Zobrazuje sa v pozdĺžnom profile nárysom jej trasy.

Pri projektovaní nivelety treba dodržiavať niekoľko zásad:

- niveleta sa musí prispôbiť niektorým výškovým (kardinálnym) bodom. Sú to napríklad začiatok a koniec trasy, výšky vchodov, vjazdov a pod.
- niveleta zohľadňuje aj hydrologické a miestne pomery, treba dodržať odtokové pomery, bezpečnú výšku hrádze vodného toku alebo zamedziť tvorbe závejov.
- návrh riešiť tak, aby zemné práce boli v čo najmenšom možnom rozsahu a vzdialenosti rozvozu zemín na tvorbu násypov (výkopov) boli čo najviac optimalizované.
- optimalizovať sklony nivelety tak, aby v dôsledku odtoku povrchovej vody nedochádzalo k erózii projektovaného zemného telesa.

1.1.9.1 Výpočet výšok nivelety

Základnými prvkami pre správny návrh nivelety sú:

- lomená čiara nivelety tvorená priamkami ktoré určujú výškové zmeny nivelety je tzv. **výškový polygón**
- odklon od roviny sa označuje ako **pozdĺžny sklon**. Najčastejšie sa vyjadruje v percentách.
- **zaokrúhlenie nivelety** predstavuje zaoblenie v mieste lomu nivelety.

Niveletu potom počítame tak, že najprv si určíme výšky hlavných bodov nivelety, tieto výšky sa určujú graficky pomocou milimetrového papiera. Potom vypočítame výškové rozdieli ΔH medzi susednými bodmi. Napr. medzi bodmi A s výškou H_A a B s výškou H_B bude rozdiel:

$$\Delta H = H_A - H_B \quad [\text{m}] \quad (1.2)$$

Kde: ΔH - je výškový rozdiel medzi susednými bodmi [m]

H_A - výška v bode A [m]

H_B - výška v bode B [m]

Ďalším krokom je výpočet vodorovnej vzdialenosti ako rozdielu staničenia jednotlivých bodov. Vzdialenosť medzi bodom A so staničením L_A a bodom B so staničením L_B je potom:

$$\Delta L = L_A - L_B \quad [\text{m}] \quad (1.3)$$

Kde: L_A - staničenie bodu A [m]

L_B - staničenie bodu B [m]

ΔL - vzdialenosť susedných bodov [m]

Sklon nivelety potom vypočítame zo vzťahu:

$$s = \frac{\Delta H}{L} \times 100 \quad [\%] \quad (1.4)$$

s – sklon nivelety [%]

ΔH – prevýšenie lomových bodov nivelety [m]

L – vodorovná vzdialenosť lomových bodov [m]

Výšky osových bodov (Obr.9) sa počítajú tak, že z pozdĺžneho sklonu a zo vzdialenosti l_x pomocou vzťahu:

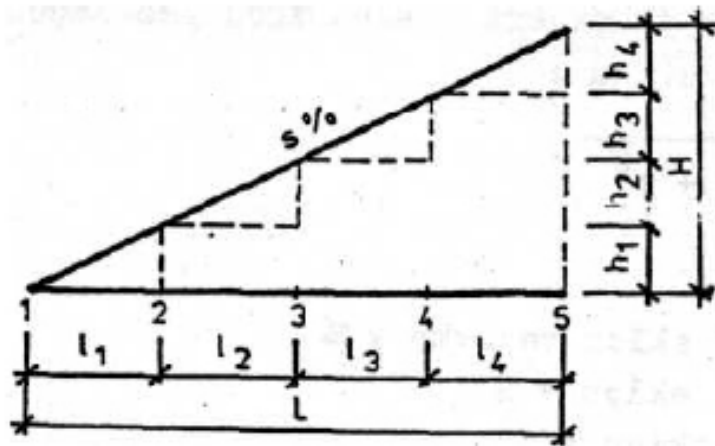
$$\Delta h = \frac{s \times l_x}{100} \quad [\text{m}] \quad (1.5)$$

Kde: Δh – výškový rozdiel medzi osovým a kardinálnym bodom [m]

s – sklon nivelety [%]

l_x – vzdialenosť osového bodu od kardinálneho bodu [m]

Výškový rozdiel Δh sa potom pripočíta (ak niveleta stúpa) alebo odčíta (ak niveleta klesá) od počiatočného – kardinálneho bodu.



Obr. 9 Výpočet nivelety (Sanetrník, 1989).

Týmto spôsobom postupne vypočítame celý nivelačný ťah od počiatočného bodu po koncový. Pri kardinálnych bodoch by sa nám mala vypočítaná výška zhodovať z výškou vypočítanou graficky.

1.2 Vytyčovanie výškových úprav

Výšky, resp. prevýšenia najčastejšie vytyčujeme nivelačným prístrojom, alebo teodolitom. Použitie určitého prístroja závisí od členitosti terénu, vyžadovanej presnosti a vzdialenosti k vytyčovanému bodu. Pri výškovom vytyčovaní v podstate ide o určenie výšky polohovo vytýčeného bodu. Rozdiel medzi odmeranou výškou a výškou danou projektom vyznačuje druh úpravy v meranom mieste, napr. násyp, výkop, zdvih, podloženie konštrukcie a pod. Technológia výškového vytyčovania sa realizuje tak, aby sa vylúčili ošové chyby prístrojov, resp. aby bol ich účinok z hľadiska vyžadovanej presnosti vytýčenia zanedbateľný. V prípade vysokých požiadaviek na presnosť (nivelácia) a u dlhých zámer (trigonometrická nivelácia) sa zavádza oprava z rozdielu medzi zdanlivým a skutočným horizontom.

1.2.1 Organizácia vytyčovacích prác

Prípravné práce:

- prehliadku záujmového územia,
- zhustenie siete pevných vytyčovacích bodov,
- voľbu vytyčovacej metódy,
- určenie vytyčovacích prvkov,
- vyhotovenie vytyčovacieho náčrtu.

Podkladom pre vlastné vytýčenie je vypracovaná projektová dokumentácia. Ak však projektová dokumentácia neobsahuje podklady na vytyčovanie, treba ich vyhotoviť behom prípravných prác. Prehliadkou terénu sa kontrolujú geodetické základy a spresnia sa niektoré polohopisné a výškopisné údaje, ktoré sa nezhodujú s príslušnými vytyčovacími podkladmi.

Ak je v záujmovom území nedostatok pevných bodov, je nevyhnutné zhustiť bodové pole sa zhusťuje, najčastejšie pretínaním vpred zo známych geodetických bodov pomocou polygónového ťahu. Jednotlivé body sa určujú s presnosťou podľa STN 73-0422 – Presnosť vytyčovania líniových a plošných stavebných objektov.

Vytyčovacie body sa polohovo určia v systéme Jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej (S-JTSK), alebo podrobným bodovým polom. Výškovo sa body určujú v systéme Balt. po vyrovnaní (B.p.v.), alebo v miestnom výškovom systéme (M.v.s.).

Vytyčovacie prvky sa dajú získať viacerými spôsobmi, a to odčítaním hodnôt z projekčnej mapy, z grafických príloh, výpočtom zo súradníc, alebo kombináciou týchto spôsobov.

Vytyčovacie metódy závisia od:

- technických požiadaviek (rovnobežnosť, kolmosť),
- tvaru projekčných čiar,
- kvality projekčných máp a plánov,
- vyžadovanej presnosti.

