



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



**Rapport**

**R30:1972**

TEKNIKA HOGSKOLAN I LUND  
SEKTIONEN FOR VAG- OCH VATTEN  
BIBLIOTEKET

**Koordinater  
i bebyggelseprocessen**

**Bo G. Hallmén**

**Byggforskningen**

# Koordinater i bebyggelseprocessen En samordnad lägesorientering

Bo G. Hallmén

Rapporten påtalar behovet av en fullständig och – så långt det går – standardiserad lägesbeskrivning av terräng, byggnader och byggnadsdetaljer.

Härigenom effektiviseras inte bara utsättningstekniken utan även volymbereäkning, mängdberäkning, planering, uppföljning, inmätning av relationsritningar, konstruktion av perspektivritningar osv.

I rapporten behandlas bl. a. följande problem.

1. De nya geodetiska instrumenten har gjort det möjligt för "vanligt" folk att utföra avancerad mätning. Detta är dock inte helt riskfritt.
2. S.k. digitala terrängmodeller har utvecklats på flera håll. En viss standardisering av olika system bör eftersträvas för bättre flexibilitet vid användning av olika program.
3. En lägesorienterad mängdbeskrivning skulle möjliggöra en annorlunda planeringsteknik på arbetsplatsen.

Med en ökad grad av prefabricering har byggplatsen mer och mer blivit en hopsättningsindustri, där effektiviteten i första hand är beroende av väl fungerande materialtransporter och god passform vid hopsättningen.

I denna utredning skall påvisas hur tillgången till modern geodetisk utrustning och lätthanterlig datateknik verksamt kan bidra såväl till en integrering av byggprocessens olika skeden som till en ökad precision i hanteringen. Med ökad precision avses då såväl precisionen i mängdernas uppskattade storlekar som precisionen i deras geografiska lokalisering.

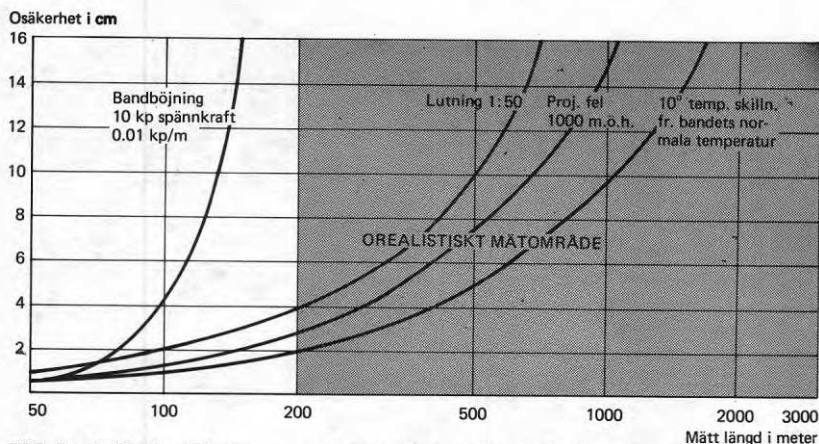


FIG. 2. Osäkerhetsfaktorernas storleksordning vid längdmätning med mätband.

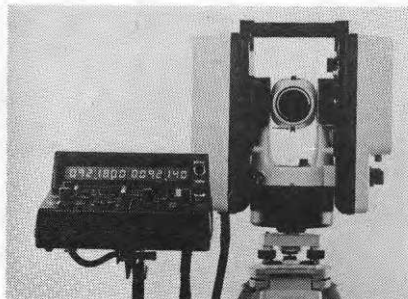


FIG. 1. Elektroniskt kombinationsinstrument för längd- och vinkelmätning.

## Mätinstrument och datateknik

En lång rad avgörande förbättringar i de geodetiska instrumentens konstruktion har under senare år på ett markant sätt vidgat dessa instruments användbarhet och gjort mätningstekniken lättare tillgänglig för "vanliga" ingenjörer.

Vinkelinstrumenten har fått ett robustare och enklare utförande. För exakt längdmätning över större avstånd har specialinstrument konstruerats. För höjdsättning spelar laserstrålen redan en avgörande roll.

Eftersom beräkningsspecialisten nu kan vara en dator – tillgänglig över telefon eller i form av arbetsplatsens egen bordsdator – kan också polygontågsberäkning, beräkning av inskärning med överbestämning, beräkning av utsättningsdata osv. göras automatiskt utan djup fackkunskap.

## Kringutrustningar

För att på enklaste sätt integrera mättnings- och beräkningsteknik utvecklas nu olika s.k. kringutrustningar för datorer och mätinstrument.

# Byggforskningen Sammanfattningar

R30:1972

Nyckelord:

databelhandling, bebyggelseprocessen, koordinater, dataprogram, instrument (mätning, ritning), numeriska terrängmodeller

Rapport R30:1972 avser anslag E 713 från Statens råd för byggnadsforskning till civilingenjör Bo G. Hallmén, Ingenjörfirman Markdata AB, Solna.

UDK 025.4:69

528.5

69.054

69.057.1

SfB A

ISBN 91-540-2048-4

Sammanfattning av:

Hallmén, B G, 1972, *Koordinater i bebyggelseprocessen, En samordnad lägesorientering*. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R30:1972, 106 s., ill. 21 kr.

Rapporten är skriven på svenska med svensk och engelsk sammanfattning.

Distribution:

Svensk Byggtjänst  
Box 1403, 111 84 Stockholm.  
Telefon 08-24 28 60

Grupp: byggnadsprojektering

För automatisk datainsamling utrustas mätinstrument med stansaggregat. I många år har sådana stansar utnyttjats vid fotogrammetrisk mätning i stereoinstrument liksom vid mätning i s.k. linjeföljare. Linjeföljaren är ett instrument med vars hjälp ritningar kan "avpekas" och översättas till siffervärden (digitaliseras). Instrumentet används exempelvis för digitalisering av nivåkartor vid massberäkning, av VA-ritningar vid utsättning, av planritningar vid mängdberäkning osv.

För enkel åtkomst av datakraft utvecklas dels datakommunikationssystem för kontakt med större datacentraler, dels bordsdatorer för lokal beräkning på konstruktionskontor och byggarbetsplatser.

För den grafiska resultatpresentationen slutligen utvecklas automatiska ritapparater.

### En anläggnings olika skeden

I denna utredning påvisas möjligheterna till ett integrerat utnyttjande av mätningsteknik och datorkraft genom byggprocessens olika skeden.

I ett tänkt, utbyggt system fungerar tekniken enligt följande.

Under *planskedet* kan den blivande anläggningen grovt beräknas med hjälp av i första hand linjeföljare och datorkraft. I linjeföljaren avpekas nivåkartor och anläggningsritningar. En grov massberäkning kan genomföras liksom en grov utsättning för kontroll i marken. Perspektivbilder kan konstrueras. En första kostnadsberäkning kan utföras.

Under *projekteringsskedet* genomförs den huvudsakliga datainsamlingen och databehandlingen. Lokala polygonpunkter mäts in och beräknas. Den digitala terrängmodellen konstrueras och lagras i datorn. Den nya anläggningen likaså. Volymberäkningar genomförs. Lägesorienterade mängdförteckningar framtages. Perspektivbilder konstrueras. Tabeller för en första utsättning beräknas.

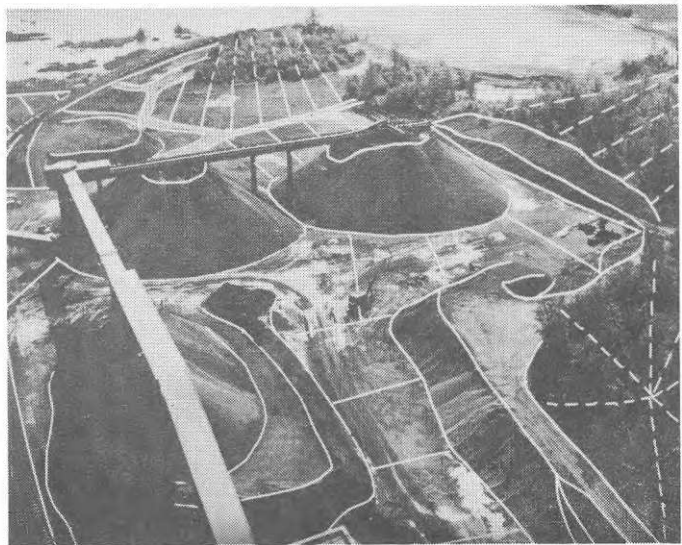


FIG. 4. De vita linjerna representerar den numeriska terrängmodell som inmätts och lagrats i en dator för senare beräkningar.

Under *byggnadsskedet* används den lägesorienterade mängdförteckningen för anbudsberäkning och planering. Polygonpunkter revideras. Utsättningsdata nyräknas. Terrängmodellen utnyttjas för ändringsberäkning och massreglering. Den under arbetets gång uppdaterade mängdförteckningen utnyttjas för materialbeställning, utförandekontroll och planering. I tillämpliga delar inmätts den nya anläggningen för informationslagring i s.k. databanker. Det kan exempelvis gälla kvarvarande polygonpunkter, anläggningar under mark, inmätta digitala terrängmodeller osv.

Under *förvaltningsskedet* slutligen kan databankernas sparade information utnyttjas för nyprojektering och underhåll. Erfarenhetsdata från planering kan användas för kommande kalkyler och byggnation.

### Några viktiga frågor

I utredningen pekas på vissa frågor av speciell betydelse.

1. De nya fältinstrumenten har mycket stor räckvidd. Det finns en risk att "vanligt" folk börjar mäta på avstånd

där jordkrökning, atmosfäriska störningar o.d. märkbart påverkar resultatet. Det är nödvändigt att informera alla inblandade om de maximala "korrektionsfria" mätområdena.

2. De programsystem för digitala terrängmodeller som utvecklats på olika håll i Sverige är tyvärr ej integrerade sinsemellan. I denna rapport ges ett förslag till en standardiserad kopplingspunkt mellan systemen. Eftersom en terrängmodell ofta används under både fem och tio år, synes det alldeles nödvändigt att kunna frigöra modellen från det system i vilket det ursprungligen lagrades.

3. Den digitala terrängmodellen bör varudeklaras. Eftersom samma terrängmodell ofta får följa en anläggning under flera år, är det nödvändigt att veta dess ursprung. Dataunderlag. Punkttäthet. Inmätningsskema. Osv.

4. I utredningen påtalas tvivelsmål angående riktigheten av att låta datorn optimera anläggningens plan- och höjdläge med avseende på markhanteringskostnaderna. Eftersom endast ett fåtal av aktuella optimeringskriterier kan byggas in i ett program, blir risken stor att användaren blint litat på datorns "orakelsvar" och bortser från utanför liggande, kanske mer väsentliga kriterier.

5. Behovet av lägesorienterade mängdbeskrivningar påpekas. En sådan lägesorientering skulle underlätta produktionskalkylen, planering och uppföljning.

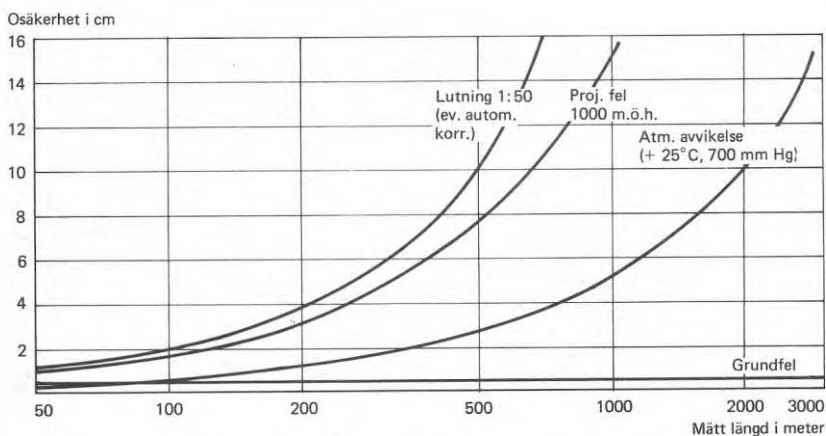


FIG. 3. Osäkerhetsfaktorernas storleksordning vid längdmätning med elektroniskt längdmätinstrument.

# Coordinates in the building process A coordinated locational orientation

Bo G. Hallmén

This report points out the need for a complete and – insofar as possible – standardized locational description of terrain, buildings and building parts and components.

In addition to improving the efficiency of setting-out procedures, this would facilitate the calculation of quantities and enclosed volumes; planning; follow-up; measuring up for archive drawings; construction of perspective drawings; etc.

This report discusses, among other things, the following problems:

1. The fact that new geodetic instruments have made it possible for "ordinary" personnel to carry out advanced measurement procedures, and that this entails a certain amount of risk.
2. So-called digital terrain models have been developed at several places. A certain standardization of different systems should be sought in order to provide more flexibility in the use of the different programs.
3. Locationally-oriented bills of quantity complete with specifications would make possible different on-site planning techniques.

As prefabrication continues to make impressive gains, the construction site has, more and more, come to resemble an assembly plant where efficiency is primarily dependent upon good materials handling procedures and good fits between the parts and components being assembled.

This investigation will illustrate how the availability of modern geodetic equipment and easily-handled data processing techniques can contribute actively to both an integration of the different phases of the building process and to better materials-handling precision. The phrase "materials-handling precision"

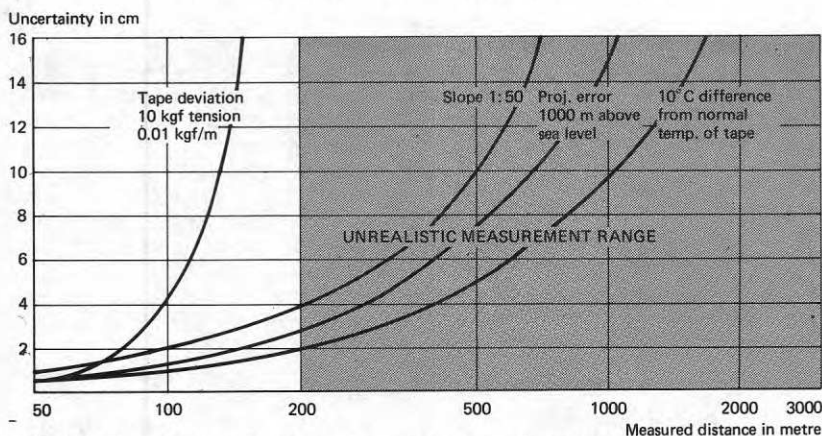


FIG. 2 Order of magnitude of uncertainty factor inherent in distance measurement using a measuring tape.

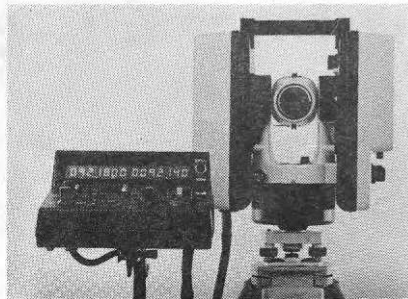


FIG. 1 Electronic combination instrument for measuring distances and angles.

as used here refers to both the accuracy of quantity estimates and to the accuracy of locating these quantities geographically.

### Measuring instruments and data processing techniques

An extensive series of significant improvements in the design and construction of geodetic instruments has, during recent years, augmented the usability of these instruments markedly, thereby simplifying measuring techniques and making them more readily accessible to "ordinary" engineers.

Angle instruments feature simpler, sturdier designs and constructions. Special instruments have been designed for exact long-distance measurement. Laser beams are already dominating the picture for setting out levels.

Since the calculation specialist can now be a computer – either accessible via telephone or a minicomputer located on-site – the calculation of polygon traverses, resecting with redundant determination, calculation of setting out data, etc. can be carried out automatically by personnel lacking in-depth specialized knowledge.

## National Swedish Building Research Summaries

R30:1972

Key words:

data processing, building process, coordinates, data processing program, instrument (measurement, plotting), numeric terrain models

Report R30:1972 was financed by grant E 713 from the Swedish Council for Building Research to Bo G. Hallmén of Ingenjörfirman Markdata AB, Solna, Sweden

UDC 025.4:69  
528.5  
69.054  
69.057.1  
SfB A  
ISBN 41-540-2048-4

Summary of:

Hallmén, B G, 1972, *Koordinater i bebyggelseprocessen. En samordnad lägesorientering*. Coordinates in the building process. A coordinated locational orientation. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Report R30:1972, 106 p., ill. Sw. Kr. 21.

The report is in Swedish with summaries in Swedish and English.

Distribution:

Svensk Byggtjänst  
Box 1403, S-111 84 Stockholm  
Sweden

## Peripheral equipment

In order to integrate measuring and calculation techniques in the simplest possible manner, different types of peripheral equipment are now being developed for computers and measuring instruments.

Measuring instruments are being equipped with tape punch units so that data can be acquired automatically. This type of punch unit has been in use for many years in stereo instruments used for photogrammetric measurements and in connection with measurements carried out using line followers. The line follower is an instrument that can be used to digitalize points on drawings, thus converting them to numerical values. Line followers are used for digitalizing: a) contour maps in connection with cube calculations; b) water line and sewer drawings in connection with setting out work; and c) plan drawings in connection with the calculation of quantities – to cite three examples.

In order to simplify access to data processing equipment, data communication systems that provide contact with large data processing centres are being developed as well as minicomputers that can be used locally in construction company offices and at work sites.

Automatic plotters are being developed that can present results graphically.

## Different phases of a construction project

This report presents the possibilities of integrated utilization of measuring techniques and data processing equipment throughout the different phases of a construction project.

In an imaginary, well-developed system, this technique might involve following procedures:

During the *planning phase*, rough estimates for the project are prepared using, primarily, a line follower and data processing equipment. The line follower is used to digitalize points on contour maps and drawings of the project. Rough cube calculations are made and a rough setting out procedure is used to make an on-site check of soil conditions.