Vytyčovacie prvky sa vyznačujú vo vytyčovacom náčrte, ktorý slúži ako podklad pre vlastné vytýčenie v teréne. Do vytyčovacích náčrtov okrem súčasného stavu sa zakresľujú všetky okolité pevné geodetické body, objekty, potrebné vytyčovacie prvky a príslušné návrhy podľa projektovej dokumentácie. Dôležitou požiadavkou pri vytyčovaní je, aby vytyčovacie prvky boli kontrolovateľné.

1.2.2 Vytyčovanie technických opatrení

Pri vytyčovaní technických opatrení pozemkových úprav treba dodržať tieto hlavné zásady:

- pri poľných cestách polohové a výškové vytýčenie osi, profilov, násypov, výkopov a detailov rozličných cestných objektov,
- pri vodohospodárskych opatreniach polohové a výškové vytýčenie osi, profilov, nivelety dna, detailov vodohospodárskych objektov, hrádzí, resp. drenážnej siete,
- pri protieróznych opatreniach polohové a výškové vytýčenie protieróznych priekop, profilov, zemných terasových stupňov,
- pri rozsiahlych plošných terénnych úpravách podrobné vytýčenie štvorcovej siete celého upravovaného územia.

Pri smerových stavbách (poľné cesty, vodné toky, priekopy, hrádze) sa vytyčujú osi trasy. Začiatok a koniec trasy sa vyznačí zvyčajne železnou rúrkou alebo tyčou a situačne sa naviaže na vytyčovacie body uhlovo a smerovo. Ak sa východiskový bod nachádza v existujúcej stavbe, vytýči sa pomocný začiatkový bod na predĺženej osi prvej strany polygónu. Ostatné body staničenia sa zabezpečujú osovými kolíkmi O s

výškovou kótou, označovacími kolíkmi D a výškovými kolíkmi V, ktoré sa osadzujú minimálne 0,50 m od okraja smerovej stavby.

Na označovacích kolíkoch sa vyznačí číslo profilu, staničenie, na druhej strane výška nivelety alebo výška násypu od záhlavia výškového kolíka. Označovacie kolíky sa pri trasovaní osádzajú k osovému kolíku a pri výstavbe sa premiestňujú mimo vlastnej stavby. Obrisy líniovej stavby sa označia okrajovými kolíkmi A, B, resp. zabezpečovacími kolíkmi A_u B_z. Priame úseky smerovej stavby sa vytýčia v osi od 20 po 50 m. Oblúky sa vytyčujú podrobnejšie. Základné a hlavné body kruhového oblúka, ktoré reprezentujú začiatok oblúka ZO, vrchol oblúka VO a koniec oblúka KO, sa vytýčia polárnou metódou. Podobne sa vytýčia aj začiatok a koniec prechodnice. Podrobné body oblúka a prechodnice sa vytyčujú niektorou z metód na vytyčovanie podrobných bodov kruhového oblúka, resp. prechodnice.

2 Ciele práce

Cieľom predkladanej práce s názvom „Výšková úprava terénu v projektovaní“, je poukázať a zároveň oboznámiť s možnými výškovými úpravami terénu pri projektovaní. Podstata výškových úprav terénu ako i samotných terénnych úprav spočíva v návrhu topograficky správnej a účelnej úpravy prírodného terénu. Pričom ich prvoradým cieľom je vytvorenie ladných plôch pri minimálnych presunoch zemín, o hospodárne využitie ornice, o neškodné odvedenie povrchových vôd ako i o úpravu spevnených plôch.

3 Metodika práce

V našej práci sa zaoberáme analýzou a interpretáciou výškových úprav terénu. Podstatou samotných výškových úprav terénu taktiež i terénnych úprav, ako komplexu terénnych prác spočíva v návrhu topograficky správnej a účelnej úpravy prírodného terénu.

3.1 Použité podklady

Pre dosiahnutie stanovených cieľov bolo potrebné zhromaždiť a následne preštudovať čo najviac dostupných študijných materiálov z problematiky týkajúcej sa výškových úprav terénu, terénnych úprav, zemných prác a vytyčovacích prác. Pre našu analýzu sme použili nasledovné normy, zákony a vyhlášky, literatúru, ktorá je uvedená v prehľade literatúry, ako i grafické ukážky z výškových úprav terénu.

- Slovenské technické normy (STN):
 - STN 01 3419 Vytyčovacie výkresy stavieb.
 - STN 73 0421 Presnosť vytyčovania stavebných objektov s priestorovou skladbou.
 - STN 73 3050 Zemné práce, Všeobecné ustanovenie.
- Zákony a vyhlášky:
 - ZÁKON č. 50/1976 Zb. Federálne zhromaždenie ČSSR zo 27. apríla 1976 o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon).
 - ZÁKON č. 219/2008 Zb. Národná rada Slovenskej republiky z 21. mája 2008 ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 220/2004 Z. z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona č. 245/2003 Z. z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení zákona č. 359/2007 Z. z.
- Grafické ukážky výškových úprav terénu, ktoré sme taktiež použili pri spracovávaní našej práce.

3.2 Metodika práce

Preto, aby sme sa dopracovali k stanovenému cieľu, zvolili sme nasledovný pracovný postup:

1. Spracovanie rešerše v oblasti výškových úprav terénu, terénnych úprav, zemných prác a vytyčovacích prác,
2. Štúdium a analýza zhromaždených študijných materiálov zo spomínanej problematiky,
3. Tvorba obrazových príloh v prostredí AutoCAD, a to z dôvodu nekvalitných podkladov zo získaných študijných materiálov,
4. Vypracovanie bakalárskej práce na základe štúdia a analýz predchádzajúcich pracovných postupov.

4 Výsledky práce a diskusia

Pri projektovaní rozoznávame tieto fázy projektovania : predbežný návrh (schéma), zadávací projekt a projekt realizačný.

Predbežný návrh (schéma) výškových úprav terénu sa svojim rozsahom zameriava na územie, ktoré rieši smerný územný plán. V tejto fáze projektovania sa rozhoduje o rozsahu a objeme zemných prác. Účel predbežného návrhu výškových úprav je, aby riešený smerný plán využíval čo možno najviac prirodzených tvarov terénu, aby jeho riešenie bolo čo najúčinnnejšie, umožňoval vhodné vybudovanie dopravných tepien a odvodnenie a úpravu pozemkov. Pri posudzovaní terénu je nevyhnutné osobitne vyčleniť plochy ktoré majú svahovitý terén, územia zaplavované, bahnité , plochy s vysokou spodnou vodou (plánovanie násypov) , miesta so skalou blízko povrchu (plánovanie odkopov) a pod. Do úvahy sa musí brať spôsob zastavania povrchu terénu, spôsob zastavania roklin a porastov a prieskum doterajších dopravných tepien. V schéme sa musí vykonať aj hrubá bilancia veľkých základných presunov zemín. Návrh sa vypracúva väčšinou v mierke 1:5000 na polohopisnom a výškopisnom výkrese súčasného stavu (Príloha 1). Na tomto výkrese sa vyznačia výsledky uvedeného prieskumu a novo navrhnutý stav. Novými vrstevnicami sa vyznačí predpokladané vyrovnanie terénu, kombinovaným s kótovaním križovatiek, všetkých hlavných lomov terénu a ostatných dôležitých úrovniach. V jednotlivých okrskoch sa vyznačia číslami v percentách a šípkami plochy s určitým spádom. Slúži to na vymedzenie plôch pre jednotlivé druhy zástavby, pre voľbu sadovej úpravy a pod.

Pre realizáciu výškových úprav by mal byť zvolený pracovný postup v nasledujúcich bodoch:

- získanie meračských máp a podkladov,
- rekognoskácia terénu,
- analýza podkladov a máp,
- tvorba návrhu nového terénu,
- výber vhodnej metódy pre výpočet kubatúr,
- výpočet kubatúr,
- vytýčenie výšok v teréne,
- realizácia zemných prác (výšková úprava terénu).

V riešenej bakalárskej práci sme sa podrobnejšie zamerali na výpočet kubatúr zeminy, vniknutý rozdielmi medzi pôvodným a navrhovaným terénom. Konkrétne na jednotlivé metódy výpočtu kubatúr.

4.1 Výpočet kubatúr

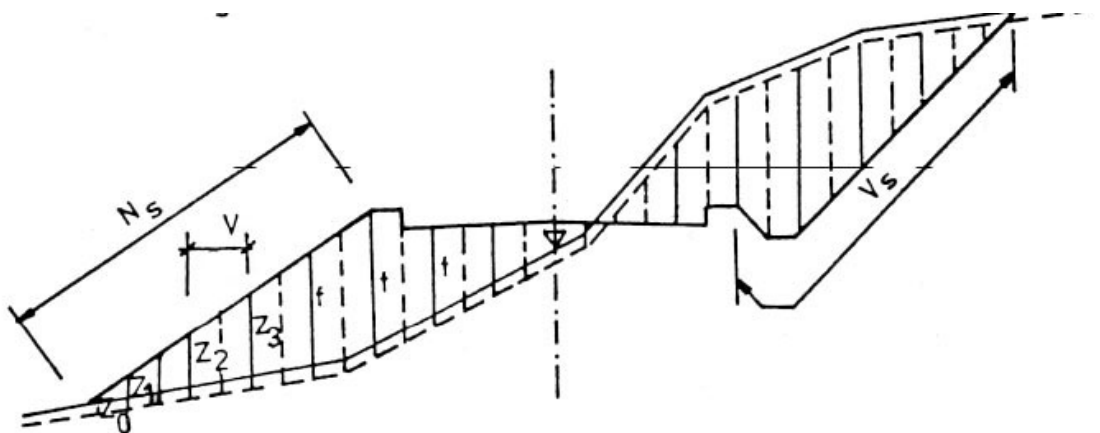
Výpočet kubatúr predstavuje základnú úlohu, ktorú je potrebné riešiť v projektoch. Jedná sa o určovanie objemov zemín, ktoré pri vykonávaní zemných prác bude potrebné vyťažiť, rozvieť v rámci staveniska a prípadne zapracovať vo forme násypov. Výpočet kubatúr nám podáva aj informácie o prebytku resp. nedostatku zemín na vykovanie plného rozsahu zemných prác na stavenisku. Vlastný výpočet môžeme realizovať pomocou štyroch základných metód:

- profilová,
- kartogramová (štvorcovej siete),
- vrstevnicová,
- analytickej geometrie.

Každá z uvedených metód má svoje výhody aj nevýhody. Preto použitie konkrétnej metódy závisí od špecifických podmienok projektovanej stavby. Pomocou výpočtu kubatúr získavame prehľad o pohybe zemín na stavbe, ale čiastočne aj o nákladoch na stavbu a vhodnosti použitia konkrétnej mechanizácie, množstva jednotlivých prostriedkov, prípadne o rozvozných vzdialenostiach..

4.1.1 Profilová metóda

Najčastejšie sa využíva pri líniových stavbách a v stavebníctve je to najrozšírenejší spôsob názorného vyjadrenia tvaru telies. Spočíva v tom, že v novo upravovanom teréne sa vedú rovnobežné zvislé rezy vo vzdialenosti 5 - 20 m, v závislosti od druhu stavby, do ktorých sa zakreslí pôvodný a aj upravený terén príslušne okótovaný. Profily sa v minulosti kreslili na milimetrový papier ako samostatné výkresy (*Obr. 10*).



Obr. 10 Určovanie plôch výkopov a násypov v priečnom reze (Krumhanzl, 1960).

Výpočet plôch sa riadi zásadami:

- Priečne rezy sa vykresľujú na milimetrový papier. Zvislé čiary potom oddeľujú násypové a výkopové plochy v tvare lichobežníkov.
- Výpočet sa zjednodušuje tak, že sa šírka lichobežníka „ v “ vynásobí strednou výškou z ($z_1, z_2, z_3, \dots, z_n$) a dostaneme plochu f .

$$f_n = v \cdot z_n \quad [\text{m}^2] \quad (4.1)$$

kde: f_n - čiastková plocha lichobežníkového prúžku [m^2]

v - šírka lichobežníka [m]

z_n - stredná výška lichobežníka „ n “ [m]

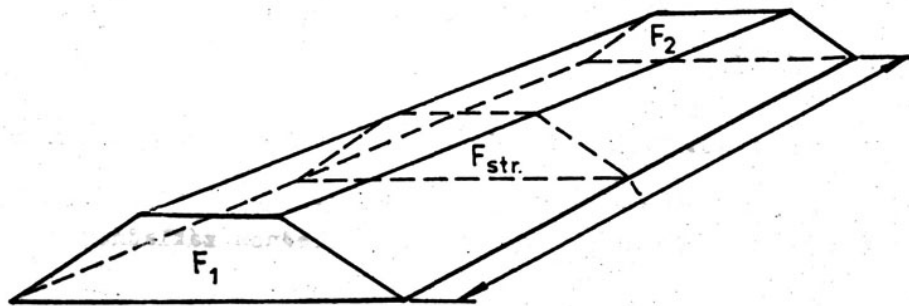
- Výsledná plocha bude potom predstavovať dve osobitné položky: $F_N = \sum_1^n f$ pre

násyp a $F_V = \sum_1^n f$ pre výkop.

$$F_N = f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n \quad [\text{m}^2] \quad (4.2)$$

$$F_V = f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n \quad [\text{m}^2] \quad (4.3)$$

Dnes pri výpočtoch pomáha výpočtová technika a výpočtové technológie. Ak je možné v mierke polohopisného a výškopisného výkresu vyznačiť profily v sklopení, dostaneme veľmi prehľadný obraz. Pri výpočte kubatúr sa oddelene sleduje plocha násypu a plocha výkopu každej figúry. Kubatúru sa počíta z priemeru plôch dvoch profilov ktoré sa nachádzajú vedľa seba a ich vzdialenosti (Obr. 11). Nerovnosti terénu medzi jednotlivými profilmi sa neberú do úvahy. Z tohto dôvodu vzniká nepresnosť pri výpočte kubatúr. Metódu je vhodné použiť všade tam, kde sa upravujú úzke, dlhé a priečne znázornené pruhy, ohraničené určitými výškami. Ako napr. priestory ulíc medzi regulačnými čiarami. Táto metóda je výhodná svojou jednoduchosťou a názornosťou. Upravovaná plocha je rozdelená na množstvo presne vymedzených figúr, vhodných na rozdelenie práce pri výstavbe.