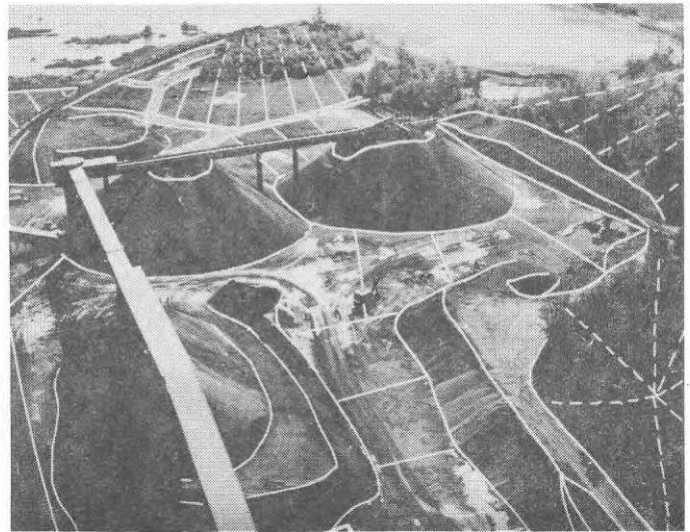


FIG. 4 The white lines represent the numeric terrain model that has been measured up and stored in a computer for use in subsequent calculations.

Perspective views can be constructed. A preliminary cost estimate can be made.

During the *design phase* the major portion of the data is acquired and processed. Local polygon points are measured up and calculated. The digital terrain model is prepared and stored in the computer. Moreover, the project itself is digitalized and stored in the computer. Enclosed-volume calculations are carried out. Locationally-oriented bills of quantities are prepared. Perspective views are constructed. Tables for the initial setting out are calculated.

During the *construction phase* the locationally-oriented bills of quantities are used to make calculations associated with tenders and planning. Polygon points are revised. Setting out data is recalculated. The terrain model is utilized for calculating changes and for establishing a cube balance. The bills of quantities that are updated as work proceeds are utilized for ordering materials, for checking completed construction and for planning. Wherever suitable, the new project is measured up and the data thus acquired is stored in data banks. This can apply, for example, to remaining polygon points, underground structures, measured-up digital terrain models, etc.

During the *administrative phase* the information saved in the data banks can be utilized for new design work and for maintenance. Data acquired in connection with the experience gained in planning the project can be used for future estimates and projects.

## Several important questions

Certain questions of special importance were brought up in this investigation.

1. The new field instruments have a very wide range. There is risk that "ordinary" personnel will commence to take measurements at distances where the curvature of the earth, atmospheric disturbances and the like will have a significant effect on results. It is necessary to inform all concerned of the maximum "correction-free" measurement ranges.
2. The program systems for digital terrain models that have been developed at different places in Sweden are, unfortunately, not mutually integrated. This report presents a proposal for a standardized interface that will enable these systems to be used together. Since terrain models are often used during five or ten years, freeing the model from the system in which it was originally stored would seem absolutely essential.
3. Digital terrain models should be provided with some sort of "informative label". Since the same terrain model is frequently associated with a particular project for a number of years, it is necessary to know its origin. Data source material. Point density. Measuring method. Etc.
4. The report of the investigation expresses some doubt about the advisability of permitting a computer to optimize the plan and profile location of the project with regard to earth handling costs. Since only a few of the relevant optimization criteria can be built into a program, there is considerable risk that the user will rely blindly on the "wisdom" of the computer, and disregard external criteria that are perhaps of more importance.
5. The need for locationally-oriented bills of quantity complete with specifications is pointed out. Such locational orientation would facilitate production estimates, planning and follow-up.

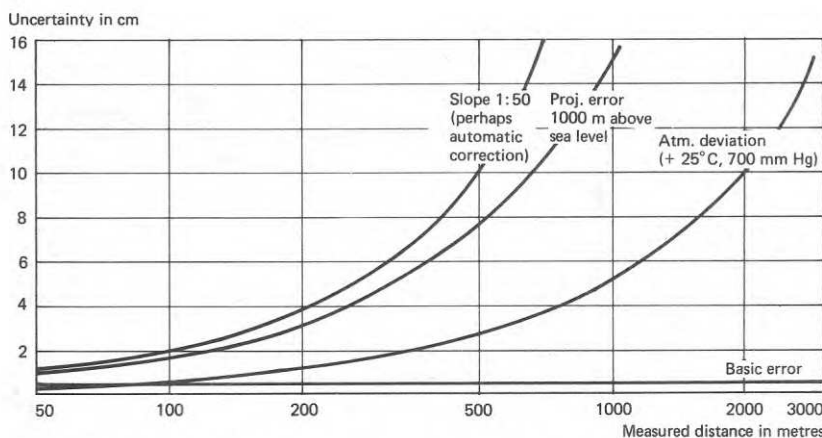


FIG. 3 Order of magnitude of uncertainty factor inherent in distance measurement using an electronic distance-measuring instrument.

Rapport R30:1972

KOORDINATER I BEBYGGELSEPROCESSEN

En samordnad lägesorientering

COORDINATES IN THE BUILDING PROCESS

A coordinated locational orientation

av Bo G. Hallmén

Denna rapport avser anslag E 713 från Statens råd för byggnadsforskning till Bo G. Hallmén, Ingenjörfirman Markdata AB, Solna. Försäljningsintäkterna tillfaller fonden för byggnadsforskning.

Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm  
ISBN 91-540-2048-4

Rotobekman Stockholm 1972



## INNEHÅLL

<u>KOORDINATER I BEBYGGELSEPROCESSEN</u>	7
INLEDNING	7
TEKNISKA HJÄLPMEDEL	10
Geodetiska instrument	10
Datorer	11
Grafisk utrustning för datafångst och resultatpresentation	11
BEBYGGELSEPROCESSENS SKEDEN	13
Planskede	13
Projekteringsskede	15
Byggskede	25
Förvaltningskede	28
<u>TEKNISK BILAGA 1</u>	29
MÄTNINGSTEKNIK	29
Allmänt	29
Rikets koordinatsystem	30
Något om polygontåg och andra referenspunkter	37
Något om utsättningsteknik	38
Något om lokala koordinatsystem	39
Något om toleranser	40
Något om höjdutsättning	41
<u>TEKNISK BILAGA 2</u>	44
NUMERISKA TERRÄNGMODELLER	44
Allmänt	44
Den numeriska terrängmodellen för ursprunglig mark	45
En standardiserad terrängmodell	48
Kvalitetsdeklarerade terrängmodeller	53
Den numeriska terrängmodellen för färdig anläggning	54
Något om tillämpningsberäkningar	59
<u>TEKNISK BILAGA 3</u>	62
MASSBERÄKNING ELLER MASSOPTIMERING	62
<u>TEKNISK BILAGA 4</u>	67
DATABANKER	67
Allmänt	67
Databank för befintligt kartmaterial	68
Databank för befintliga numeriska terrängmodeller	68
Databank för utförda markundersökningar	69
Databank för vissa anläggningsdetaljer	69
<u>PROGRAMBILAGA</u>	71
PLANERINGSSKEDET	71
Program för beräkning av kommunala kostnader	71
Program för beräkning av preliminära massor och mängder	71
Program för grov utsättning	71
Program för uppritning av perspektiv	72

PROJEKTERINGSSKEDET	72
Mätningstekniska program	72
Koordinatberäknade program	73
Program för koordinattransformation	74
Terrängmodellprogram	74
Terrängmodellens tillämpningsprogram	76
BYGGNADSSKEDET	77
Mätningstekniska program	77
Massberäkningsprogram	77
Mängddatabank	77
Program för lagring av "numeriska relationsritningar" i databank	77
FÖRVALTNINGSSKEDET	78
Program för erfarenhetsåtervinning ur befintliga databanker	78
<u>INSTRUMENTBILAGA</u>	79
VINKELMÄTNINGSINSTRUMENT (TEODOLIT)	80
KOMBINATIONSSINSTRUMENT FÖR NOGGRANN LÄNGD- OCH VINKELMÄTNING	81
HÖJDAVVÄGNINGSINSTRUMENT	82
LASERINSTRUMENT FÖR HÖJDAVVÄGNING (AGA)	83
STEREOINSTRUMENT	84
LINJEFÖLJARE	85
AUTOMATISKA RITAPPARATER	86
TELEFONTERMINAL	87
DATACENTRALER	88
BORDSDATORER	89
<u>RITNINGSBILAGA</u>	90
Ritning 1. Nivåkarta som underlag för grov massberäkning	91
Ritning 2. Kontrollritning av den från ritning 1 "avpe- kade" terrängmodellen	92
Ritning 3. Exempel på interpolerade och automatiskt upp- ritade sektioner ur terrängmodellen från rit- ning 1	93
Ritning 4. Avvägningsprotokoll för fältmätt terräng- modell	94
Ritning 5. Kontrollritning av den från ritning 4 avvägda terrängen	95
Ritning 6. Nivåkarta som automatiskt konstruerats ur av- vägningsdata enligt ritning 5	96
Ritning 7. Ritning av färdig anläggning avseende mark- arbeten	97
Ritning 8. Kontrollritning av projekterad anläggning	98

Ritning 9.	Automatiskt uppritade sektioner genom mark och anläggning	99
Ritning 10.	Längdprofil interpolerad och automatiskt uppritad	100
Ritning 11.	Schaktplan	101
Ritning 12.	Perspektivbild	102
LITTERATUR		103
CAPTIONS		104

## FÖRORD

Materialet till denna utredning har dels hämtats från den litteratur som redovisas i rapporten dels från en lång rad diskussioner som förts mellan undertecknad och civilingenjör Torsten Grennberg under åren 1963-1971. Speciellt i samband med utbyggnaden av genomfartsleden i Borås har metoderna för massberäkning via terrängmodell samt utsättning med hjälp av datateknik skisserats och i någon mån testats. Ävenledes har frågan om lägesorienterade mängdberäkningar ventilerats i dessa sammanhang och befunnits ytterligt väsentliga för framtida produktionskalkyler. Tyvärr har denna del av problematiken liksom vissa frågor rörande digitala terrängmodeller ej kunnat beröras så detaljerat som skulle varit önskvärt, varför författaren rekommenderar ett fortsatt studium av dessa avsnitt.

Stockholm den 1 december 1971.

Bo Hallmén

## KOORDINATER I BEBYGGELSEPROCESSEN

### INLEDNING

Låt oss inleda med några exempel på vad som kan hända i en illa samordnad byggprocess.

1. Gatan är just asfalterad när Televerkets gubbar tvingas bryta upp körbanan för att få ned en bortglömd ledning.

Anledning: Det saknas idag möjligheter till tvärkontroll inom visst geografiskt bestämt område på byggsplatsen, alltså en möjlighet att före asfaltering få svar på frågan: "Är allt utfört på denna punkt?"

2. Vägmärkesportalen över körbanan måste svetsas på, eftersom avståndet mellan fundamenten råkade bli 14,2 m istället för förutsedda 14,0 m.

Anledning: Fundamenten var felaktigt angivna på ritningen. Där stod visserligen 20 cm utanför kantsten, men eftersom fundamenten skall sättas ned före kantstenen tvingades byggaren göra en egen, kanske primitiv koordinatberäkning. Det är ofta bråttom på bygget. Nyräkningar blir ofta felräkningar.

3. 20 % av grävmaskinparken står stilla en dag. Utsättning av vägmitt eller av det svängda huslivet kunde inte genomföras enligt planerna, eftersom projektörens polygonpunkter försvunnit. Utläggning av nya punkter och beräkning av dessa tar tid även med datateknikens hjälp.

Anledning: Det har på byggsplatsen inte funnits effektiva metoder för att anpassa utsättningsarbetet till dagsläget. Förpreparerade utsättningshandlingar stämmer sällan med verklighetens problem.

4. Halva staden är utan telefon en annan dag. En kabel har grävts av.

Anledning: Bristande noggrannhet i lägesbeskrivningen på befintliga anläggningar under mark.

5. Ett jobb på kritiska linjen sprack. Materialbeställningen hade missat i någon detalj. Jobbet kunde inte fortsätta förrän kompletteringsbeställningen avklarats.

Anledning: Svårigheten att manuellt kunna överblicka alla konsekvenser - exempelvis ur materialleveranssynpunkt - när arbetet igångsätts inom ett visst geografiskt lokaliserat område.

6. Det är synd att den allra största missen inte syns. Tänk om beställaren visste att det har flyttats 150000 m<sup>3</sup> massor i onödan för 7 kr per m<sup>3</sup>.

En anledning: De första volymeräkningarna kommer ofta in på ett för sent stadium. Arkitekten har redan låst hustyperna och deras plan- och höjdlägen innan volymeräkningarna på allvar igångsätts. De stora missarna är redan gjorda. De som kunnat undvikas om man bara vetat om dem. Nu går felen bara att förbättra inom snäva gränser.

En annan anledning: Projekteringsingenjören har ända till de sista åren saknat effektiva möjligheter att utföra noggranna och snabba volymeräkningar för att därigenom med enkla medel prova olika alternativ.

De ovan citerade exemplen belyser denna utrednings målsättning, nämligen att visa de möjligheter till rationalisering av byggprocessen som skapas genom en konsekvent genomdriven koordinatsättning av anläggningens alla delar och ett därav följande effektivt utnyttjande av moderna geodetiska instrument och av datorer och deras kringutrustningar.

Genom en enhetlig lägesorientering av terräng, byggnader och byggnadselement, påverkas inte bara utsättningstekniken utan även en rad andra moment i byggprocessen; volymlberäkning av schakt- och fyllnadsmassor, mängdberäkning, beräkning för konstruktion av perspektivbilder, byggplanering, uppföljning under byggnadstiden, inmätning av relationsritningar i form av databanker osv.

Eftersom detta ämne är omfattande och berör vitt skilda delar av byggprocessen, har utredningsresultatet redovisats i detta huvudavsnitt samt i fyra bilageserier.

- 1: Tekniska bilagor. Här upptas olika tekniska specialområden för närmare belysning.
- 2: Programbilaga. Här redovisas i kortfattade beskrivningar de programsystem som idag kan användas för beräkningar inom denna utrednings område samt skisseras sådana program som lämpligen borde utvecklas för att komplettera beräkningsmöjligheterna.
- 3: Instrumentbilaga. Här ges teknisk specialinformation om de typer av instrument som omnämns i utredningen.
- 4: Ritningsbilaga. Här redovisas de möjligheter till grafisk redovisning som idag erbjuds med hjälp av datateknik och automatiska ritapparater.

Eftersom målsättningen varit att göra såväl huvudavsnittet som de efterföljande bilagorna läsvärda var för sig, har icke kunnat undvikas att vissa väsentliga frågor berörts i såväl huvudavsnitt som bilagor.

## TEKNISKA HJÄLPMEDEL

För att bäst förstå det gynnsamma läge i vilket byggbranschen just nu befinner sig vad avser möjligheterna att angripa de ovan relaterade samordningsproblemen, skall här pekats på vissa trender i utvecklingen avseende geodetiska instrument, datorer och grafisk utrustning för datainsamling och resultatpresentation.

### Geodetiska instrument

Utvecklingen inom denna sektor har under senare år gått mycket snabbt. Vinkelmätningssinstrumenten har gjorts robustare och tål arbetsplatsens omildare behandling bättre än tidigare. Det är idag relativt vanligt att byggutsättningen utförs med precisionsinstrument (sekundteodoliter). Längdmätningen har förenklats genom tillkomsten av instrument för elektronisk mätning. Ännu så länge utnyttjas dessa instrument i första hand för precisionsmätning av polygontåg och liknande. Genom instrumentens kapacitet och relativa låga kostnad, kan dock förväntas att desamma kommer att tagas i bruk för såväl större inmätningsarbeten (exempelvis digitala terrängmodeller) som för detaljutsättning.

Höjdutsättningen genomföres idag vanligen med precisionsavvägningsinstrument. En mycket intressant utveckling sker dock här mot en ny typ av instrument, där laserstrålen utnyttjas. Från ett obemannat sådant instrument kan en fullt synlig laserstråle utsändas horisontellt över arbetsplatsen. Strålen kan också bringas att rotera vilket gör det möjligt att fånga byggets "arkivhöjd" nära nog var som helst.

Det synes nu klart att nästa steg i utvecklingen av de geodetiska instrumenten kommer att omfatta konstruktion av digitala utmatningsenheter såsom remsstansar, magnetkortsstansar e.d. På så sätt undviks datainsamlingens största felkällor - skrivfel, läsfel och stansfel samtidigt som mätkapaciteten ökar väsentligt.



## Datorer

Den datatekniska utvecklingen har följt två till synes skilda vägar.

Längs den ena vägen har utvecklingen gått mot allt större och större datorer, i vilka automationen kunnat drivas allt längre. Avståndet mellan användare och data-central har överbryggats med hjälp av s.k. telefonterminaler som via det vanliga telefonnätet kan kommunicera med datacentralerna.

Längs den andra vägen har de s.k. bordsdatorerna utvecklats, dvs. små kompletta programmeringsbara datorer som är avsedda att lokalt kunna klara beräkningsbehovet på ett konstruktionskontor eller på en arbetsplats.

Mycket talar för att de två vägarna kommer att löpa samman några år längre fram. Båda systemens fördelar måste utnyttjas. Telefonterminalen måste finnas som kommunikationslänk mellan användaren och de "maxidatorer" där de större avancerade programsystemen finns tillgängliga och där information från s.k. databanker kan hämtas ut. För att inte i onödan anstränga telefonnät och maxidatorer kommer i terminalerna att inbyggas lämpliga minidatorer för enkel beräkning.

Kostnaden för databehandling fortsätter också att sjunka. De projekt för databehandling som idag ligger på gränsen till lönsamhet kommer i morgon att ligga på rätt sida.