Obr. 11 Určovanie kubatúr pomocou plochy stredného – priemerného profilu a vzdialenosti. (Krumphanzl, 1960)

Metóda má však aj svoje nevýhody. Pri najpodstatnejšej nevýhode ide o to, že profily sú vedené obyčajne v jednom smere a v každom profile sa terén vyrovnáva skoro samostatne a stráca sa tým plynulosť terénu v ploche. Ak by sme túto nevýhodu odstrániť, museli by sme riešiť sieť profilov pozdĺžnych a priečných so vzájomným vyrovnaním kót. To by značne skomplikovalo prácnosť tejto metódy. Medzi ďalšie nevýhody profilovej metódy patrí, že rezy neprebiehajú vždy smerom maximálneho spádu, čím sa skresľuje predstava.

Pre členitý terén je táto metóda nevhodná. Aby kubatúra bola lepšie vyjadrená, museli by sa profily voliť veľmi nahusto. Tým by však metóda stratila svoje prednosti a stala by sa namáhavou.

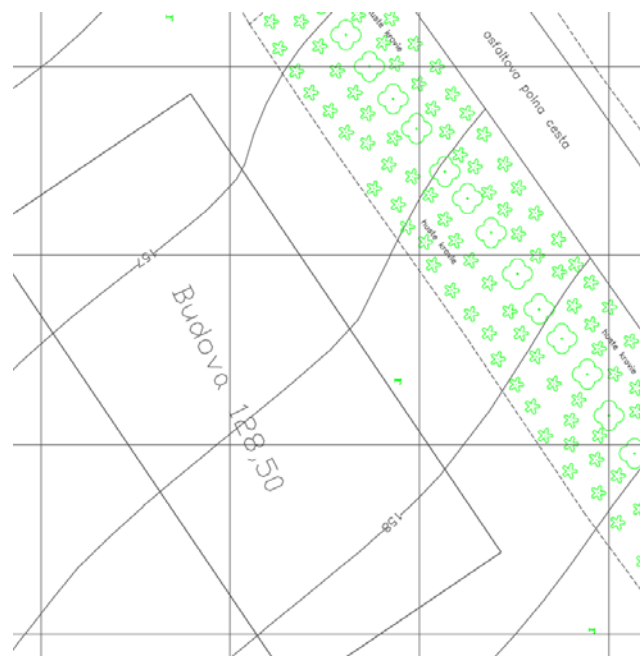
Okrem kubatúry násypov a výkopov je potrebné určiť plochu odhumusovania rovnako ako aj plochu násypových a výkopových svahov, aby sme zistili náklady pre tieto zemné práce.

Plochy počítame podobne ako kubatúry tak, že v priečných rezoch zistíme dĺžku násypového a výkopového svahu a dĺžku odhumusovania. Vynásobením strednej dĺžky vzdialenosťou susedných priečných rezov dostaneme plochu svahov odhumusovania. Kubatúra humusu sa počíta násobením celej plochy odhumusovania priemernou hrúbkou vrstvy, ktorá sa označuje čiarkovanou čiarou v priečných rezoch.

Výpočet kubatúr a plôch sa zostavuje kvôli prehľadnosti na osobitný formulár, tzv. hmotová tabuľka (Príloha 4). Vpisujú sa do nej plochy priečných rezov výkopov a násypov, šírky výkopových a násypových svahov a šírky odhumusovania. Stredné plochy a stredná šírky. Vynásobením stredných šírok a stredných plôch vzdialenosťou priečných rezov dostaneme plochu svahovania výkopu a násypu, plochu odhumusovania a kubatúru výkopu a násypu. Ak budeme považovať prebytky výkopu za kladné hodnoty a nedostatky násypu za hodnoty záporné, vypočítame postupným sčítaním prebytkov resp. nedostatkov celkový stav kubatúr od začiatku trasy ako súradnice súčtovej čiary kubatúr, ktorú nazývame *hmotnica*.

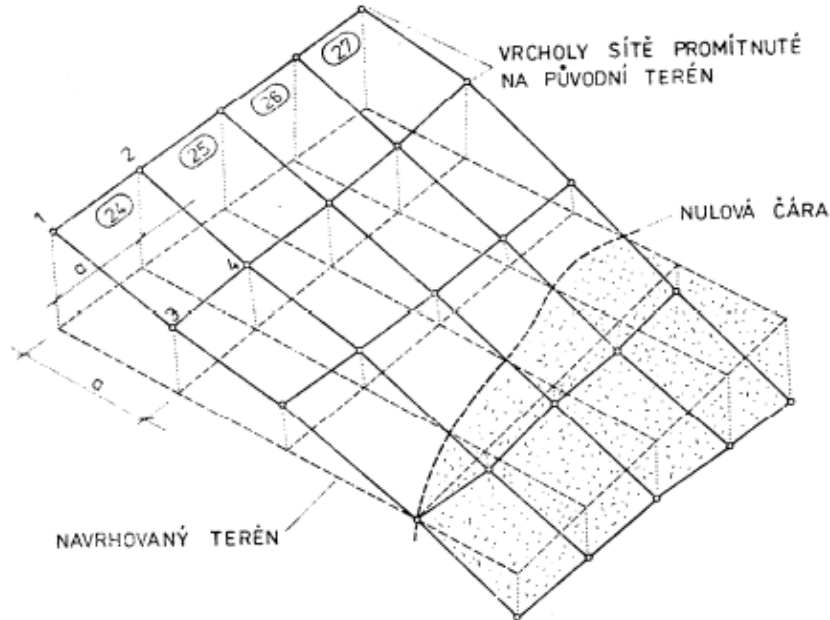
4.1.2 Metóda kartogramová (štvorcovej siete)

Pri tejto metóde sa jedná o vyznačenie nového terénu vrstevnicami vo výpočte kubatúr v štvorcovej mriežke (Obr. 12).



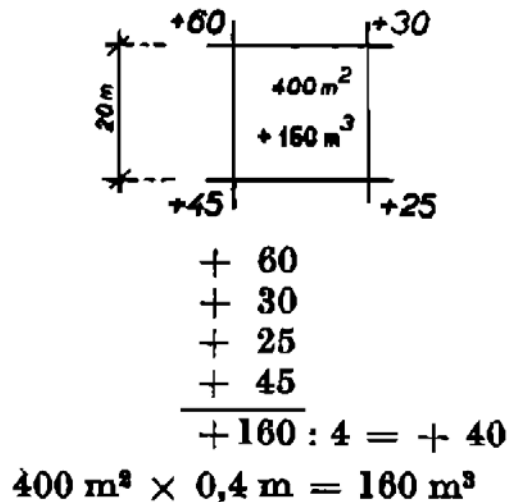
Obr. 12 Ukážka možného umiestnenia štvorcovej siete so stranou štvorca 10m vo výpočte kubatúr pri stavbe naprojektovanej budovy.

Umožňuje riešiť úpravy podrobne a v plnom rozsahu obyčajnou korekciou a zmenou vrstevníc pôvodného terénu tak, aby ich priebeh zodpovedal novému stavu. Pre výpočet kubatúry sa upravovaná plocha rozdelí súvislou sieťou štvorcov s dĺžkou spravidla 5–20 m (Obr. 13).

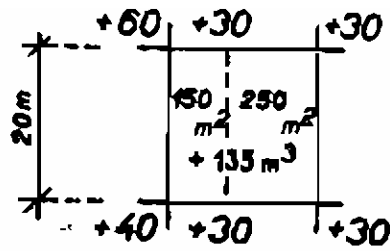


Obr. 13 Priestorový náčrt štvorcovej siete (Sanetrník, 1989).

Pôvodný terén vo vrcholoch štvorcov je buď zameraný, alebo sa kóty odvodené interpoláciou z vrstevníc. Kóty upraveného terénu v rohoch štvorcov zisťujeme vždy interpoláciou novo navrhovaných vrstevníc (vid' Obr. 5 a 7). V rovnomernom teréne sa kubatúra výkopov a násypov počíta z priemeru rozdielov pôvodného a upraveného terénu v rohoch štvorca a plochy štvorca (Obr. 14 a Obr. 15).



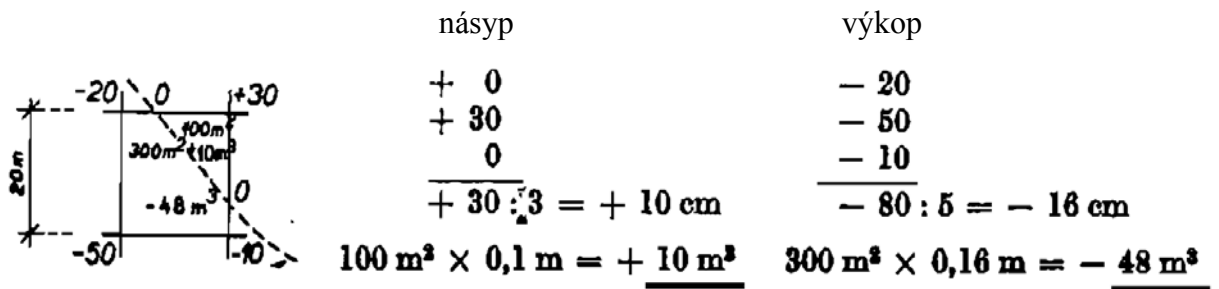
Obr. 14 Výpočet pomocou metódy štvorcovej siete (Čermák, 1960)



$$\begin{array}{r}
 150 \text{ m}^2 \times 0,4 \text{ m} = 60 \text{ m}^3 \\
 250 \text{ m}^2 \times 0,3 \text{ m} = 75 \text{ m}^3 \\
 \hline
 135 \text{ m}^3
 \end{array}$$

Obr. 15 Výpočet pomocou metódy štvorcovej siete (Čermák, 1960).

Výpočet sa tabulu je pre súčty rozdielov kót, čím odpadá počítanie priemerov. U vypuklých alebo vydutých plôch sa presnosť výsledku môže zvýšiť zavedením výškového rozdielu stredu štvorca do priemeru, a to dvojnásobnou váhou. Tým sa štvorec rozdelí na štyri diely, trojuholníky so spoločným vrcholom. V nerovnomernom teréne sa musí brať ohľad na lomy terénu na ploche štvorca. Pri lomoch terénu sa štvorec rozdelí na menšie geometrické obrazce a kubatúra sa počíta podobne z priemerov výškových rozdielov vo vrcholoch obrazcov a z ich plôch (Obr. 16).



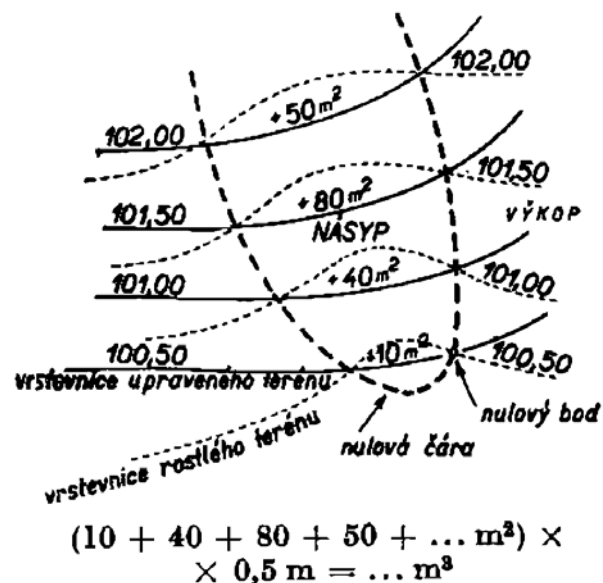
Obr. 16 Výpočet pomocou metódy štvorcovej siete (Čermák, 1960).

Výhodou tejto metódy je, že umožňuje vyriešiť terénne úpravy v plnom rozsahu a jednoduchým spôsobom pomocou vrstevníc, výpočet kubatúry je jednoduchý a rýchly. Štvorcová sieť sa ľahko vytyčuje, čo uľahčuje vykonanie prác a ich rozdeľovanie.

Metódu štvorcovej siete je vhodné využiť vo voľnom teréne a vo vnútri pravouhlých stavebných blokov, kde nie je nový terén rozrušený komunikáciami alebo inými zariadeniami. V nerovnomernom teréne výhody metódy rýchlo klesajú, a to hlavne vo výpočte kubatúr, kedy je nutné štvorec ďalej rozdeľovať.

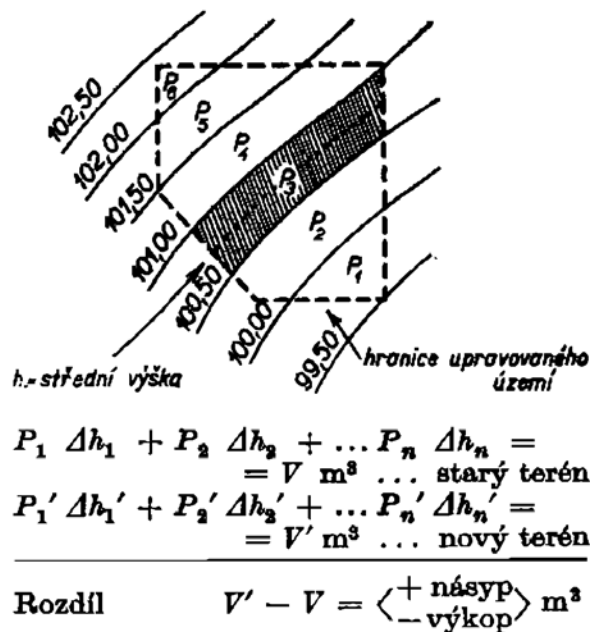
4.1.3 Metóda výpočtu kubatúr pomocou vrstevníc (vrstevnicová)

Pri použití tejto metódy sú úpravy terénu riešené novými vrstevnicami podobne, ako je to pri používaní štvorcovej siete. Pre výpočet kubatúr násypov a výkopov je treba stanoviť čiaru určujúcu rozhranie medzi výkopom a násypom podobne ako pri predchádzajúcej metóde. Vyhotovujú sa tak, že spojíme priesečky vrstevníc rovnakej výšky pôvodného a nového terénu. Nulové čiaru vyznačujú hranice jednotlivých násypových a výkopových figur. Výpočet kubatúr môžeme vykonať dvojitým spôsobom. Pri malých úpravách terénu sa vypočíta kubatúra tak, že plochy ohraničené vrstevnicami starého a nového terénu rovnakej výšky sa vynásobia vzájomnou vzdialenosťou tzv. odľahlosťou vrstevníc (Obr. 17).



Obr. 17 Výpočet pomocou vrstevnicovej metódy pri malých plochách (Michalčák, 1975).