## Grafisk utrustning för datafångst och resultatpresentation.

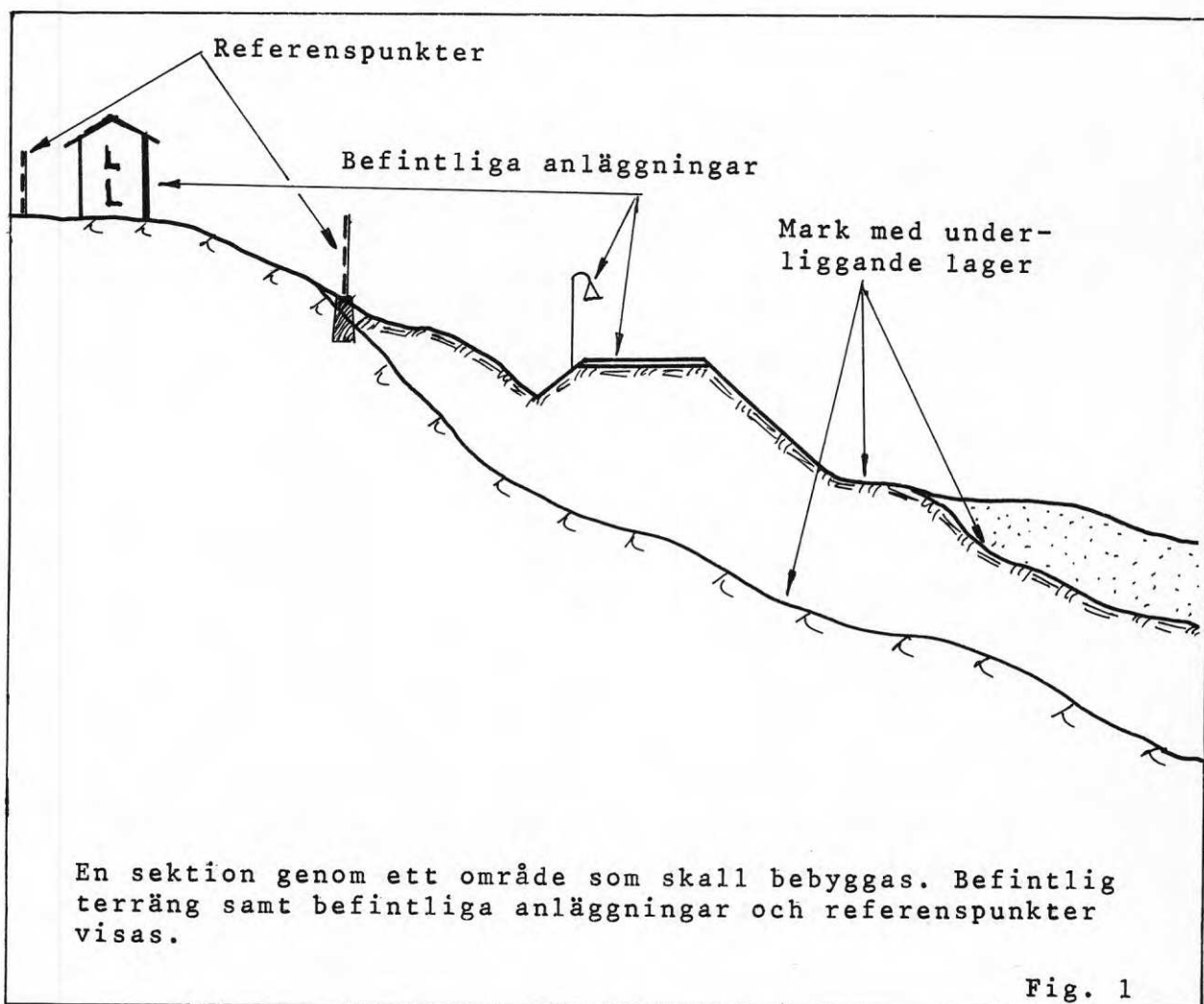
Med hjälp av s.k. linjeföljare kan idag ritningar avpekas och digitaliseras på hållremsa, hålkort eller magnetband. Linjeföljaren består dels av ett koordinatbord, på vilket den ritning placeras som skall avpekas, dels ett "pekinstrument" och dels en stansutrustning.

Den automatiska ritapparaten används f.n. för framställning av tvärsektioner, nivåkartor, perspektivbilder m.m. I denna utrednings sista bilageserie visas en rad exempel där den grafiska redovisningen visat sig särskilt lämplig.

## BEBYGGELSEPROCESSENS SKEDEN

### Skede 1 - Planskede

Den befintliga marken och bebyggelsen ger utgångsläget för planering av nybebyggelse.



I planskedet görs alla "stora" överväganden för en nybyggnation. Var skall en fabrik ligga av transport-ekonomiska hänsyn? Var skall en skola placeras med hänsyn till barnfamiljernas lokalisering? Var placeras shoppingcentrat mest strategiskt? Var läggs ett bostadsområde bäst med hänsyn till befintliga VA-system, gatunät, affärer, arbetsplatser o.d.

Kanske förefaller det som om x-, y- och z-koordinaterna i detta sammanhang vore något malplacerade. Så är dock inte fallet. Vi skall redogöra för några väsentliga tillämpningsområden.

1. Sedan några år pågår ett omfattande arbete inom CFD (Centralnämnden för FastighetsData) med uppgift att skapa ett landsomfattande fastighetsregister, där varje fastighet är beskriven med såväl funktion som läge i rikets koordinatsystem. Avsikten med detta register och liknande koordinatbestämda register för landets vägar, för landets befolkning osv., är att skapa instrument för en bättre samhällsplanering. Befolkningstyngdpunkter kan beräknas liksom transportlängder, lämplig industrilokalisering osv.

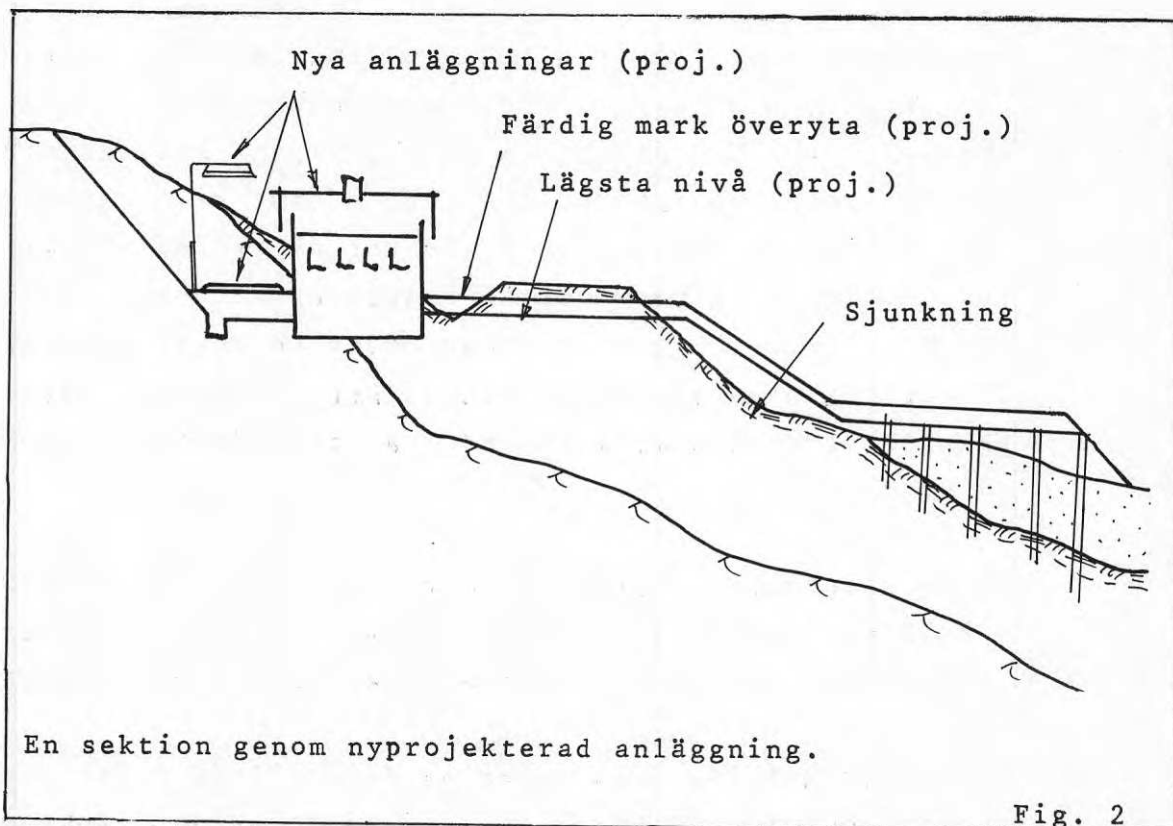
2. Även om de "stora" frågorna nära nog helt får avgöra lokaliseringen av en nybebyggelse, borde dock en av de "små" beaktas något bättre än vad som hittills varit fallet i planskedet. Markhanteringen! Kostnaden för att flytta massor är en av de tunga posterna i den slutgiltiga prislistan för bygget. Det är väsentligt att byggnadskropparna tidigt placeras "tillräckligt" rätt i plan- och höjdläge. "Tillräckligt" rätt med hänsyn till tillgängliga grova mätmetoder. Markens topografi har hämtats från en nivåkarta. Markbeskaffenheten och marklagrens tjocklek har endast översiktligt kunnat bedömas. Den planerade anläggningen är inte känd i sina detaljer. Trots dessa brister bör således en massbedömning göras och med följande målsättning. Vid jämförande massberäkning mellan olika alternativ bedöms resultatet med hänsyn till uppskattad osäkerhet i beräkningen;  $\pm 20\%$ ,  $\pm 30\%$  eller vad som kan anses gälla. För att nu inte "bygga fast" de möjliga felen i denna markhantering, bör höjdbestämmningen i planskedet inte låsas hårdare än att detaljprojektören - med sina finare beräkningsinstrument - kan rätta till planskedets osäkerhetsfaktor. 20 %, 30 % eller vad den nu var.

3. I samband med massberäkning enligt punkt 2 ovan har anläggningsritningen koordinatbestämts. Datamaterial finns för en grov utsättningsberäkning. Det är

bara att tillfoga uppgifter om befintliga polygonpunkter och om önskade detaljer för utsättning.

4. En automatisk beräkning och uppritning av perspektivbilder kan relativt enkelt genomföras. De redan beskrivna koordinaterna för terräng och anläggning kompletteras dels med höjduppgifter för de enskilda byggnadskropparna, dels med uppgift om blickpunkt och blickfält för önskade perspektiv. Sådana automatiskt beräknade och uppritade perspektivbilder framställs sedan några år, men tekniken utnyttjas endast sporadiskt. Skälen härtill synes vara två. Linjeföljaren utnyttjas inte för beskrivning av data. Alternativet - tabellifyllning - blir alltför komplicerat, tidsödande och dyrbart. Dessutom ställs onödigt stora krav på finishen i den automatiskt producerade bilden. Målsättningen bör vara att producera stomskisser. Det är ju den matematiskt korrekta konstruktionen av perspektivets huvudlinjer som är svår och tidsödande. Att sätta "snits" på ritningen är däremot en arkitektuppgift. Det klarar aldrig datorn.

#### Skede 2 - Projekteringskedet



I detta skede är byggnadsområdet utvalt. De enskilda byggnadskropparna är grovt placerade i plan och höjd.

Den slutgiltiga utformningen av anläggningen skall i detalj studeras och beslutas. Arbetet kan indelas i följande tre avsnitt.

Avsnitt a) Inmätning av befintlig mark och befintliga anläggningar för konstruktion av terrängmodeller. Modellerna kan vara grafiska (kartor) och numeriska (s.k. digitala terrängmodeller).

Avsnitt b) Projektering av den nya anläggningen i modellerna.

Avsnitt c) Projektredovisning i form av handlingar som möjliggör byggnation, dvs. överföring av modell till verklighet.

Avsnitt a) Att göra "modeller" av befintlig mark och befintlig anläggning.

För att kunna göra en modell av befintlig terräng och därpå liggande anläggningar, måste först ett antal referenspunkter mätas in, alltså punkter, vars geografiska läge kan fastställas och till vilka all fortsatt inmätning av terräng och anläggningar kan refereras. Dessa referenspunkter utgörs dels av befintliga s.k. polygonpunkter, dels av lokala förtätningpunkter ofta inmätta speciellt för den planerade anläggningen. Arbetet att förtäta polygonpunkterna överläts oftast till särskild personal (från stadsingenjörskontor eller konsultfirmor), även om det idag med moderna instrument och med datorkraft är fullt möjligt att genomföra en enklare sådan förtätning utan specialkunnande. Detta eftersom mätningarna kan överbestämmas och mätkvalitén därefter bedömas av en dator.

Sedan referenspunkterna bestämts kan inmätning av mark och befintliga anläggningar genomföras. Olika metoder används med hänsyn till önskad precision i resultatet.

Terrester mätning, dvs. mätning direkt i fält ger den största noggrannheten, men är också dyrbarast. Hektometerpriset för inmätning kan ofta överstiga 1000 kr. Kostnaden varierar dock inom vida gränser beroende på

bl.a. terrängens brutenhet och önskad punkttäthet. Medelfelet i höjdbestämningen kan vid terrester mätning beräknas understiga 10 cm. De nya fältinstrumenten med automatisk längdmätning och automatisk registrering av data på kort eller remsa kommer med säkerhet att positivt påverka denna metods ekonomiska användbarhet.

Fotogrammetrisk mätning används idag ofta vid detaljprojektering. Noggrannheten är beroende av i första hand flyghöjd och utvärderingsinstrument. Som "bästa" resultat kan mätningar erhållas med ett höjdmedelfel understigande 15 cm och till en kostnad som med cirka 30-50 % understiger kostnaden för terrester mätning. Dock kan speciellt i lätt terräng terrester mätning ibland t.o.m. visa sig billigare än fotogrammetrisk sådan. Vid små projekt kommer även den relativt höga startkostnaden att väga till fotogrammetrins nackdel.

Den tredje metoden för digitalisering av terrängens topografi har redan omnämnts under skede 1, nämligen möjligheten att "peka" av en nivåkarta med den s.k. linjeföljaren. Metodens noggrannhet kan grovt uppskattas till 50 % av nivåkurvornas ekvidistans (exempelvis 2,5 m noggrannhet vid 5 m ekvidistans). Kostnaden för insamling av data kan uppskattas till cirka 50 kr per ha. Metoden är således markant billig, men lika markant onoggrann. Metoden bör endast användas för översiktsplanering.

Insamlade terräng- och anläggningsdata bearbetas och redovisas i form av "modeller". I första hand som en grafisk modell - en karta - för projektören. I och med att datatekniken allt oftare tas i anspråk för markprojekteringen, lagras nu emellertid också vanligen mätdata i form av en s.k. digital terrängmodell. En sådan digital terrängmodell kan utformas på olika sätt och kännetecknas dels av principen för inmätning av punkter, dels för principen att interpolera nypunkter mellan de inmätta. Målsättningen kan sägas vara att med minsta

möjliga antal inmätta punkter erhålla en tillräckligt exakt sifferbild av hela terrängen.

Inmätning av punkter sker vanligen efter en av följande tre metoder.

- a) Inmätning av slumpvisa punkter.
- b) Inmätning av sektioner.
- c) Inmätning av terränglinjer. Terränglinjen definieras som en godtyckligt inmätt linje på marken. Med denna definition är nivåkurvan en terränglinje med konstant höjd, tvärsektionen är en terränglinje med konstant riktning osv. En speciellt användbar terränglinje är den s.k. brytlinjen, exempelvis vägkanten, dikesbotten, släntfoten osv.

För att tillräckligt noga fånga terrängens topografi har det visat sig lämpligt att mäta mellan 50-200 punkter per ha, allt beroende på terrängens brutenhet och kravet på noggrannhet.

Vid en senare användning av den numeriska terrängmodellen, måste nypunkter beräknas mellan de inmätta. Principerna för interpolering av sådana nypunkter följer i huvudsak två riktningar.

1. Icke linjär interpolering.
2. Linjär interpolering.

Den icke-linjära interpoleringen tillämpas i de fall slumpvisa punkter inmätts. Den linjära interpoleringen tillämpas vanligen vid mätning av sektioner eller terränglinjer.

På samma sätt som markens överyta inmäts och lagras i form av en digital terrängmodell, så inmäts också nivåerna mellan olika markslag. Det är i första hand fyra markslag som intresserar i detta sammanhang; vegetations-täcke, friktionsjord, kohesionsjord samt berg. Metoderna



för bestämning av gränsyternas läge varierar.

För översiktsplanering kan seismisk undersökning eller s.k. fotobildtolkning tillsammans med markbesiktning vara tillfyllest.

Vid detaljprojektering krävs geoteknisk fältundersökning med borrning i marken, grävning av provgropar osv. Eftersom metoderna är dyrbara blir markslagsbestämningen ofta relativt osäker. Speciellt gäller detta bestämningen av övergången mellan jord och berg. Dock synes detta i framtiden spela mindre roll, eftersom prisskillnaden mellan jordschakt och bergsprängning successivt minskar och berget dessutom blir mer attraktivt för användning till överbyggnadsmaterial o.d.

En ytterligare uppdelning av jordslagen synes ej vara aktuell så länge det inte existerar bättre styrinstrument för att ta till vara en sådan information, alltså metoder för en detaljerad massdisposition och en långt driven planeringsteknik.

Förutom inmätningen av den digitala terrängmodellen och de olika marklagren skall också en inventering av befintliga anläggningar genomföras. Här ställs olika krav på inmätningssnoggrannhet. För anläggningar som skall rivs i samband med nybyggnation räcker kanske ofta decimeternoggrannheten, medan kvarvarande bebyggelse i närheten av områden med bergsprängning måste mätas in med högsta precision för senare sättningskontroll osv.

Observera här också problemet att bestämma "osynliga" anläggningar, alltså VA-ledningar, kablar o.d. Om cirkeln slutits vad avser målsättningen med denna utredning, skall dessa anläggningar finnas koordinatbestämda och tillgängliga via kommunens databank för "Anläggningar under mark".

Avsnitt b) Att projektera den nya anläggningen.

När nu erforderliga modeller av terräng och befintliga anläggningar tagits fram, är tiden kommen att detaljprojektera nyanläggningen.

I detta skede fastläggs den nya terrängens utseende samt de i denna terräng inplacerade nya anläggningarna.

Förutom den ursprungliga numeriska terrängmodellen byggs nu ytterligare två terrängmodeller upp.

1. En numerisk terrängmodell för färdig anläggning, vilken alltså utgörs av överytan för anläggningens olika delar såsom slänter, vägar, parker osv. Här skulle även - rent teoretiskt - överytan på belysningsstolpar, hus- och brokonstruktioner samt liknande ingå. Av praktiska skäl är det dock lämpligt att borttaga dessa typiska "övermark-anläggningar" från denna senare terrängmodell.

Den färdiga anläggningens överyta beskrivs bäst med hjälp av linjeföljaren.

I detta skede är linjeföljarmetoden oftast tillräckligt exakt. Där nivåkartan utgjorde en dålig kopia av verkligheten är ju i detta fall anläggningsritningen ett exakt original och den färdiga anläggningen en ungefärlig kopia. Linjeföljaren i sig är i båda fallen ett tillräckligt gott mätinstrument. Det är underlaget som skiljer.

Det bör dock påpekas att vissa anläggningsdetaljer bäst beskrivs numeriskt, nämligen sådana som har matematiskt bunden form: väglinjer, flygfältets start- och landningsbanor osv.