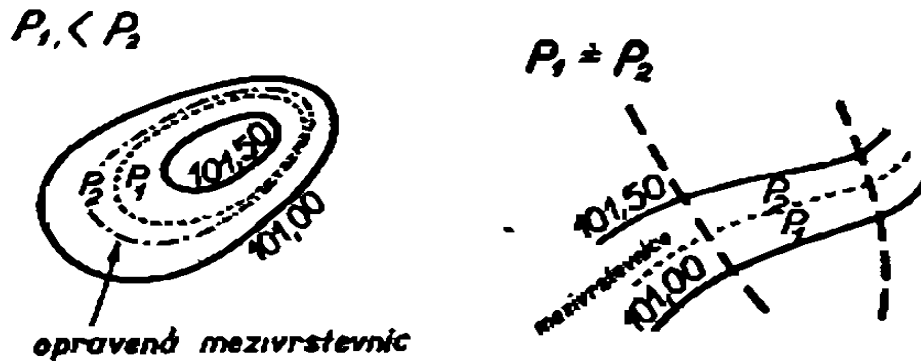
Plochy medzi vrstevnicami sa v minulosti zisťovali polárnym planimetrom tak, že po prejení prvej plochy sa prešlo po nulovej čiare na druhú plochu, z tej opäť po nulovej čiare na ďalšiu plochu atd. Dnes sa už na to využíva výpočtová technika. Získa sa tým naraz súčet plôch vo figúre (KRUMPHANZL, 1960).



Obr. 18 Výpočet pomocou vrstevnicovej metódy (Michalčák, 1975).

Ďalším spôsobom (Obr. 18) je samostatný výpočet kubatúr zemného telesa ohraničeného zarovnávacou rovinou a starým terénom, postupným násobením medzivrstevnicových plôch strednou výškou. To isté sa vykoná pre zemné teleso, ohraničené tou istou zarovnávacou rovinou a novým terénom. Rozdiel určuje žiadanú kubatúru.

Ak tvorí vrstevnicová plocha uzavretý pás (čo sa stáva zriedka) môže sa presnosť výsledku zvýšiť tým, že sa neberie do výpočtu priemerná výška oboch vrstevníc, ale výška myslenej medzivrstevnice, ktorá plošne rozdeľuje medzivrstevnicovú plochu (Obr. 19). Porovnanie s normálnym postupom (Obr. 17 a 18). Aby sa výpočet uľahčil, nepočítajú sa stredné výšky v nadmorských výškach, ale skrácujú sa o celé desiatky alebo stovky metrov.



Obr. 19 Tvorba mezivrstevnice (Krumphanzl, 1975)

Pri projektovaní sa nevyhneme zmenám v návrhu nových vrstevníc, preto často pomôže uvedený výpočet ľahko a dosť presne presuny zemín vyrovnat'. Vrstevnicové metódy sa používajú väčšinou v členitom teréne, kde ako metóda profilová, tak aj metóda štvorcovej siete skresľujú výsledky, pretože obe metódy nevystihujú všetky nerovnosti terénu tak dôkladne, ako je to pri vrstevniciach. Okrem presnosti je ďalšia výhoda vrstevnicovej metódy v tom, že sa výpočet kubatúry môže zverit' menej kvalifikovaným pracovníkom. Práca projektanta môže prakticky skončiť návrhom nových vrstevníc a rozdelením upravovaného územia do figúr. Zmeny návrhu nových vrstevníc sú pri tejto metóde jednoduché.

Nevýhodou vrstevnicovej metódy je jej nedostatočná znalosť a obvyklosť. Ďalšia nevýhoda je, že vyjadrenie všetkých terénnych zmien len pomocou vrstevníc je málo názorné pre technikov, ktorý vedú stavebné práce.

4.1.4 Metóda analytickej geometrie

Táto metóda predstavuje výpočet kubatúr pomocou rozdelenia výkopov a násypov na základné geometrické útvary. Výsledné kubatúry predstavujú súčet objemov telies v týchto položkách. Presnosť tejto metódy závisí od stupňa idealizácie telies.

4.1.5 Kótovacia metóda

Je to pôvodný a najľahší spôsob navrhovania úprav terénu. Princípom je označovanie lomov a dôležitých úrovní upraveného terénu výškovými kótami, ktoré dosiahneme priestorovou predstavou uvažovanej úpravy. Kubatúry sa zisťujú výpočtom

z priemerných výškových rozdielov pôvodného a novo navrhovaného terénu a plôch jednotlivých násypových alebo výkopových telies. Z dôvodu slabého znázornenia tejto metódy sa dá s úspechom použiť len na veľmi malých plochách, bez členitého terénu a obrazce sa musia dať plošne rozdeliť do jednoduchých geometrických tvarov. Kótovacie metódy používame často pri zadávacích projektoch k pretože výsledné kubatúry sú dosť podobné.

4.2 Voľba vhodnej metódy

Ak chceme porovnať uvedené metódy z hľadiska potrieb praxe, nemôžeme niektorej z nich vždy dávať prednosť pred ostatnými. Práve naopak odporúča sa voliť za rôznych podmienok rôznu metódu. Napr. pre úpravu najbližšieho okolia pozemných stavieb sa väčšinou nezaobíde bez profilov vo voľnom teréne bez vrstevnic a v pravidelných blokoch zástavby bez štvorcovej siete. Nové vrstevnice väčšinou zhotovujeme vo všetkých metódach jednak preto, aby bolo zabezpečené správne vyriešené plynulosti nového terénu a aby sa mohli zostrojiť nulové čiary, má vrstevnicová metóda najlepšie výhliadky na široké použitie a uplatnenie. Aby bola prijateľnejšia pre realizačné firmy, odporúča sa pre výsledný návrh vypracovať vytyčovacia schéma s uvedením vytyčovacích, situačných a výškových prvkov. Vytyčovacia schéma musí obsahovať prvky pre vytýčenie nulových čiar, lomov terénu a jednotlivých bodov nového terénu v jednoduchom systéme čiar, teda na spôsob profilov alebo siete. Stále rastúca obľúbenosť vrstevnicovej metódy sa prejavuje aj v cestnom staviteľstve, kde sa križovatky po výškovej stránke teraz stále väčšou mierou riešia vrstevnicami.

Záver

Výškové úpravy terénu sú neoddeliteľnou súčasťou investičnej výstavby. Ako súčasť zemných prác sa podieľajú na tvorbe nového rázu krajiny po estetickej, environmentálnej aj funkčnej stránke. Pri ich projektovaní sa musí prihliadať prevažne na novovzniknuté hydrologické pomery.

Ako súčasť zemných prác predstavujú pretváranie reliéfu zemského povrchu pri ktorom dochádza k presunom väčších či menších množstiev zeminy. Z hľadiska vhodnosti mechanizácie aj nákladovosti jednotlivých operácií je potrebné, čo najpresnejšie poznať objemy týchto zemných prác. Na výpočet týchto objemov v praxi využívame vrstevnicovú, kartogramovú, profilovú a geometricko – analytickú metódu. Každá z týchto metód je založená na inom princípe výpočtu a preto ich vhodnosť a presnosť ich použitia, ovplyvňujú najmä konkrétne podmienky a druh stavby.