Också i denna anläggningsmodell finns olika "markslag" vilka bör beskrivas. Det är här frågan om asfalt för beläggning, bärlager, förstärkningslager, rörgravar med rör, kablar och återfyllnadsmaterial, betongfundament, matjordsbeklädnad osv. Dessa "markslag" i den färdiga anläggningen kan i motsats till markslagen i den ursprungliga terrängen beskrivas helt exakt. Graden av uppdelning beror av skede i projekteringen. Även denna "materialbeskrivning" bör enklast utföras med linjeföljarens hjälp, dock ofta i kombination med vad vi kan kalla komponentrecept. Väglinjen beskrivs med läge och typsektion. Rör-

graven likaså. Brofundamentet med mätpunktsläge och  $m^3$ -innehåll, brandposter med mätpunktsläge och komponentuppbyggnad osv.

2. Som andra modell lagras vad vi kan kalla den lägsta terrängmodellen under byggnadstiden, vilket alltså motsvarar skärningsslänter, exklusive släntbeklädning, rörgravsbottnar, terrassunderkanter, överkant markyta efter sjunkning osv.

Vi skall här observera möjligheten att utnyttja de tre terrängmodellerna, alltså modellen för ursprunglig mark, för lägsta nivå under byggnadstid samt för färdig anläggning.

En subtraktion mellan de två första modellerna ger den totala schakten inom byggnadsområdet i resultat. Schaktmassorna kan vara av olika slag, vilket framgår av den ursprungliga terrängmodellen.

En subtraktion mellan de två sista modellerna ger den totala fyllningen som resultat. Även fyllnadsmassorna består av olika delar, vilka också kan beräknas under förutsättning av att en lägesorienterad materialbeskrivning genomförts vid digitaliseringen av den färdiga anläggningen.

I detta skede bestäms nu det slutliga läget av anläggningens alla detaljer. Även om trafiksäkerhet, miljö- och "runtomkringskostnader" också här spelar den största rollen får massberäkningen en mer avgörande betydelse än under planskedet. Ty även om varje del av en anläggning skulle vara låst inbördes i förhållande till varje annan del, finns ju ändå ett bästa plan- och höjdläge inom angivet byggnadsområde för denna "anläggningskaka". Eftersom det dessutom ofta är tillåtet att röra byggnadskropparna inbördes inom vissa toleranser, kan det - även om det är svårt - vara mödan värt att leta efter "rätt läge".

Mycket arbete bedrivs idag för att konstruera program för automatisk massoptimering. Författaren är dock kritisk till detta arbete. Skälen härtill redovisas i sär-

skild bilaga, men torde kunna sammanfattas i följande mening: Det synes f.n. riktigare att vi systemingenjörer först söker introducera våra massberäkningssystem med digitala terrängmodeller i sin enklaste form innan vi bygger supersystem för automatisk, optimal beräkning med inbyggda parametrar över vars innebörd och otillräcklighet inte endast användarna utan även programförfattarna svävar i djup okunnighet.

Användningen av numeriska terrängmodeller har också kommit att skapa vissa problem. I bilagan över numeriska terrängmodeller har speciellt två frågor beröts.

1. Eftersom en lagrad terrängmodell kan och bör användas under lång tid och eftersom densamma kan ha skiftande kvalité beroende på ursprungligt användningsändamål, bör varje lagrad modell förses med en varudeklaration i form av en standardetikett med uppgifter om inmätningssmetod, punkttäthet, punktnoggrannhet, tillverkare osv.
2. Den andra frågan berör marknadens olika system för terrängmodeller. Om man studerar dessa olika system finner man att såväl metoder för lagring och interpoleringen av nypunkter som för beräkning i olika tillämpningsprogram skiljer sig mellan de olika programtillverkarna. Detta innebär i sin tur att det idag icke är möjligt att hoppa från ett system till ett annat under en anläggnings tillblivelse - en tidsperiod på kanske fem år eller mera. För att effektivt kunna utnyttja de terrängmodeller som inmäts, borde därför en standardiserad kopplingspunkt sökas genom vilka alla programtillverkare måste låta sina system löpa. Denna kopplingspunkt synes bäst placerad mellan å ena sidan punktlagring och nypunktsinterpolering och å andra sidan alla tillämpningsberäkningar. Kopplingspunkten kunde bestå av en standardiserad, "färdiginterpolerad" terrängmodell av exempelvis det utseende som beskrivs i ovan nämnda bilaga för numeriska terrängmodeller.

Avsnitt c) Att förfärdiga handlingar till byggnadsskedet.

Genom att de flesta byggnadsdetaljerna redan är mängdbestämda och koordinatberäknade, kan en "riktig" mängdförteckning nu framtagas. Med "riktig" avses att mängdberäkningen genom sin lägesorientering direkt kan anpassas för produktionskalkyl, dvs. en kalkyl som bygger på inte enbart mängdernas storlek utan även deras utförandeordning. Priset på asfaltbeläggningen är ju i högsta grad beroende av om allt får läggas ut på en gång eller om 3-4 % skall utföras i taget. Även med hänsyn till låne regler och annat spelar läget ibland roll. Asfalterad yta på allmän mark behandlas t.ex. olika jämfört med asfalterad yta på tomtmark.

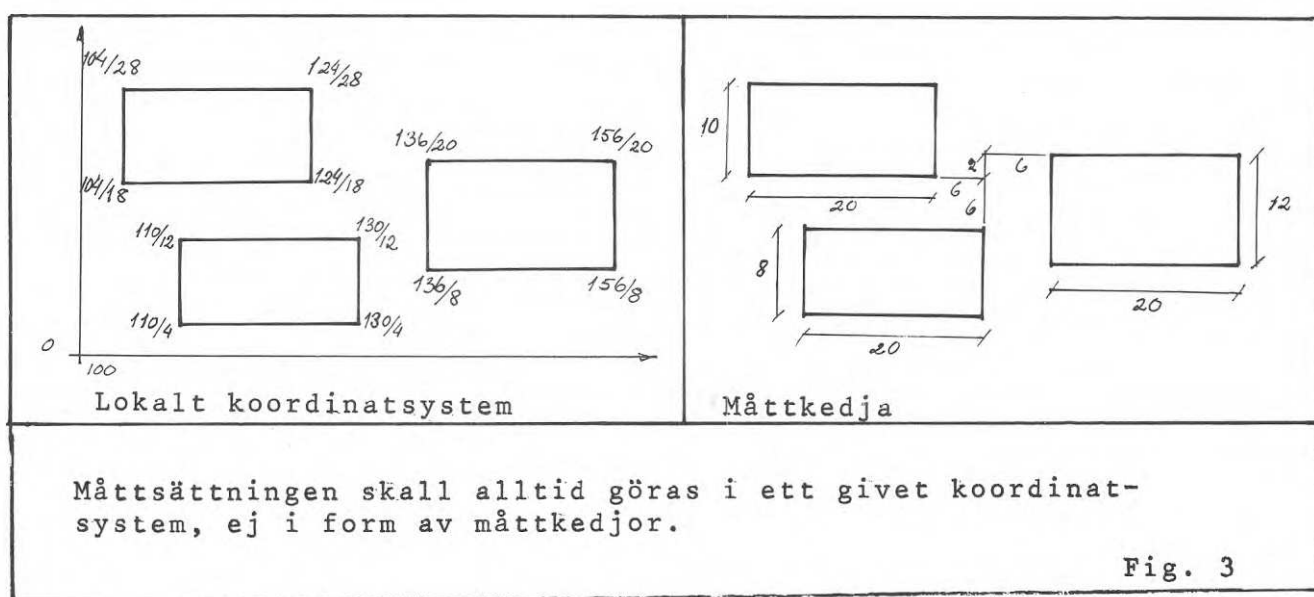
Vid framställning av måttritningar och utsättningstabeller utgör den koordinatberäknade anläggningen bästa tänkbara underlag. Några väsentliga synpunkter framförs här.

1. Utsättningstabeller bör under projekteringen endast framtagas i begränsad utsträckning. I de flesta fall kan tänkta instrumentuppställningsplatser ej utnyttjas när tiden för byggnation är inne. Polygonpunkter är bortschaktade, eller överfyllda. Siktlinjer är skymda, osv. Man bör i projekteringsskedet vara lika sparsam med utsättningstabeller som slösaktig med koordinatbestämning av byggnadsdetaljer. Det är koordinater byggaren behöver för att själv beräkna utsättningsdata över egen terminal eller med egen bordsdator i det ögonblick han behöver dessa.

2. Observera också här sättet att ange koordinater på ritningen. I symmetriska byggnadskroppar, såsom huskroppar, industribyggnader, pelardäck och liknande, vore en detaljerad koordinatsättning direkt i rikets system både krånglig och utrymmeskrävande. I dessa fall bör lokala koordinat-system inläggas för respektive byggnadskropp. All måttsättning görs i detta lokala system - och det är viktigt - vilket också förses med översättningskonstanter - s.k. transformationskonstanter - mellan det lokala systemet och rikets system.

Om datorn sedan vid utsättningsberäkningen känner de lokala koordinaterna och transformationskonstanterna, kan utsättningsdata ändå beräknas från polygonpunkter i rikets system. Och detta utan att varken projektör eller byggare någon gång ens behöver se de "riktiga koordinaterna".

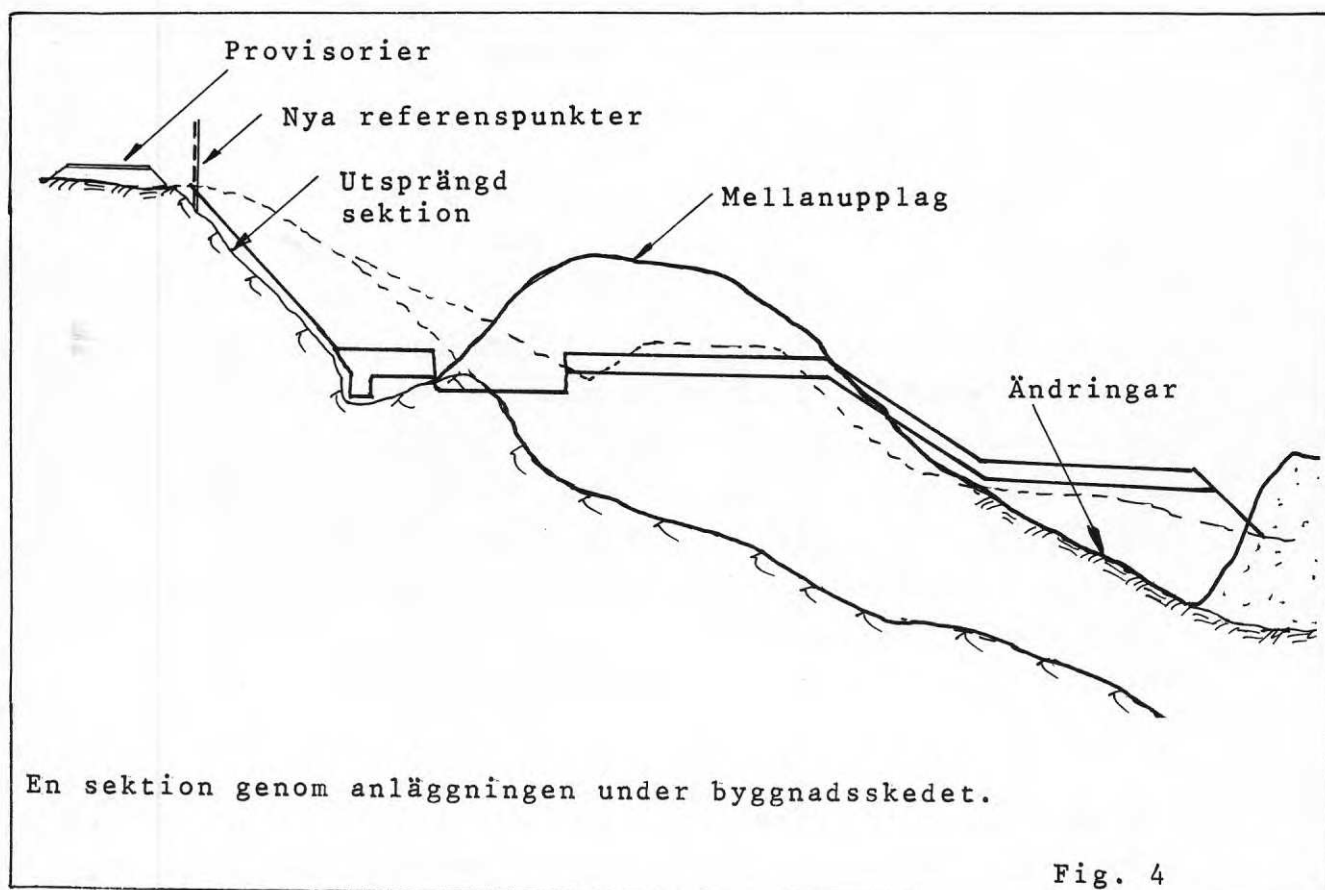
Observera i detta sammanhang att de gamla måttkedjeritningarna ej bör tillåtas i en modern redovisning. Den vänstra delen av figur 3 visar en korrekt lokal koordinatsättning, medan den högra visar en felaktig måttkedjeritning.



Som komplement till handlingarnas datatabeller utnyttjas den automatiska ritapparaten för framställning av olika ritningar såsom exempelvis:

- a) Kontrollritning av digitala terrängmodeller.
- b) Kontrollritning av digitala anläggningsmodeller.
- c) Tvärsektioner och profiler.
- d) Djupkartor för schakt och fyllning.
- e) Perspektivbilder.

### Skede 3 - Byggskedet



En sektion genom anläggningen under byggnadsskedet.

Fig. 4

Byggskedet kan sägas inledas vid produktionskalkylen. Här torde, som tidigare omnämnts, den lägesorienterade mängdförteckningen - "mängddatabanken" - utgöra det bästa kalkylunderlaget. Produktionskalkylen avser ju nämligen inte bara att kostnadsberäkna ingående mängder med hänsyn till deras storlek utan också med hänsyn till deras läge och utförandeordning.

Mängddatabanken kan också ses som styrinstrument under byggnationen. Om nämligen en uppdatering av banken sker under byggnadstiden med hänsyn till exempelvis provisoriska anläggningar, ändringar i handlingarna under byggets gång samt med hänsyn till vid varje tidpunkt utfört arbete, torde mängddatabanken också ha alla förutsättningar att fungera aktivt vid planering och uppföljning av bygget. Sådana här frågor kunde då få automatiskt svar: Vilka materialleveranser måste göras inom det område som nu skall byggas? Har alla byggdetaljer utplacerats före asfalte-

ring av ett annat område? Hur mycket av bygget är utfört? Hur mycket återstår i den schakten? Hur mycket har lagts ut i den fyllningen?

Den idag mest näraliggande nyttan av en i detalj koordinatbestämd anläggning, gäller givetvis utsättningen. Här sker redan en successiv övergång från ortogonal utsättning via baslinjesystem till en i första hand polär utsättning med teodolit och måttband. Det är datateknikens direkta intåg på arbetsplatsen (via terminaler och bordsdatorer) som möjliggjort en effektivare mätnings-teknik. Det är inte längre "tabu" för vanliga utsättare att göra en "avancerad" mätning, t.ex. inmätning av en ny instrumentuppställningsplats. Mätningen kan ju nämligen göras överbestämd och ett dataprogram kan "på minuten" kontrollera mätnoggrannheten och räkna ett utjämnat medelvärde.

Härigenom har det inte längre blivit nödvändigt att hålla polygonpunkter och baslinjepunkter intakta inne på arbetsområdet. Utsättaren är fri att ställa sin teodolit inom 20 m-bandets räckvidd från önskade punkter. Uppställningsplatsen bestäms genom mätning mot fyra stycken siktbara signaler. Datorn beräknar instrumentuppställningsplatsen medelst inskränning samt beräknar utsättningsdata för önskade punkter.

Denna teknik med s.k. fri instrumentuppställning har tillämpats på ett flertal byggnadsplatser i Sverige och befunnits fungera med mycket god utsättningsnoggrannhet.

Ovan har behandlats utsättningen i plan. Man har ifrågasatt huruvida förekomsten av goda kombinationsinstrument och datorer på bygget också skulle innebära en sammanslagning av plan- och höjdutsättning till ett och samma arbetstempo. Fler argument synes tala mot detta än för.



Framförallt synes laserstrålen som hjälpmedel vid höjdutsättningen helt komma att förändra kapacitets- och kostnadsbild. Från en obemannad "laserfyr" kan nu en referenshöjd utsändas över bygget och på så sätt göra det möjligt för en utsättare att på egen hand och med god kapacitet genomföra höjduddsättningsmomentet.

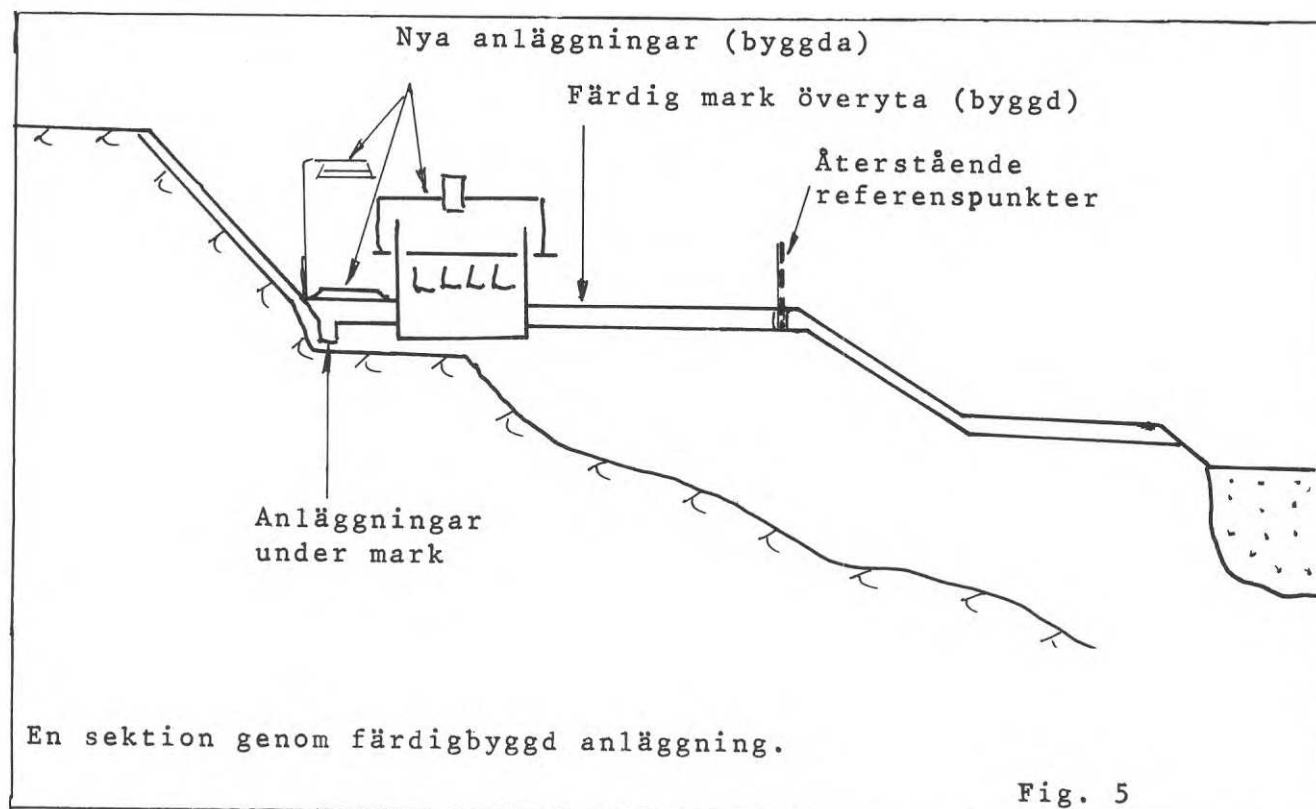
Under förutsättning att de i denna utredning beskrivna databankerna blir verklighet kommer speciellt databanken för anläggningar under mark att vara till nytta under byggnadsskedet. Via arbetsplatsens dataterminal kan uppgifter hämtas ur denna bank före igångsättning av schaktarbeten, pålningar o.d. Skador på befintliga anläggningar kan undvikas.