Profilová metóda je využívaná najmä pri výpočtoch líniových stavieb, ktoré majú rovnaký priečny profil. Výhodou je ľahký a rýchly výpočet. Nevýhodou je to, že metóda nezohľadňuje terénne depresie medzi profilmi.

Kartogramová metóda nachádza uplatnenie pri výpočtoch na väčších plochách. Táto metóda je najviac využívaná pri výpočtoch pravouhlých objektov kde poskytuje ľahký výpočet. Nevýhodou je prácne spracovávanie pri častých nepravidelných terénnych depresiách.

Vrstevnicová metóda je zo spomínaných metód najpresnejšia a vysokú presnosť dosahuje aj v členitom teréne. Výhodou je aj to, že nie je veľmi náročná na spracovanie. Nevýhodou je slabá prehľadnosť návrhu.

Presnosť metódy analytickej geometrie spočíva v stupni idealizácie telies. Pri optimálnych tvaroch telies môže byť veľmi vysoká. Nevýhodou je malé využitie, nakoľko ideálne tvary sa v prírode takmer nevyskytujú.

Voľba vhodnej metódy pre stanovenie objemu zemných prác závisí predovšetkým od charakteru stavebného diela, charakteru terénu a realizovaných stavebných prác.

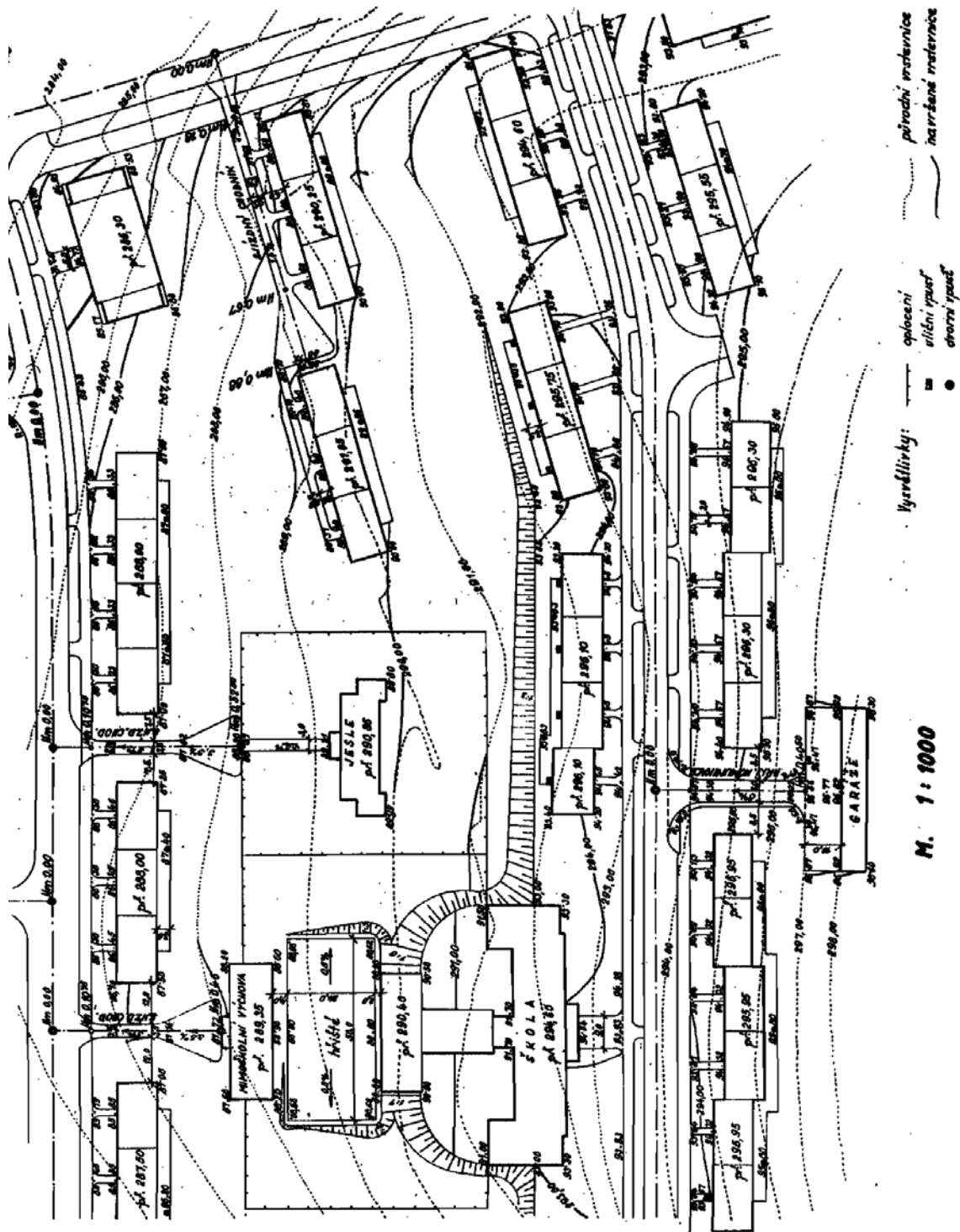
6 Zoznam použitej literatúry

1. KRUMPHANZL, Václav. a kol. 1960. *Projektování a vytyčování terénních úprav*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury Praha. 1960. 82 s.
2. KRUMPHANZL, Václav. a kol. 1959. *Inženýrská geodesie*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury Praha. 1959. 325 s.
3. KRUMPHANZL, Václav - MICHALČÁK, Ondrej . 1975. *Inženýrská geodezie II* . Praha: Kartografie Praha 1975. 508 s.
4. SANETRŇÍK, J. a kol. 1989. *Terénní úpravy*. Brno: ediční středisko VŠZ v Brne. 1989. 272 s. ISBN 55-935-89
5. KRUMPHANZL, V. *Inženýrská geodézie I. Základy vytyčovacích prací*. Celostátní učebnice. Praha: Státní nakladatelství technické literatury Praha. 1966. 141 s.
6. KRUMPHANZL, V. , CHRAMOSTA, P. , JELÍNEK, A. a NYKODYM, E. : *Projektování a vytyčování terénních úprav*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury Praha. 1960. 82 s.
7. STN 73 3050: 1987, *Zemné práce*.
8. STN 73 0421: 1986, *Presnosť vytyčovania stavebných objektov s priestorovou skladbou*.
9. STN 01 3419: 1987, *Vytyčovací výkresy stavieb*.
10. *Učebné materiáli k predmetu terénne úpravy na FZKI, SPU v Nitre*. 2010 [online] Nitra 2010 : Ľubomír Konc, aktualizované 2010., Dostupné na: <<http://fzki.uniag.sk/02FacultyStructure/02Departments/KKI/01Education/01lkfld/02lkfld/04lkfld/>>.
11. ZÁKON č. 50/1976 Zb. Federálne zhromaždenie ČSSR zo 27. apríla 1976 o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon).
12. ZÁKON č. 219/2008 Zb. Národná rada Slovenskej republiky z 21. mája 2008 ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 220/2004 Z. z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona č. 245/2003 Z. z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení zákona č. 359/2007 Z. z.
13. ŽALUD, J. 1952. *Zemní práce a jejich provádění*. Praha : Práce – vydavatelstvo ROH, 1952. 191 s.