Under byggnadsskedet görs ofta en rad kompletterande massberäkningar. Kontrollmätning av massor sedan berget avtäckts, mätning för reglering med underentreprenör, mätning i pågående schakter och fyllningar för att planera återstående jobb osv.

I viss utsträckning används tillgängliga massberäkningsprogram för dessa ändamål. Dock torde det nu vara aktuellt att tillverka speciella byggprogram, där hänsyn tas till förekomsten av datorkraft på arbetsplatser och till de speciella betingelser som råder under byggskedet.

Låt oss också här konstatera att det är i byggnadsskedet som grunden skall läggas för flera av de ovan nämnda databankerna. Det är innan rörgravarna läggs igen som inmätningen av anläggningar under mark skall göras. Det är i byggets slutskede som en inventering av återstående och nymätta polygonpunkter eller signaler bör göras. Det är ur mängddatabanken som erfarenheter skall hämtas för kommande produktionskalkyler.

Skede 4 - Förvaltningskede



Förvaltningskedet kan ur denna utrednings synpunkt sett sägas innebära en förvaltning av det befintliga datamaterial som kan komma till användning vid senare underhåll och tillbyggnad. Det gäller alltså förvaring och uppdatering av databankerna.

Lämpliga förvaltare av dessa databanker synes i första hand vara stadsingenjörskontor och byggnadskontor. Det gäller exempelvis databanken för polygonpunkter och signaler, databanken för befintliga kartor och flygbilder, databanken för numeriska terrängmodeller, databanken för utförda markundersökningar och databanken för läget av befintliga viktiga anläggningsdetaljer, framförallt då anläggningar under mark.

## MÄTNINGSTEKNIK

Allmänt

Ur byggnadssynpunkt är syftet med mätningstekniken antingen att bestämma en befintlig punkts geografiska läge (inmätning) eller att lokalisera det geografiska läget för en önskad punkt (utsättning).

Referenssystemet i terrängen utgörs av polygonpunkter, baslinjepunkter eller liknande, från vilka inmätningar eller utsättningar görs med hjälp av riktningar och längder.

Referenssystemet i kartan utgörs av ett koordinatsystem (rikets system eller ett lokalt system).

De mätningstekniska arbetsuppgifterna består, förutom av inmätning och utsättning enligt ovan, av transformation av data från det ena referenssystemet till det andra. Från inmätta bäringar och avstånd beräknas exempelvis kända anläggningsdetaljers koordinater. Från geometriska data beräknas anläggningsdetaljers koordinater. Från projekterade koordinater beräknas utsättningsdata från befintliga polygonpunkter osv.

En avancerad byggnadsteknik som måste bedrivas i allt högre tempo, har drivit fram behovet av enhetliga metoder för inmätning, lägesbeskrivning och utsättning.

Med hjälp av moderna geodetiska mätinstrument och med hjälp av den datorkraft som nu direkt kan tillföras arbetsplatsen, är det också möjligt att behärska tidigare svårbemästrade mätningstekniska problem med den normala utsättningspersonalen. Detta gäller exempelvis sådana arbetsuppgifter som inmätning av mindre polygontåg, inskränning av nya stompunkter osv.

Med hänsyn till de nya instrumentens enkla hanteringsprincip och deras stora räckvidd, finns nu emellertid en viss risk att användaren förleds att överskrida

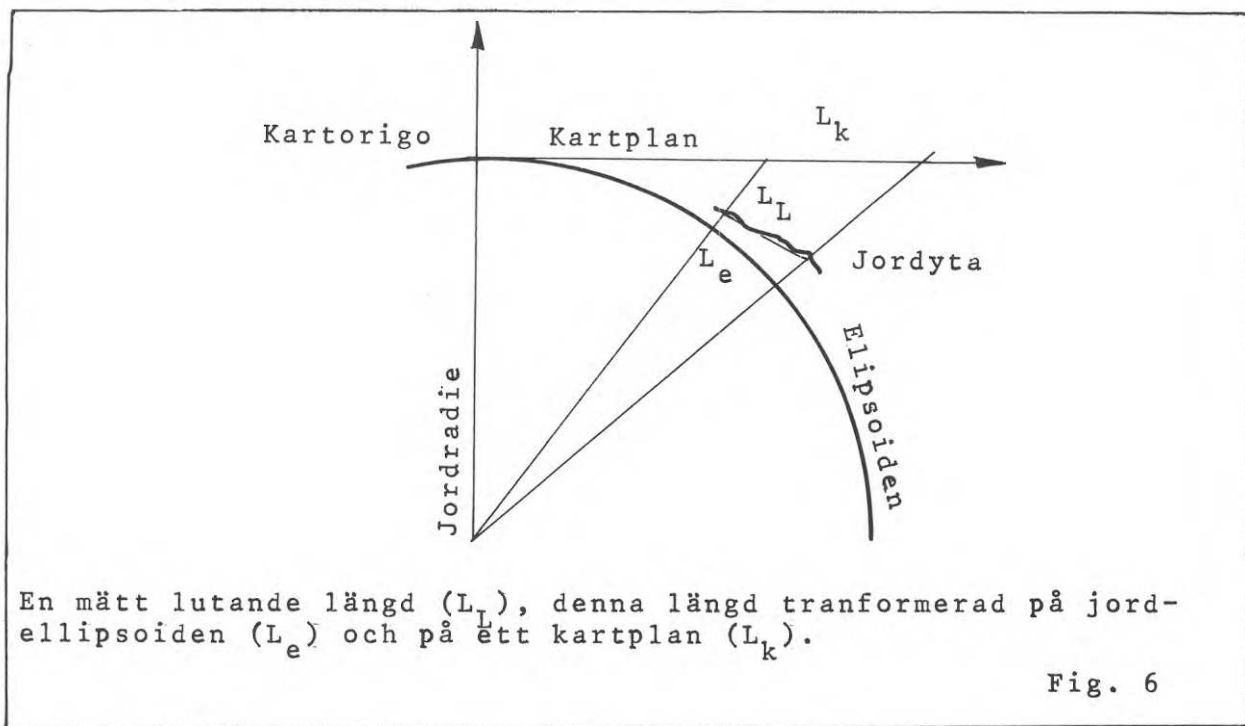
gränserna för noggrann mätning. Atmosfäriska störningar, jordens rundning osv. kan börja spela en märkbar roll.

För att belysa dessa problem ges här nedan några fakta avseende det system som används för att lägesorientera punkter på jorden samt vissa synpunkter på uppkommande noggrannhetsproblem.

### Rikets koordinatsystem

Låt oss först observera detta: Jorden är krökt. Ingen plankarta kan därför exakt avbilda naturen.

På grund av jordens skrovliga yta, kan heller ingen matematiskt bestämd sfärisk kropp helt beskriva jordytans form. För att få ett matematiskt uttryckbart samband mellan den plana kartan och jordytan, har jorden idialiserats till en ellipsoid. Problemets art framgår av figur 6.



En viss mätt lutande längd  $L_L$  skall för att projiceras på kartan först reduceras till horisontell längd, därefter reduceras från horisontell längd på den höjd över jordellipsoiden där mätningen utförts till längd på jordellipsoiden  $L_e$  samt därifrån till den plana kartprojektion  $L_k$ .

För att skillnaden mellan den krökta jordytan och de plana kartbilderna skall bli så liten som möjligt, indelas jordytan i mindre rutor med vardera ett lokalt koordinatorigo. Sålunda har Sverige indelats i ett femtiotal sådana lokala koordinatnät.

Normalt behöver ovanstående problem ej bekymra byggaren. Låt oss belysa detta med ett exempel. En arbetsplats ligger på 1000 m höjd över havet och 10 mil österut från gällande koordinatorigo. Två av stadens polygonpunkter - på 100 m avstånd från varandra i öst-västlig riktning - skall användas som utgångspunkter för ett lokalt byggpolygontåg. Om dessa två befintliga punkter hade korrigerats av staden med hänsyn till jordellipsoid och kartprojektion, så skulle de båda korrektionerna ha gett ett teoretiskt avstånd mellan punkterna som vardera avvikit med cirka 2 cm från det verkliga avståndet.

I verkligheten är det emellertid normalt så att endast rikets triangelnät är projektionskorrigerat, medan de lokala polygontågen och polygonnäten mellan triangelpunkterna tar upp dessa korrektioner som felmätningar, vilka utjämnas över tåget.

I praktiken innebär detta att mätbandslängder och koordinatberäknade längder överensstämmer även i ogynnsamma lägen som exempelvis det ovan beskrivna.

Det direkta mättningsarbetet påverkas i vissa avseenden av följande "naturfenomen".

a) Atmosfäriska störningar. Dessa störningar består av temperaturskillnader, fuktighetsvariationer och lufttrycksskillnader i jordatmosfären som kan förorsaka ljusbrytningsfel vid vinkelmätning samt avståndsfel vid mätbandsmätning och elektronisk längdmätning.

b) Projektionsfel. Förutom det ovan omtalade projektionsfelet vid mätning av längder på högre höjd, uppkommer också projektionsfel vid höjdmätning genom att höjdskillnaderna bestäms i förhållande till tangenten till jordytan i instrumentuppställningsplatsen.

- c) Tyngdkraft. Vid mätning med måttband påverkas längdmätningen av bandets böjning redan på relativt korta avstånd.
- d) Höjdskillnader. Vid mätning av längder mellan olika punkter måste hänsyn tagas till lutningen mellan de mätta punkterna.
- e) Inriktningsfel. Vid mätning över större avstånd är det viktigt att längden till bakåtobjektet någotsånär överensstämmer med längden till de punkter som skall inmätas. Ett fel i inriktningen mot bakåtobjektet förstoras ju nämligen proportionellt mot förhållandet mellan bakåtobjektets avstånd från instrumentet och avståndet till mätt punkt.
- f) Instrumentservice. Det är viktigt att all mätutrustning utsätts för kontinuerlig service. Instrumentens räckvidd för godtagbar mätning minskas i annat fall avsevärt.

För att belysa vad som ovan sagts visas i tabell 1 de ungefärliga räckvidderna vid olika mätningsförfaranden under förutsättning att mätningsmetoden i sig inte skall ge större fel än cirka 1 cm.

I figurerna 7-10 visas de olika mätfelens inverkan på olika mätavstånd.

NÄR RISKERAR MAN 1 CM MÄTFEL (Tabell 1.)

	Längdfel		Sidofel				Höjdfel				
	Band- mättn.	Elektr. mättn.	Min.teod.		Sek.teod.		Avv.instr.		Sek.teod. Änduppst.		Red. taky.
			Halv- sats	Hel- sats	Halv- sats	Hel- sats	Änd- uppst.	Mitt- uppst.	Halv- sats	Hel- sats	
Instrumentets räckvidd i m utan korrektion	50	200	50	150	100	1000	250	500	100	250	25
Korrektion kan göras för											
a) atmosfäriska störn.	x <sup>1)</sup>	x <sup>5)</sup>	-	-	-	-	x <sup>7)</sup>	x <sup>7)</sup>	-	x <sup>7)</sup>	-
b) projektionsfel	x <sup>2)</sup>	x <sup>2)</sup>	-	-	-	-	x <sup>7)</sup>	-	-	x <sup>7)</sup>	-
c) bandböjning	x <sup>3)</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
d) lutning	x <sup>4)</sup>	x <sup>6)</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
e) kollimationsfel	-	-	-	-	-	-	x <sup>8)</sup>	-	-	-	-
Utökad räckvidd efter korrektion	100	3000	50	150	100	1000	1000	2000	100	1000	25
Felrisker											
f) kort bakåtlängd i förhållande till mätt längd	-	-	-	-	-	x <sup>10)</sup>	-	-	-	-	-
g) dåligt skött in- strument	x <sup>9)</sup>	x <sup>9)</sup>	x <sup>9)</sup>	x <sup>9)</sup>	x <sup>9)</sup>	x <sup>9)</sup>	x <sup>9)</sup>	x <sup>9)</sup>	x <sup>9)</sup>	x <sup>9)</sup>	-
Möjlig reducerad räck- vidd vid inträffad fel- risk	50	1500	25	75	50	500	500	1000	50	500	25

KOMMENTARER TILL TABELL 1 (Tabell 1b)

- 1) Temperaturkorrektion  $K_t \approx L_m * (T_u - T_n) * 10^{-5}$  m, där  
 $L_m$  är mätt längd  
 $T_u$  resp.  $T_n$  är uppmätt temperatur resp. normal temperatur  
 för bandet.
- 2) a. Korrektion av längder med hänsyn till höjd över jord-  
 ellipsoiden.  
 $K_e \approx -L_m * H/R$  m, där  
 $L_m$  är mätt längd  
 $H_m$  är sträckans medelhöjd över jordellipsoiden ( $\approx$  havet)  
 $R$  är jordradien (ca  $6.4 \cdot 10^6$  m)

b. Korrektion av längder med hänsyn till avstånd till kartorigo.

$$K_k \approx L_e * Y_m^2 / (2 * R^2), \text{ där}$$

$L_e$  är sträckans längd på jordellipsoiden

$Y_m$  är sträckans medelavstånd från aktuellt kartorigo

$R$  är jordradien (ca  $6.4 \cdot 10^6$  m)

Dessa korrektioner a och b märks normalt inte vid byggnation, eftersom motsägelser på grund härav redan utjämnats i de lokala polygonpunkterna till vilka byggaren ansluter sina stompunkter.

3) Böjningskorrektion.

$$K_b \approx -4 * L_m^3 * 10^{-8} \text{ m, där}$$

$L_m$  är mätt längd

Formeln gäller för 10 kp spännkraft och en bandvikt av 0.01 kp/m

4) Lutningskorrektion.

$$K_e \approx -h^2 / 2L_m \text{ m, där}$$

$h$  är höjdskillnaden mellan ändpunkterna

$L_m$  är mätt längd

5) De atmosfäriska korrektionerna i samband med elektronisk längdmätning hämtas ur resp. tabell som medföljer instrumenten.

6) Korrektion för lutande längd utföres beroende på om instrumenttypen mäter lutande eller horisontella längder.

7) Summan av höjdkorrektion för atmosfäriska störningar (refraktion) och projektfel

$$K_n \approx L_m^2 * (1-k) / 2R, \text{ där}$$

$L_m$  är mätt längd

$R$  är jordradien (ca  $6.4 \cdot 10^6$  m)

$k$  är den terresta refraktionskonstanten som med hänsyn till temperatur och lufttryck varierar mellan 0.1-0.2.

8) Kollimationsfel hos avvägningsinstrument bör kontrolleras och korrigeras regelbundet.

9) Dåligt skötta instrument minskar ofta räckvidden för instrumenten med 50 % eller mer.

10) Vid horisontalvinkelmätning på stora avstånd bör observeras att avståndet till bakåtojektet spelar en avgörande roll för mätnoggrannheten. Sidofel i inriktningen mot bakåtojektet förstoras proportionellt med förhållandet mellan mätt längd och längd till bakåtojektet.



OSÄKERHETSFAKTORERNAS STORLEKSORDNING  
VID LÄNGDMÄTNING MED MÄTBAND

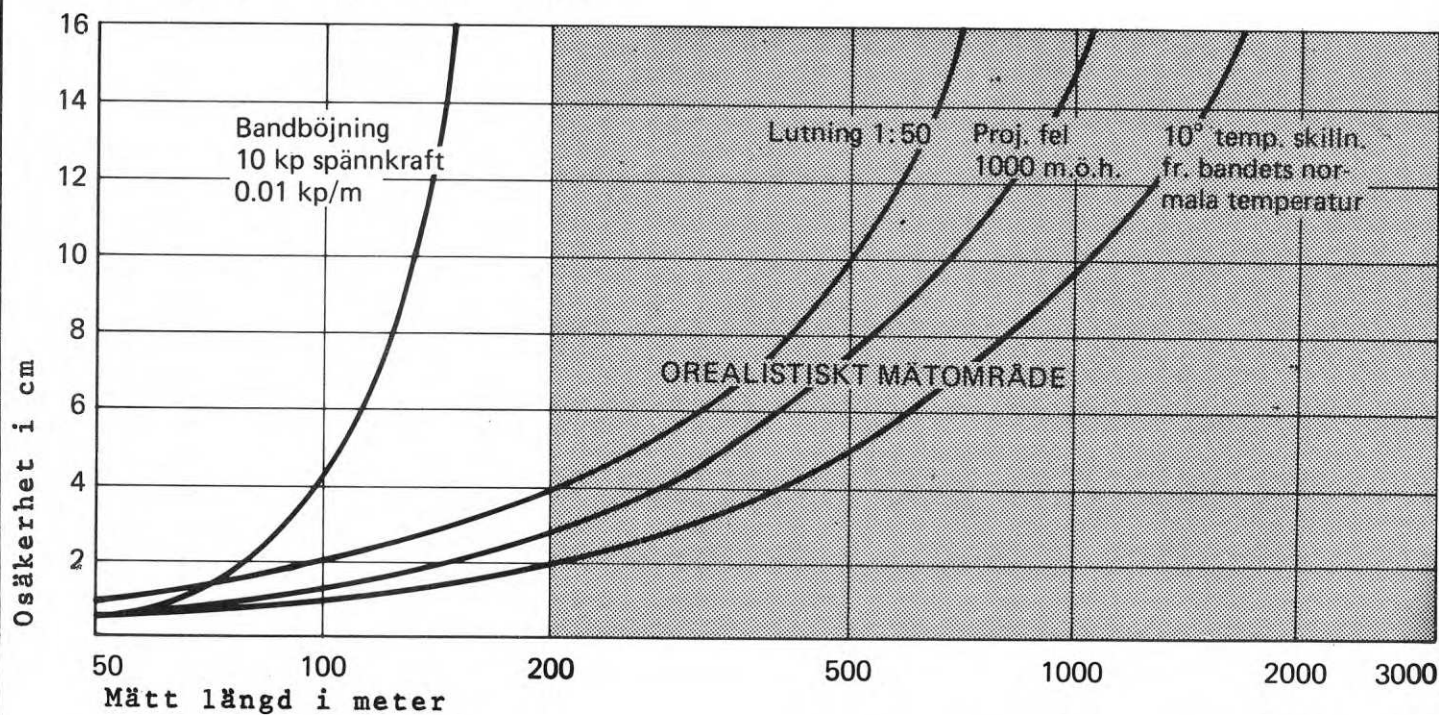


Fig. 7

OSÄKERHETSFAKTORERNAS STORLEKSORDNING  
VID LÄNGDMÄTNING MED ELEKTRONISKT LÄNGDMÄTNINGSINSTRUMENT

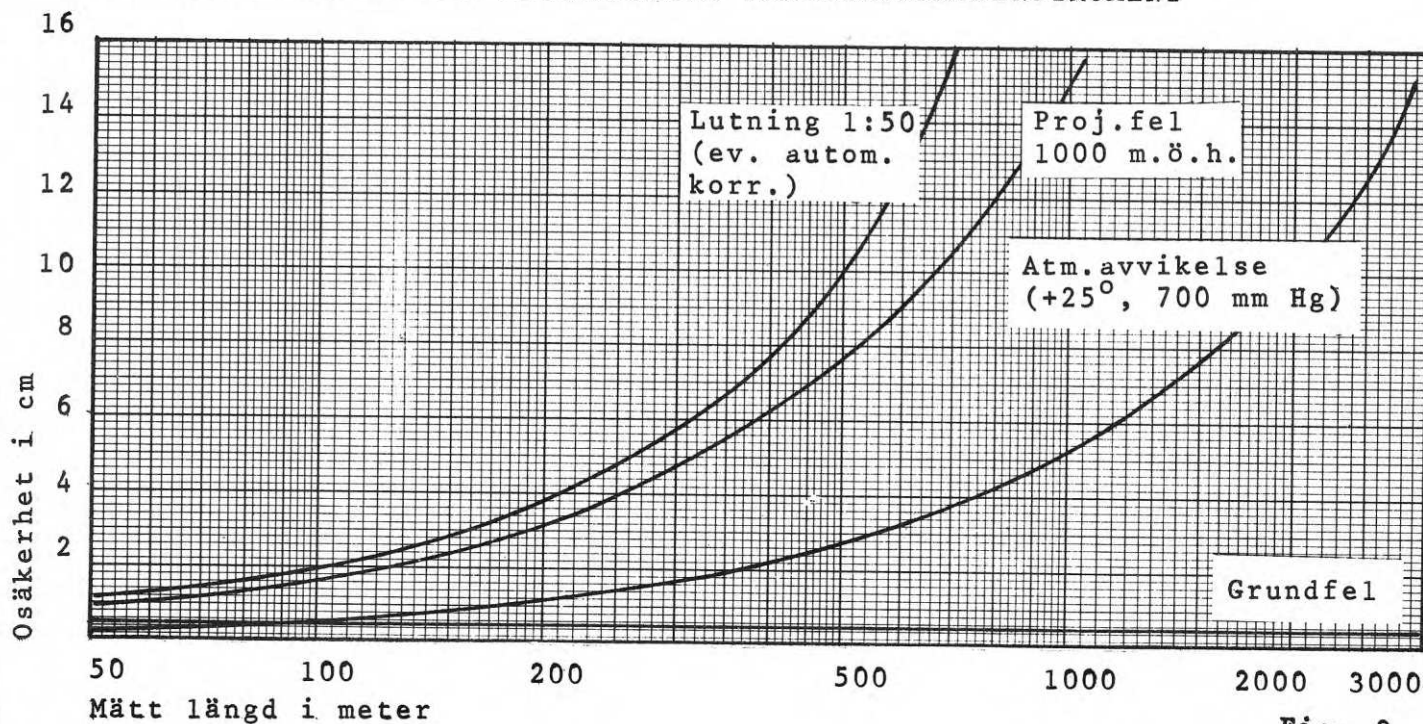


Fig. 8

OSÄKERHETSFAKTORERNAS STORLEKSORDNING  
VID MÄTNING AV HORIZONTALVINKLAR

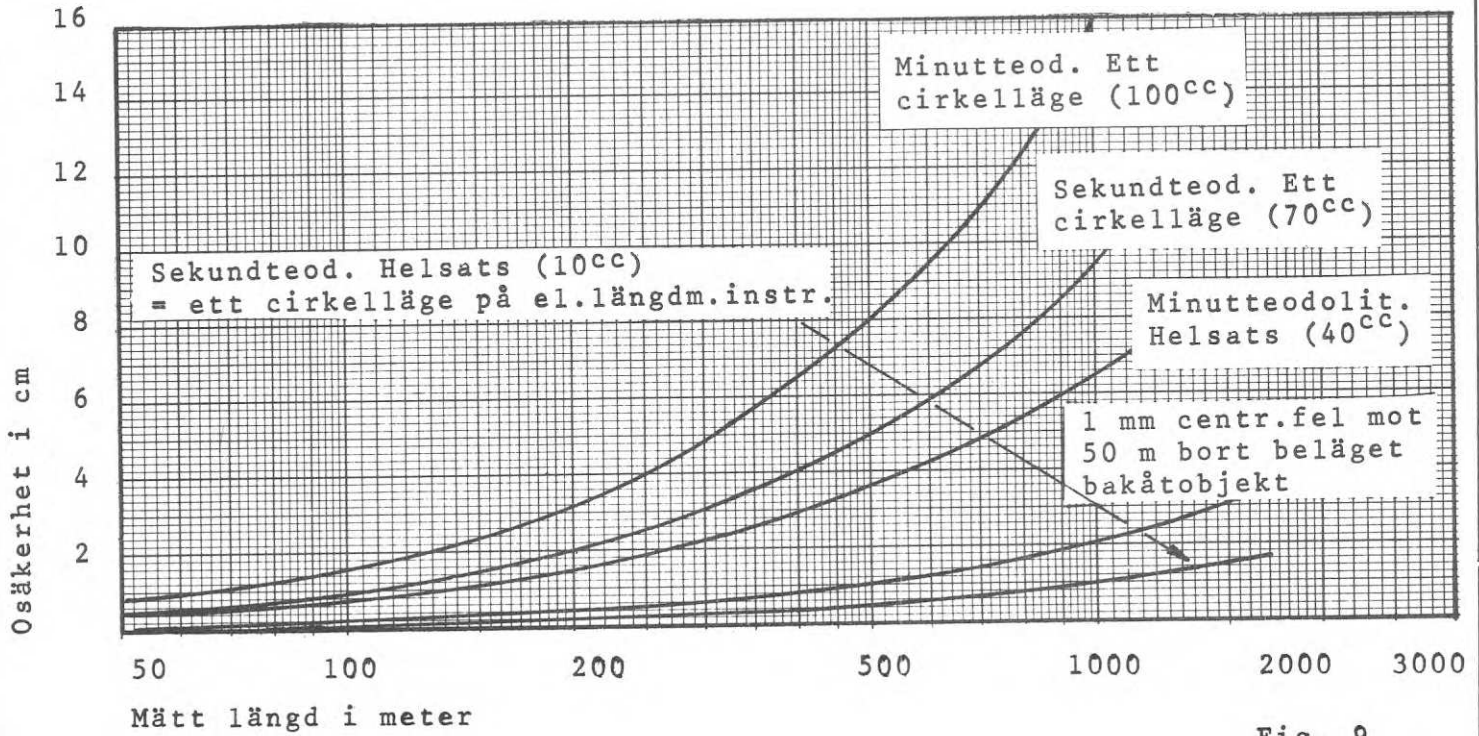


Fig. 9

OSÄKERHETSFAKTORERNAS STORLEKSORDNING  
VID MÄTNING AV VERTIKALVINKLAR

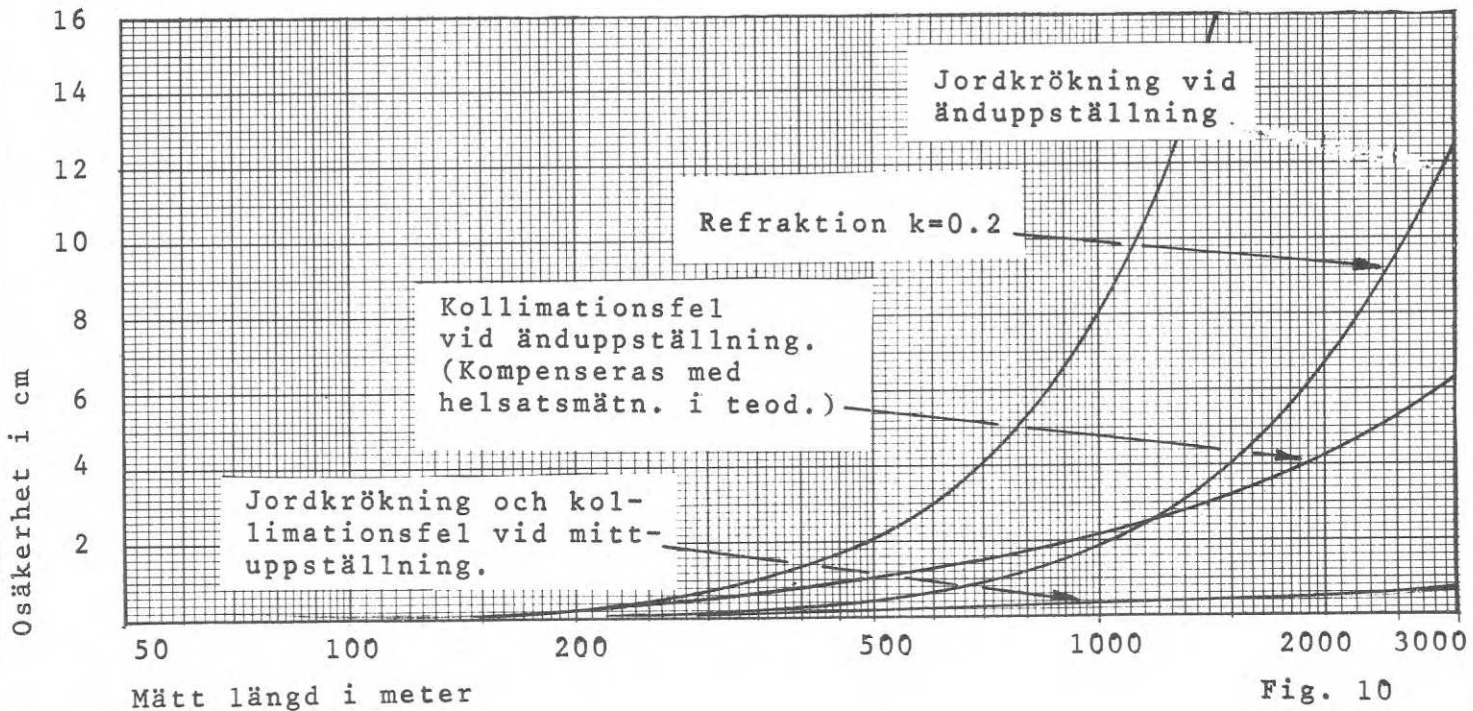


Fig. 10

### Något om polygontåg och andra referenspunkter

Som referenspunkter för utsättning på arbetsplatsen utnyttjas befintliga polygonpunkter eller speciella för detta bygge utlagda punkter och signaler. I samband med inmätning och beräkning av dessa senare punkter och signaler bör följande beaktas.

a) Befintliga polygonpunkter som tillhör olika polygontåg kan ha dm-stora motsägelser sinsemellan, trots att tågen var för sig är av god kvalité. Antingen b r dessa inbördes spänningar mellan punkter från olika tåg vara kända och befunna godtagbara eller så bör endast punkter från ett av tågen utnyttjas. Det primära kravet på arbetsplatsens polygonpunkter måste vara god inbördes överensstämmelse.

b) När ett lokalt polygontåg utläggs bör detta i sina båda ändpunkter anslutas till olika befintliga polygonpunkter. På så vis erh lls kontroll av såväl vinklar som längder i tåget. Ett tåg som börjar och slutar i samma punkt kan innehålla ett skalfel i längdmätningen som ej observeras.

c) Förtätning av referenspunkterna kan ofta lämpligen ske genom inskärning eller avskärning, vilka metoder bygger på enbart vinkelmätning. Denna kan göras både snabbt och noggrant med en teodolit som enda mätinstrument. Mätningarna skall alltid  verbest mmas så att kontroll av mätnoggrannheten erhålles.

### Något om utsättningsteknik

När byggets detaljutsättning genomföres utifrån befintliga polygonpunkter eller signaler, sker detta efter någon av följande huvudmetoder.

a) Polär utsättning. Här placeras instrumentet över en befintlig polygonpunkt, varefter utsättning sker med hjälp av riktning och avstånd till objektet. På korta avstånd är metoden både snabb och noggrann. Vid avstånd överstigande cirka 50 m måste korrigeringar göras för bandböjning, lutning och temperaturförhållanden för att precisionen skall kunna bibehållas. För grövre utsättningar kan metoden med fördel tillämpas utan korrigering även på avstånd upp till 100 m.

b) Avskärning. Här placeras två teodoliter över var sin känd polygonpunkt. Objektet utsätts genom att söka skärningen mellan de två riktningarna från respektive polygonpunkt till objektet. Metoden kan med god precision och utan korrigeringar tillämpas för utsättningar upp till cirka 100 m. På de större avstånden bör dock viss försiktighet iakttas vid användning av minutteodolit.

Eftersom markens kupering eller lutning inte spelar någon roll vid denna utsättningsmetod, och eftersom trafik kan fortgå i siktlinjen under mätningen, är metoden speciellt lämplig i samband med väg- och trafikplatsbyggnad. Utsättningsmetoden är relativt kostsam eftersom den kräver tre utsättare och två teodoliter.

c) Utsättning från fri uppställningsplats. Under senare tid har en helt ny utsättningsteknik börjat tillämpas i byggsammanhang. Denna teknik fungerar i korthet på följande sätt.

Inom arbetsplatsen signaleras så många koordinatkända punkter, att man från i princip godtyckliga instrumentuppställningsplatser inom arbetsområdet kan se minst fyra av dessa signaler.

När en utsättning skall genomföras placeras teodoliten på en godtycklig plats i närheten av utsättningsobjekten. Riktningar slås till fyra av de kända signalerna, varefter en på arbetsplatsen placerad bordsdator eller telefonterminal kan beräkna instrumentuppställningsplatsens koordinater. Fyra riktningar innebär överbestämning av punkten, varför också en automatisk noggrannhetsuppskattning kan genomföras. Över bordsdatorn eller telefonterminalen beställes nu också polära utsättningsdata till de önskade punkterna.

Fördelen med denna nya teknik är att man alltid kan komma intill utsättningsobjektet. Om signalerna ligger inom 200-300 m avstånd från instrumentuppställningsplatsen, så kan denna plats normalt bestämmas med en noggrannhet av endast några mm i förhållande till yttre punkter. Eftersom den polära utsättningen med mätband sedan kan begränsas till 20 à 30 m, kan också den slutgiltiga precisionen i utsättningen hållas hög. Metoden kräver två man i mätlaget, men fordrar i gengäld tillgång till bordsdator eller telefonterminal. Den datatekniska utrustningen kan dock betjäna flera mätlag, varför metoden snabbt blir ekonomisk på större arbetsplatser.

#### Något om lokala koordinatsystem

Det synes helt klart att sådana anläggningar som har en i huvudsak rätvinklig uppbyggnad, men som ligger "snett" i rikets system också bör måttsättas i ett lokalt koordinatsystem. Origo för detta lokala system kan väljas så att koordinatsättningen blir enkel och naturlig. Om koordinatnätet sammanfaller med byggnadens modulsystem kommer också koordinaterna för väggar, pelarrader osv. ofta att utgöras av hela tal. Rumsbredder, relationsmått och liknande kan enkelt beräknas ur angivna koordinater.

Här anges några väsentliga synpunkter vid uppbyggnaden av lokala koordinatsystem.

a) Om flera lokala system förekommer inom samma byggnadsområde skall systemen dels ges unika beteckningar dels helst ges olika storleksordningar på x- och y-koordinater. Detta för att undvika förväxlingsfel. Ett system har exempelvis 1000-tal för x samt 2000-tal för y, ett annat har 3000- resp. 4000-tal för x och y osv.

b) Till varje lokalt koordinatsystem skall anges s.k. transformationskonstanter som möjliggör för en dator att vid behov omräkna de lokala koordinaterna till rikets system (exempelvis vid utsättning). Härigenom är det alltså inte nödvändigt för varken projektör eller byggarbete att "se" punkternas "riktiga" koordinater. Det är en intern angelägenhet för datorn i beräkningsögonblicket.

c) Förväxla ej det ovan beskrivna lokala koordinatsystemet med s.k. måttkedjeritningar, alltså ritningar där endast delmått redovisas. Dessa ritningar innehåller alltför stora riskmoment, eftersom manuella adderingar måste göras för att få fram varje lokal koordinat.