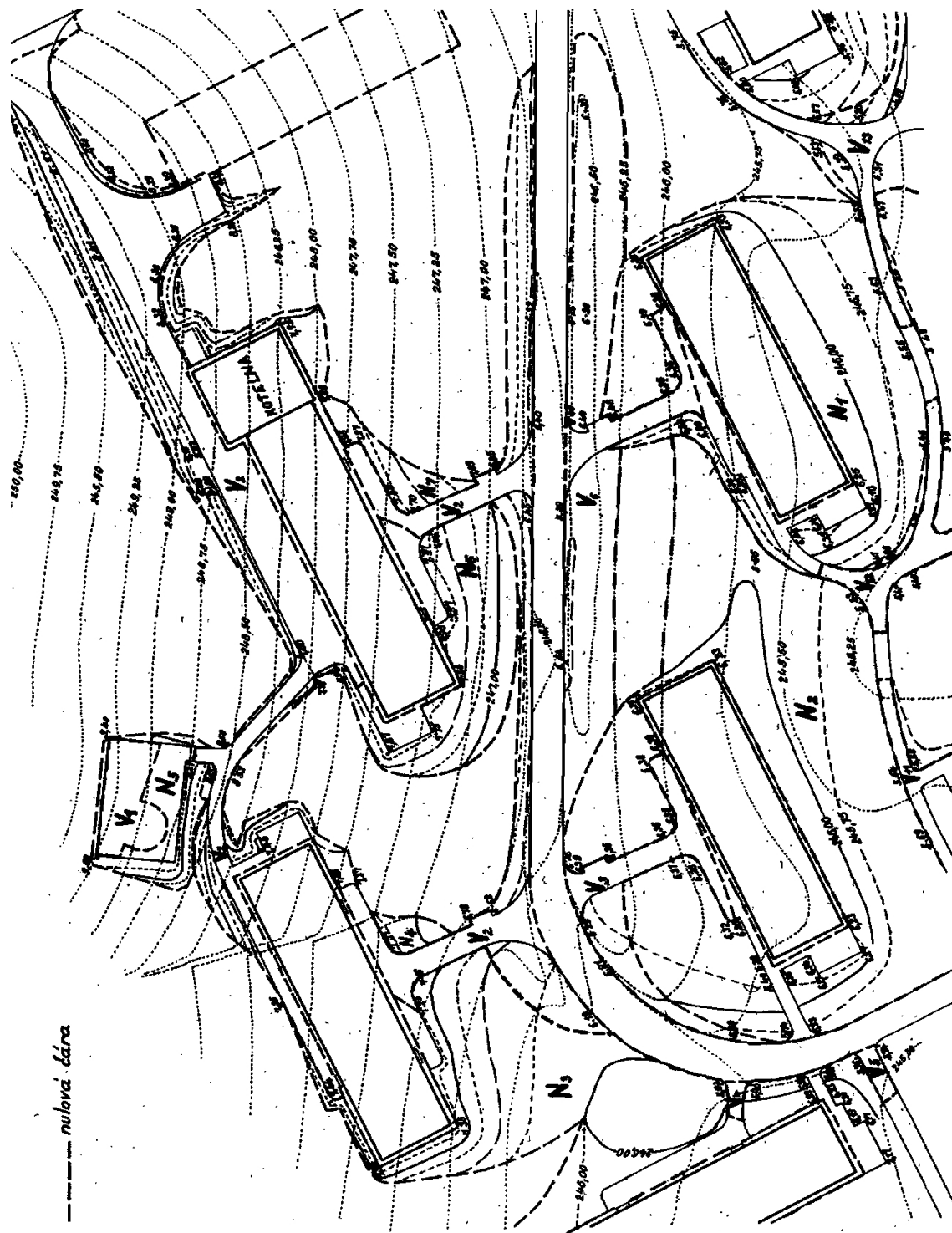
-
14. RYŠAVÝ, J. 1960. Geodetická příručka. Praha : Státní nakladatelství technické literatury Praha. 1960. 700 s.

7 Prílohy

- Príloha 1: Ukážka polohopisného a výškopisného plánu – výsek .
- Príloha 2: Ukážka návrhu hrubých terénnych úprav.
- Príloha 3: Ukážka návrhu nového terénu M 1:500.
- Príloha 4: Výkaz kubatúr zemných prác (hmotová tabuľka).
- Príloha 5: Obr. 7.1 Vytýčenie výšky bodu PBP pomocou terénneho kolíka a výškovej laty.
- Obr. 7.2 Profilovanie výškovej úpravy (násypu) cesty.
- Obr. 7.3 Výšková značka pre vytýčenie hĺbky výkopu.
- Príloha 6: CD – ROM (elektronická forma bakalárskej práce vo formáte *.pdf)



Priloha 1: Ukázka polohopisného a výškopisného plánu – výsek (Krumphanzl, 1960).



Príloha 3: Ukážka návrhu nového terénu M 1:500 (Krumphanzl, 1960).

číslo profilu	staničenie profilov	plochy		nevyrovnané plochy		vyrovnané plochy	stredné plochy		vzdialenosť pričných rezov	kubatúry		pričný rozvoz	prebytok výkopu	nedostatok násypu
		výkop	násyp	výkop +	násyp -		výkop	násyp		výkop	násyp			
	km	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³
A	B	C	D	C	D		E	F	G	H	I	J	K	L
						E9=(D9-C9)	E10=(C9+D10)/2	F10=(D9+D10)/2	G10=(B10-B9)*1000	H10=(E10*G10)/1000	I10=(F10*G10)/1000	J10=(MIN(H10;I10))	K10=(H10-J10)	L10=(I10-J10)
I	0,000	0,13	6,54	0,13	-6,54	-6,4								
II	0,040	1,97	0,1	1,97	-0,1	1,9	1,1	3,3	40	42,0	132,8	42,0	0,0	90,8
III	0,080	4,44	3,96	4,44	-3,96	0,5	3,2	2,0	40	128,2	81,2	81,2	47,0	0,0
IV	0,120	2,16	5,8	2,16	-5,8	-3,6	3,3	4,8	40	132,0	195,2	132,0	0,0	63,2
V	0,160	0,96	5,16	0,96	-5,16	-4,2	1,6	5,5	40	62,4	219,2	62,4	0,0	156,8
VI	0,200	1,28	3,28	1,28	-3,28	-2,0	1,1	4,2	40	44,8	168,4	44,8	0,0	123,6
VII	0,240	14,14	0	14,14	0	14,1	7,7	1,6	40	308,4	65,2	65,2	243,2	0,0
VIII	0,280	8,03	7,33	8,03	-7,33	0,7	11,1	3,7	40	443,4	146,6	146,6	296,8	0,0
IX	0,320	1,77	5,94	1,77	-5,94	-4,2	4,9	6,6	40	196,0	265,4	196,0	0,0	69,4
X	0,360	1,68	3,22	1,68	-3,22	-1,5	1,7	4,6	40	69,0	183,2	69,0	0,0	114,2
XI	0,400	6,51	0	6,51	0	6,5	4,1	1,6	40	163,8	64,4	64,4	99,4	0,0
									spolu	1 590,0	1 521,6	903,6	686,4	618,0

Príloha 4: Výkaz kubatúr zemných prác (hmotová tabuľka)



Obrázok 7.1 Vytýčenie výšky bodu PBP pomocou terénneho kolíka a výškovej laty



Obrázok 7.2 Profílovanie výškovej úpravy (násypu) cesty.



Obrázok 7.3 Latový profil pre vytýčenie hĺbky výkopu