#### Något om toleranser

Det råder ofta stor oklarhet vid diskussion om utsättningsnoggrannhet och toleranser. Dessa frågor skall därför belysas något.

a) Rikets triangelnät. Låt oss först bedöma noggrannheten i triangelpunkterna i rikets triangelnät, alltså de punkter från vilka alla lokala, kommunala polygonpunkter är inmätta. Detta triangelnät som i genomsnitt har 30 km sidor, har en uppskattad punktnoggrannhet på 1-2 dm. Redan detta faktum säger alltså att en byggnad eller annat utsatt objekt aldrig kan placeras noggrannare än på någon dm när i jordens verkliga, teoretiska koordinatsystem.

b) Lokala triangelnät och polygontåg. Med utgångspunkt från rikets triangelnät förtätas punkterna medelst triangulering, polygonnät- eller polygontågsmätning. Den

interna noggrannheten i dessa triangelnät eller polygontåg är ofta mycket god. Det teoretiska avståndet mellan näraliggande punkter avviker vanligtvis endast med några mm från det verkliga avståndet. Däremot förekommer ibland relativt stora s.k. "spänningar" mellan olika triangelnät eller olika polygontåg. Detta beroende på effekten av utjämningsberäkningen över ett stort antal mätta vinklar och längder. Ett långt polygontåg kan svaja på mitten.

Eftersom det inom samma arbetsområde kan förekomma punkter från olika nät eller tåg, bör antingen en kontroll av spänningen mellan punkterna genomföras eller så bör endast det ena systemets punkter utnyttjas. Spänningarna kan vara decimeterstora.

c) Detaljutsättning. Med hänvisning till tabell 1 i denna bilaga och till vad som ovan sagts, angående noggrannheten i utsättning, kan konstateras att en utsatt punkt i slutfasen torde kunna ha en utsättningsnoggrannhet på någon cm i förhållande till utgångspunkten (alltså det lokala stomnätet).

När frågan om toleranser diskuteras, måste man således med hänsyn till ovanstående alltid ha klart för sig vilken tolerans som avses, alltså mellan vilka system som toleransen skall mätas. Den största noggrannhet med vilken näraliggande punkters inbördes läge i förhållande till varandra kan bestämmas torde vara cirka  $\pm 5$  mm.

#### Något om höjdotsättning

Det diskuteras idag med hänsyn till datateknikens utnyttjande på bygget huruvida plan- och höjdotsättning skall utföras var för sig eller i samma utsättningsoperation. Vid närmare studium av denna problematik finner man dock att det i de allra flesta fall synes riktigare att skilja plan- och höjdotsättning från varandra. Här följer argumenten.

a) En höjdotsättning kan vanligen ej göras direkt på rätt höjd. Den färdiga anläggningsdetaljen ligger djupt

ner i den orörda marken eller kanske högt upp i kommande bankfyllnad. Utsättning får alltså göras av lämplig relationshöjd, vanligtvis på jämn meter över eller under den färdiga anläggningsdetaljen.

b) En punkt höjdsättes sällan på sin rätta plats. Där skall ju schaktmaskiner gräva eller lastbilar fylla ut. Punkter för höjdsättning läggs istället vid sidan om anläggningsdetaljerna. Olika system för flukter och lösflukter utnyttjas för att finna anläggningens rätta höjd.

c) Om nu en höjdsättning skulle genomföras i samband med utsättning av anläggningens planläge, så måste information också finnas i datorn om såväl anläggningsdetaljens slutliga höjd som om markens höjd i utsättningsögonblicket. (Ja, det räcker inte ens med markens ursprungshöjd, eftersom bankar successivt byggs upp och schakter successivt växer fram. Flukterna får olika "lämplig" höjd i olika byggskedan.)

Denna information om aktuell arbetshöjd kommer att vara mycket tidsödande att tillföra datorn.

d) Eftersom planutsättningen normalt görs med instrument och utsättningspunkt på olika höjd, måste en eventuellt samtidigt genomförd höjdsättning i så fall göras med lutande instrument. Om avståndet till instrumentet är stort och om lutningen är relativt kraftig måste höjdsättningen ske med speciellt stor noggrannhet. Kollimationsvattenpasset måste ställas in. Vinklar måste mätas med högsta precision osv. Datorn i bakgrunden måste också korrigera horisontella längder till aktuella lutande längder, vilket också kräver uppgift om aktuell instrumenthöjd. Observera att denna noggranna instrumentinställning och höjdberäkning måste göras för varje punkt som skall höjdsättas, medan man vid konventionell höjdsättning från horisonterat instrument kan täcka ett mycket stort område, där samma instrumentinställning utnyttjas.



e) För en separat höjdsättning talar också de nya specialinstrument som framtages för detta ändamål, framförallt då olika laserinstrument. Det kan observeras hur fort utvecklingen av lasertekniken gått. I det första laserinstrumentet utsändes helt enkelt en synlig laserstråle. Denna laserstråle kunde läggas horisontellt eller i en viss lutning, exempelvis längs en rörgrav. Laserstrålen kunde fångas på handen, på ett stycke vitt papper eller direkt på tumstocken.

Utvecklingen har nått nästa skede. Laserinstrument utvecklas där den fasta strålen har ersatts med en roterande sådan. Härigenom är det möjligt att fånga laserinstrumentets referenshöjd på i princip godtyckliga platser inom byggnadsområdet.

## NUMERISKA TERRÄNGMODELLER

Allmänt

De numeriska terrängmodellerna som under senare år utvecklats här i Sverige och på andra håll, har visat sig fylla en viktig funktion i byggprocessen. Markens topografi och geologiska uppbyggnad fångas numeriskt en gång för alla genom fältmätning, fotogrammetrisk mätning, geoteknisk undersökning osv. Ur denna numeriska modell, lagrad i en dator, kan godtyckliga terrängdata sedan interpoleras fram; en tvärsektionering för ett vägprojekt, ett höjdrutnät med önskad rutstorlek för massberäkning av ett bostadsområde osv. Projektörens ändringar i plan behöver inte längre betyda nymätning i fält.

Den numeriska terrängmodellen för ursprunglig mark utgör således utgångspunkten för en rad olika tillämpningsberäkningar under planering, projektering och byggande. Med hänsyn till den utveckling som skett i landet av numeriska terrängmodeller och av tillämpningsprogram till dessa, finns det skäl att se tillbaka på vad som hänt och hämta erfarenheter för den fortsatta utvecklingen. Vi bör då först observera denna tekniks uppdelning i två huvudfaser.

Fas 1: Framställning av en noggrann "sifferbild" av terrängen, alltså den s.k. numeriska terrängmodellen för lagring i datorns minne.

Fas 2: Utnyttjande av denna sifferbild för beräkningar med hjälp av olika tillämpningsprogram.

Terrängmodellen enligt fas 1 kan framställas efter olika inmättnings- och interpoleringsmetoder. De program som utvecklats har visat sig passa olika väl i olika terrängtyper, för olika mätförfaranden osv. I ett sammanhang är en modell bäst, i ett annat sammanhang en annan.

Samma gäller alla utvecklade tillämpningsprogram. Där finns kanske ett bra program för översiktlig massberäk-

ning, där ett annat för enkel efterreglering, där ett tredje för uppritning av nivåkartor osv.

Med hänsyn till ovanstående är det synd att behöva konstatera att det idag finns ett oöverstigligt hinder vad avser ett fritt utnyttjande av tekniken. Det finns ingen möjlighet att lagra terrängmodellen för ursprunglig mark efter system A för att sedan göra vissa tillämpningsberäkningar i system B och vissa andra i system C. Det finns så att säga inga växelspår mellan systemen. Dessa har oberoende av varandra framtagits av respektive utvecklingsavdelning hos företagen A, B och C.

Eftersom utveckling utan tvekan mår bra av att bedrivas på flera olika håll samtidigt som användaren skulle må bra av att känna flexibilitet i utnyttjandet av tekniken vore det önskvärt att på lämplig punkt i systemet söka konstruera en standardkoppling. Denna koppling synes bäst förlagd mellan lagringsprogrammen för de numeriska terrängmodellerna och raden av tillämpningsprogram. Kopplingspunkten kunde exempelvis bestå av en ur respektive terrängmodell färdiginterpolerad "standardmodell" enligt principer som diskuteras längre fram i denna bilaga.

#### Den numeriska terrängmodellen för ursprunglig mark

För inmätning av terrängen och dess underliggande marklager används dels olika mätinstrument, dels olika beskrivningsteknik för de inmätta punkterna.

a) mätinstrument vid beskrivning av överytan.

Vid inmätning av markens överyta utnyttjas i första hand tre mätinstrument;

teodoliter eller liknande instrument för inmätning i fält, fotogrammetriska instrument för mätning i flygbilder eller automatiska linjeföljare för mätning direkt i befintliga nivåkartor.

Angående noggrannheten vid användning av de olika metoderna kan observeras följande. Noggrannheten vid direkt mätning i fält är helt naturligt störst. Även vid fotogrammetrisk mätning är noggrannheten vanligtvis tillräcklig för de krav som kan ställas i samband med detaljprojektering. Däremot är osäkerheten vid mätning i befintliga nivåkartor så stor att metoden endast bör tillämpas vid översiktlig beräkning.

Beträffande kostnaderna för att samla in terrängdata med hjälp av ovan nämnda metoder kan följande sägas.

Inmätning i fält är normalt kostsammast. I svår terräng kan kostnaden överstiga 1000 kr per ha medan den i lätt terräng någon gång kan understiga 500 kr per ha. Motsvarande värden för fotogrammetrisk mätning torde ligga vid 250-500 kr per ha. Dock bör observeras att denna senare metod - vid mätning av mindre områden i lätt terräng - även kan visa sig dyrare än fältmätning. Fotogrammetriens höga startkostnader spelar i dessa fall en avgörande roll.

Med stor sannolikhet kommer de nya kombinationsinstrumenten för samtidig längd- och vinkelmätning att markant minska kostnaderna för mätning i fält. Detta speciellt eftersom instrumenten nu också utrustas med stansaggregat för automatisk registrering av mätdata.

Kostnaden för direkt mätning i nivåkarta med hjälp av linjeföljaren understiger vanligen 50 kr per ha. Metoden är p.g.a. den låga kostnaden mycket användbar i planeringsskedet, men är - som tidigare sagts - p.g.a. sin onoggrannhet ej användbar i projekteringsskedet.

#### b) Beskrivningsteknik för markens överyta.

De mätdata som insamlats över terrängen med någon av de ovan beskrivna metoderna skall nu lagras i datorn för senare användning i samband med massberäkning m.m. De inmätta terrängpunkterna (50-200 st per ha) skall således

representera en komplett bild av terrängen. Med hjälp av mätta punkter skall sedan nypunkter på terrängens "vita fläckar" kunna interpoleras. För att åstadkomma en så god höjdbestämming som möjligt av dessa nypunkter har olika programtillverkare tillämpat olika metoder. Här beskrivs de viktigaste.

a) Inmätta punkter är slumpvis spridda över terrängen. Punkterna antages ligga på en tredimensionell, krökt yta, vanligtvis approximerad till ett polynom av andra eller tredje graden. Nypunkterna höjdbestäms genom beräkning av det matematiska läget för punkten på den krökta ytan.

b) En andra metod förutsätter att terrängen mäts i form av parallella tvärsektioner. Höjdbestämming av nypunkter sker vanligen genom rätlinjig interpolering mellan sektionerna.

c) En tredje metod förutsätter att terrängen beskrivs i form av s.k. terränglinjer. Terränglinjen definieras som en godtycklig linje i terrängen. En nivåkurva är alltså en terränglinje med konstant höjd, en tvärsektion är en terränglinje med konstant riktning osv. Speciellt användbara är de terränglinjer som kallas brytlinjer, varmed avses "synliga" linjer i terrängen såsom vägkanter, släntfötter, dikeskanter, dikesbottnar osv. Nypunkter beräknas i detta fall vanligen genom rätlinjig interpolering mellan punkter på omkringliggande terränglinjer.

En jämförelse av uppkommen noggrannhet vid användning av olika beskrivningsteknik och olika interpoleringsmetod har gjorts inom FIG (Fédération Internationale des Géomètres), under ledning av Carl-Olov Ternryd, Statens Vägverk. Resultaten av denna undersökning visar att samtliga jämförda metoder gav goda sifferbilder av terrängen med åtminstone samma noggrannhet som den som uppnås vid användning av traditionella tvärsektioner, isobaskartor e.d. Valet av olika metod har alltså mer att göra med praktisk lämplighet med hänsyn till terräng och mätmetod än med noggrannhet i nypunktsbestämningen.

c) Mätinstrument och beskrivningsteknik för underliggande marklager.

Ovan har redogjorts för mätinstrument och terrängbeskrivningsmetoder vad avser markens överyta. Underliggande marklager skall också beskrivas. Även här utnyttjas olika mätinstrument och olika beskrivningsteknik. Mätinstrumenten är i första hand tre.

1. Flygbilder och kartor för s.k. bildtolkning.
2. Redskap för borrhning och grävning i mark.
3. Instrument för seismisk markundersökning.

För den översiktliga projekteringen är förstnämnda metoden ofta tillräcklig.

För detaljprojektering görs vanligen provborrningar och provgropar.

Den seismiska undersökningen slutligen har visat sig svår att använda i dessa sammanhang. Detta eftersom metoden ej är tillräckligt noggrann på de relativt små djup som är intressanta ur grundläggningssynpunkt vid projektering och byggande.

De olika markslagens skiktgränser beskrivs vanligen på motsvarande sätt som markens överyta, alltså genom slumpvis inmätta punkter, genom inmätta borrhprofiler i form av parallella sektioner eller i form av godtyckliga djuplinjer (jmf. terränglinjer).

#### En standardiserad terrängmodell

Vi skall här ta upp den tidigare nämnda frågan om möjligheten till en gemensam kopplingspunkt mellan olika terrängmodeller och programsystem. Låt oss upprepa det viktigaste skälet härtill.

Eftersom byggprocessen från planering till byggande sträcker sig över många år, synes det rimligt att en en gång lagrad terrängmodell också skall kunna användas i framtiden för olika tillämpningsprogram oberoende av program-

tillverkare. Den dag terrängmodellen lagras existerar kanske inte ens de tillämpningsprogram som man önskar utnyttja under byggnationen några år senare.

Här skisseras nu principen för en standardiserad numerisk terrängmodell avseende den ursprungliga marken med underliggande marklager.

Observera först att denna standardmodell ej bör påverka de skilda metoderna för insamling av terrängdata och interpolering av nypunkter som beskrivits tidigare. Dessa olika metoder behövs. Det är i stället frågan om att ur dessa olika modeller ta fram och lagra en standardmodell. Den enda restriktion som på så sätt läggs på respektive systemtillverkare är att programmera in kopplingen till ett fritt tillgängligt "standard-modell-lagringsprogram".

Principen för standardmodellen skulle vara att såväl markens överyta som gränsskikten mellan de olika marklagren lagras i form av olika höjdmatriser, alltså en matris för markens överyta, en för vegetationstäckets underkant, en för det fasta bergets nivå osv. Matriserna bör antagligen byggas upp i form av ett mycket finmaskigt rutnät - exempelvis med 25 cm sida. Ett så tätt rutnät har valts för att täcka alla förekommande krav på noggrannhet vid kommande tillämpningar. Det är då naturligtvis inte frågan om noggrannhet i massberäkningen. 20 meters tvärsektioner har ju exempelvis visat sig tillräckligt noggranna vid normal vägmassberäkning. Det är här i stället frågan om att konstruera ett "fisknät" i vilket allt av betydelse fastnar. Ett exempel: 20-meterssektioner duger i vägsammanhang, eftersom man vet att allt av betydelse händer i vägens längdriktning. I ett generellt 20-metersrutnät för ett bostadsområde kan dock en hel rörgrav, en brandpost, ett fundament försvinna mellan "maskorna". För att fortsätta liknelsen med fisknätet skall också sägas att maskorna bör vara noggrannare knutna (höjdbestämda) i 5-, 10- eller 20-meterspunkterna. Mellan dessa punkter är nätet förtätat på enklaste sätt till en finmaskighet som får även brandposten, kabelgraven och blomrabatten att fastna i nätet när en tillämpningsberäkning skall göras.

Här måste poängteras att terrängmodellen i framtiden inte enbart skall fungera som massberäkningsinstrument. Då skulle inte brandposten eller kabelgraven spela någon roll. Om däremot massberäkningen skall integreras med en mängdkalkyl, så är det naturligtvis väsentligt att skilja inte bara berg, jord och fyllning från varandra, utan även rörgravar, asfaltytor, ledningar osv. Skall mängdberäkningen dessutom duga som underlag för en produktionskalkyl så är det också nödvändigt att veta i vilken maska brandposten, kabelgraven, avloppsröret "fastnat".

Det kan kanske synas överdrivet att för dessa smådetaljers skull indela hundratals hektar mark i 25-centimetersrutor. Vid ett närmare studium av problemet finner man dock att en sådan rutindelning kanske kan åstadkommas utan större merkostnad och att en lång rad extravinster istället kan åstadkommas genom att en gång för alla laga en bild av terrängen där ytterligare interpoleringar ej blir nödvändiga. Låt oss studera problem och möjligheter i tur och ordning.

Snabb interpolering.

Eftersom såväl terräng som underliggande marklager vanligen mäts in med en punkttäthet motsvarande 5- till 10-meters punktavstånd, får naturligtvis inte interpoleringen av 25-centimetershöjder överdrivas. Rätlinjig interpolering utföres mellan punkter som motsvarar den använda mätnoggrannheten. Ur datateknisk synpunkt betyder detta att punktförtätningen kan göras mycket snabbt och till låg kostnad. Ingen speciell teknik behöver heller tillämpas för att markera extrema höjdförändringar (lodräta bergväggar o.d.). Sådana höjdförändringar återges korrekt i 25-centimetersnätet.

Begränsat lagringsutrymme.

Följande teknik skulle kunna tillämpas för att på ett begränsat utrymme kunna laga komplett information om plan- och höjdkoordinater för varje 25-centimeterspunkt.



Genom att punkterna lagras i matrisform, är plankoordinaterna för respektive punkt redan kända om bara matrisens läge i koordinatsystemet är känt. Endast höjden på punkterna behöver lagras. För att ytterligare spara utrymme föreslås denna lagring ske på följande sätt.

Matrisens absoluthöjd i övre, vänstra hörnet anges. Därefter anges höjddifferenser mellan 25-centimetersrutorna i matrisens övre rad från vänster till höger. För respektive kolumn i matrisen ges höjddifferensen mellan rutorna uppifrån och ned. Om nu exempelvis höjden i punkt  $H_{79}$  önskas bestämd, summeras de sju första differenserna i övre raden samt de nio första differenserna i nionde kolumnen. Höjddifferensen läggs till höjden för övre vänstra hörnet.

För att ytterligare spara utrymme kan dessa höjddifferenser dessutom anges med olika noggrannhet inom olika differensområden, förslagsvis enligt följande tabell.

Vid en höjddifferens av 0-9 cm mellan två 25-centimetersrutor ges differensen med centimeternoggrannhet (detta ger 10 differenssteg).

Vid differenser på mellan 1-9 dm ges differenserna med decimeternoggrannhet (9 differenssteg).

Vid differenser på mellan 1-5 m ges differenserna med halvmetersnoggrannhet (9 differenssteg).

Praktiskt innebär detta alltså att en viss onoggrannhet kan förekomma i terrängmodellen vid mycket branta stigningar. Eftersom differenserna dock räknas fram ur givna absoluthöjder för varje 25-centimetersruta i samband med lagring av denna höjdmatrix, kan dock alltid eventuell onoggrannhet i brant terräng snabbt återjusteras till centimeternoggrannhet när terrängen åter blir flack.

Med ovanstående förfarande erhålles 28 stycken olika dif-

ferensssteg med positivt tecken (lutning uppåt) och lika många med negativt tecken, alltså summa 56 differenser. Låt oss då se på lagringsutrymmet i en dator. Där lagras på magnetband eller på andra typer av minnen all information i form av binärt representerade alfanumeriska tecken. Med alfanumeriska tecken avses siffror, bokstäver och vissa andra specialtecken, såsom paranteser, asterisker, plus- och minustecken osv. Tecknen byggs upp av sex s.k. bitar, vilket ger  $2^6 = 64$  olika kombinationer. Detta innebär således att våra 56 höjddifferenser kan representeras med vardera ett tecken i datorns lagringsutrymme. (Ett S kan då få betydelsen av 4-4.5 meters nedförslut e.d.)

I sin tur innebär denna kompaktlagring att mer än 50 ha mark kan lagras på ett ordinärt magnetband. Om det skulle visa sig att 25-centimetersrutorna i vissa fall kan utökas till halvmetersrutor (när bygget inte har mindre detaljer), kommer utrymmet att fyrdubblas, dvs. ett ordinärt magnetband kan ta emot ca 200 ha mark osv. Av detta skäl bör naturligtvis rutnätets storlek vara flexibelt eftersom en planering av ett kraftverksbygge ej har samma krav på detaljinformation som ett bostadsområde för radhusbebyggelse.

Rutnätets användningsmöjligheter.

Här skall pekas på några av de fördelar som kan erhållas genom användandet av det ovan beskrivna rutnätsförfarandet.

a) En volymeräkning kan alltid enkelt utföras genom att subtrahera en markmodellmatrix från en likadant uppbyggd anläggningsmatrix. Inga invecklade interpoleringsförfaranden behöver tillämpas i massberäkningskedet. Ingen åtskillnad i beräkningsprinciper mellan anläggningsdelar av olika karaktär behöver göras. (Idag används vanligen olika program för beräkning av vägar, parkområden, husschakter osv., vilket komplicerar beräkningen av bostadsområden, flygfält o.d., där dessa olika beräkningstyper blandas.)

- b) En automatisk uppdelning av olika mark- eller materialslag för såväl terräng som färdig anläggning kan erhållas.
- c) Komplettering eller radering i de olika modellerna kan göras genom att helt enkelt byta ut delar av matrisen vid nymätning eller förändring. Även här kan lokaliseringen av sådana förändringar ske rutinmässigt genom matrisens systematiska uppbyggnad.
- d) Nivåkartor över terräng eller färdig anläggning kan enkelt åstadkommas. Alla nivåkurvorna finns ju i princip färdigräknade på 25 centimeter när.
- e) Schaktplaner med inlagda schaktdjupkurvor kan lätt åstadkommas genom att rita nivåkartor för den matris som erhålles genom subtraktion av terrängmodellen för ursprunglig mark och terrängmodellen för anläggningens lägsta nivå under byggnadstiden.

Det bör slutligen påpekas att en rad väsentliga detaljer angående de föreslagna matrisernas funktion ej kunnat behandlas i denna rapport. I den händelse tankarna synes rimliga och intressanta bör tekniken utsättas för speciellt studium, där såväl de tekniska som ekonomiska möjligheterna slutgiltigt prövas.

#### Kvalitetsdeklarerade terrängmodeller

Erfarenheterna från användningen av numeriska modeller i tekniska beräkningssammanhang har visat behovet av en ordentlig kvalitetsdeklaration av dessa samt en ordentligt genomförd rimlighetskontroll av lagrade data.

Vid teknisk databehandling förleds användaren gärna till att tro att dataresultat måste vara felfria. Datorer kan ju inte göra misstag. Ändå borde så många frågor ställas. Från vilket grundmaterial har terrängmodellen lagrats? Från en nivåkarta med tvivelaktig kvalitet eller kanske tvärtom genom en detaljerad fältmätning? Vilka kontroller har gjorts i samband med lagringen av data? Finns alla stansfel kvar i datorn? Finns alla mätfelen kvar? Hur

stor var den ursprungliga punkttätheten? Vilken teknik har tillämpats vid interpolering av nypunkter? Osv.?

Kort sagt borde varje numerisk terrängmodell som lagrats i en dator vara försedd med "VDN-deklaration". Exempelvis i form av en etikett längst fram på det magnetband där modellen finns lagrad. I tabell 2 redovisas ett förslag till rubriker för en sådan etikett för numeriska terrängmodeller.

I denna VDN-deklaration ingår också uppgifter om huruvida den lagrade terrängmodellen har utsatts för rimlighetskontroller avseende lagrade data. Behovet av en sådan rimlighetskontroll av ingångsdata kan inte nog poängteras. Om möjligt bör en sådan kontroll redovisas grafiskt. Det finns nämligen ett område där människan fortfarande har övertag över datorn även när det gäller att behandla stora mängder information och det är just utvärderingen av ritningar. Studera exempelvis ritningsbilaga 2, som utgör den grafiska kontrollen av en lagrad terrängmodell. Människan kan med ett ögonkast konstatera att något är fel vid de två markerade punkterna. Terrängen har mätts från nivåkarta och här ger sig nivåkurvorna iväg. Motsvarande undersökning gjord av datorn skulle ha blivit betydligt dyrbarare och antagligen långsammare. Människans öga och hjärna kan uppfatta och sortera ett grafiskt datamaterial med förvånansvärd snabbhet. Den grafiska kontroll som här beskrivs bör säkerligen också tillämpas i en lång rad andra sammanhang, exempelvis vid koordinattolkning för utsättningsberäkning.

#### Den numeriska terrängmodellen för färdig anläggning

Även den färdiga anläggningen har överyta och underliggande markslag eller - kanske bättre uttryckt - materialslag. Dessa kan exempelvis utgöras av asfalt, bärlager, förstärkningslager, matjord, stenfyllnad i bank osv. Även här bör tekniken med beskrivning av numeriska modeller tillämpas.

Naturligtvis skulle den färdiga anläggningens överyta kunna beskrivas med samma tre metoder som utnyttjades

Tabell 2

Rubriker vid kvalitetsdeklaration av numeriska terrängmodeller. Kryssen i de högra kolumnerna visar vilka uppgifter som skall redovisas vid olika inmätningmetoder.	Terrester mätning	Fotogr. mätning	Grafisk mätning
TERRÄNGMODELLENS BETECKNING	x	x	x
TERRÄNGENS ÖVERYTA			
Inmätningmetod (terrester, fotogr. el. grafisk)	x	x	x
Kartskala och ekvidistans			x
Terrester planmätning (sektionering eller inmätn. fr. pol.tåg)	x		
Terrester höjdmätning (nivellering, trigon.höjdm. el. takymetrering)	x		
Flyghöjd		x	
Antal höjdstöd per modell		x	
Antal planstöd per modell		x	
Stödets spridning i modellen		x	
Förekomsten av markkontroller		x	
Genomsnittligt antal mätta pktr per ha	x	x	x
Typ av terrängbeskr. (terr.linjer, sektioner, enst. pktr)	x	x	x
Utförd rimlighetskontroll vid lagring (grafisk eller numerisk i plan resp. höjd)	x	x	x
Fältmätningen utförd av (firma och år)	x		
Fotogrammetrisk mätning utförd av (firma o. år)		x	
Grafisk mätning utförd av (firma o. år)			x
Terrängmodellen lagrad av (firma o. år)	x	x	x
Terrängmodellen lagrad med program (bet.)	x	x	x
UNDERLIGGANDE MARKLAGER			
Delområde (redovisning i koordinater för områdesgräns)	x	x	x
Lagertyp (berg, fast botten osv.)	x	x	x
Inmätningmetod (bildtolkning, sandbornn. osv.)	x	x	x
Punkttäthet inom mätt område	x	x	x
Undersökningen gjord av (firma o. år)	x	x	x
<p>EXEMPEL</p> <p>Terrängmodell: ÖSTERÅKER 1</p> <p>Modellen har inmätts genom grafisk tolkning från karta.</p> <p>Kartskala: 1:2000. Ekvidistans 2 m.</p> <p>Genomsnittlig punkttäthet är ca 150 pktr per ha.</p> <p>Terrängbeskrivning genom terränglinjer (nivåkurvor).</p> <p>Grafisk rimlighetskontroll utförd i plan.</p> <p>Numerisk rimlighetskontroll utförd i höjd.</p> <p>Mätningen utförd av Markdata 1971.</p> <p>Terrängmodellen lagrad av Markdata 1971 med program NADB 2116.</p> <p>Berg i dagen har fastställts medelst flygbildstolkning.</p> <p>Övrigt berg eller gräns mellan friktions- och kohesionsjordar har ej undersökts.</p>			

för beskrivning av den ursprungliga markmodellen, alltså genom mätning av enstaka punkter, av sektioner eller av terränglinjer.

I den färdiga anläggningen förekommer dock ofta byggnadsdetaljer som ej kan beskrivas med annat än motsvarigheten till den tredje typen, alltså med terränglinjer. Låt oss här kalla dem anläggningslinjer.

Sålunda har exempelvis grunden för ett hus med sina vertikala slänter ett utseende som svåreligen låter sig fångas med hjälp av slumpvisa punkter eller 20 m tvärsektioner, vilka senare lätt hamnar både i fel läge och i fel riktning. Svårigheten i att fånga byggnadsdetaljer utan dessa anläggningslinjer, är ännu mera markerad om vi går till sådana detaljer som annars helt försvinner i en felaktigt inmätt anläggningsmodell, alltså rörgravar, brandposter o.d. Ur massynpunkt spelar detta kanske ingen avgörande roll, men i de fall - och det är ju målsättningen - anläggningsmodellen också skall användas för mängdberäkning och produktionskalkyl, så är det nödvändigt att kunna fånga även de mindre detaljerna och att kunna skilja på dessa. Man behöver veta kvadratmeter asfaltyta, längdmeter avloppsrör, antal brandposter, kubikmeter förstärkningsgrus osv.

För att hittills hjälpligt klara ovan relaterade problem i befintliga programsystem har volymberäkningen vanligen måst uppdelas i flera etapper; vägarna räknas för sig, husschakter för sig, rörgravar för sig, terrängmodellering för sig osv. Man torde utan överdrift kunna påstå att denna komplicerade uppdelning av den färdiga anläggningen i olika beräkningsdelar hittills förorsakat de söttrsta problemen i samband med utnyttjandet av terrängmodeller.

Problemen bör beaktas vid utveckling av nya program och skall här något diskuteras.

För beskrivning av den färdiga anläggningen och dess komponenter kan dels den automatiska linjeföljaren utnyttjas, dels tabeller för ifyllning av ingångsdata.

Linjeföljaren utnyttjas med fördel överallt där noggrannheten i den höjdsatta planritningen är tillräcklig för

att beskriva anläggningen. Detta gäller exempelvis hus-  
schakter, parkområden, hårdgjord allmän mark. slänter osv.

En del anläggningsdetaljer såsom vägar och gator bör dock  
anges i tabellform eftersom detaljerna ifråga har en  
matematiskt bunden form i plan och höjd som bäst låter  
sig beskrivas i exakta formler.

För rörgravar o.d. gäller normalt att planläget kan be-  
skrivs grafiskt medan profilen är matematiskt bunden.

För att i detalj beskriva vissa anläggningsdelars utseende,  
måste plan- och profilbeskrivningen kompletteras med be-  
skrivning av en typsektion eller liknande. Med typsektion  
beskrivs vanligen gator och vägar, liksom kabelgravar och  
rörgravar. Det kan nu också bli aktuellt att för andra  
typer av anläggningsdetaljer ge typsektioner eller "recept".  
Sålunda kan exempelvis en brandpost beskrivas med ingående  
materialdelar, ianspråktaget utrymme i marken, mängd åter-  
fyllnadsgrus osv. En på så sätt receptbeskriven brandpost  
kan entydigt låsas i terrängen genom angivande av plan-  
och höjdläge för en definierad punkt på brandposten samt  
hänvisning till "receptet".

Det bör observeras att anslutningsslänterna är de anlägg-  
ningsdetaljer som markant skiljer sig från övriga och där  
speciell omsorg måste nedläggas för att nå ett effektivt  
resultat. Övriga anläggningsdetaljer kan nästan undantags-  
löst beskrivas i sin helhet, medan slänterna ofta bara  
kan antydast med sin startposition. Därefter vore det  
önskvärt att datasystemet själv kunde anpassa slänten  
till omgivande terräng. Eftersom önskemålen om utform-  
ning av slänten varierar avsevärt (propellerslänter,  
rundade slänter osv.) kan det dock vara svårt att ut-  
forma väl fungerande släntberäkningsprogram.

För att sammanfatta synpunkterna på beskrivningsteknik  
för den färdiga anläggningen redovisas i tabell 3 de  
olika typer av anläggningsdetaljer som vanligen före-  
kommer samt hur dessa bör beskrivas i plan, profil och  
detaljutseende.

För att kunna göra en massberäkning för en hel anläggning bör nu de olika anläggningsdelarna, som beskrivits enligt ovan, lagras i datorn i analogi med den ursprungliga terrängen, alltså i ett rutnät med motsvarande täthet. Analogt med olika marklager lagras här matriser för olika materialslag. Fördelarna med en sådan matrislagring är även här betydande. De olika anläggningsdelarna (vägar, husgrunder, parkområden osv.) kan lagras i samma modell. Markerade schaktkanter kommer tillräckligt exakt i rutnätet (p.g.a. finmaskigheten). Alla ingående mängder kan lokaliseras noga. Kommande massberäkningar kan göras genom subtraktion mellan mark- och anläggningsmodell. Modellen kan enkelt kompletteras och ändras.

Tabell 3

Typ av anläggningsdetalj	Planläge beskrivs med	Höjdläget beskrivs med	Detaljutseende ges med
Vägar Alt. 1	Tabell (ex.vis 2101)	Tabell (ex.vis 2106)	Typsektion (ex.vis 2106)
Vägar Alt. 2	Linjeföljaren	Tangentbordet på linjeföljaren	Beskrivning av skikt-tjocklekar
Flygfältens startbanor taxibanor m.m.		- Se vägar -	
Husschakter o.d.	Linjeföljare eller tabell (ex.vis 2404 eller 2117)	Tangentbordet på linjeföljaren eller tabell (ex.vis 2117)	Eventuell skiktbeskrivning
Rörgravar o.d.	Linjeföljaren eller tabell (ex.vis 2101, 2404)	Tabell (ex.vis 2106)	Tvärsektionsbeskrivning
Brandposter fundament o.d.	Linjeföljaren eller tabell (ex.vis 2404)	Plushöjd	Receptbeskrivning
Områden för terrängmodellering	Linjeföljaren	Tangentbordet på linjeföljaren	Ev. skiktbeskrivning
Slänter	Linjeföljaren eller tabell	Tangentbordet på linjeföljaren eller tabell	Ev. skiktbeskrivning



### Något om tillämpningsberäkningar

Om vi nu förutsätter att såväl ursprunglig terräng som färdig anläggning finns lagrade med sina olika mark- och materialslag, så kan också ett studium göras av vissa tillämpningsmöjligheter.

- a) Om en volyMBERÄKNING genomföres mellan den färdiga anläggningens lägsta nivå och den ursprungliga markmodellen, erhålles alla schakter inom byggnadsområdet som resultat. Schakterna kan utan svårighet uppdelas i olika markslag. VolyMBERÄKNINGEN utföres som en subtraktion mellan använda matriser.
  
- b) Om en volyMBERÄKNING genomföres mellan den färdiga anläggningens överyta och den färdiga anläggningens lägsta nivå, erhålles på samma sätt alla fyllnadsmassor vilka även kan uppdelas i skilda materialslag.
  
- c) Om ingående material i den färdiga anläggningsmodellen sorteras efter byggnadsetappernas geografiska lokalisering, erhålles mängderna "tidssorterade" för produktionskalkylen.
  
- d) Om en uppdatering göres under byggnadstiden av i första hand de ingående materialen i den färdiga anläggningsmodellen men även av förbrukade mängder i den ursprungliga markmodellen, kan dagsläget under hand kontrolleras. Vilka arbeten har utförts? Vilka återstår? Hur mycket ändringar har tillkommit? Vilka materialbeställningar skall göras inom den eller den byggnadsetappen? Är allt material nedstoppat inom visst område innan asfaltering påbörjas? Osv.?

Beträffande massBERÄKNINGEN som genomföres enligt a) och b) ovan bör vissa principfrågor angående noggrannheten beaktas. MassBERÄKNINGEN får inte bli självändamål. Det är de arkitektoniska, säkerhetstekniska och miljövårdande frågorna som helt naturligt är styrande. MassBERÄKNINGEN-instrumentet används för att under givna premisser hitta bästa plan- och höjdläge. Bästa läge är oftast en massbalans, där hänsyn tagits till eventuella sidotag och

sidotippar. Massor kan ju behövas vid nästa byggnads-  
etapp. Massor kan finnas tillgängliga från annat bygg-  
nadsområde osv.

Massbalansen kan - i byggnadsprocessens olika skeden -  
endast utföras med den precision som respektive ingångs-  
data tillåter. Under planskedet där terrängmodellen  
kanske utgöres av en nivåkarta med 5 m ekvidistans, är  
ofta en enda databeräkning med efterföljande manuell  
korrigerig tillräcklig. I projekteringsskedet kan tre  
till fyra detaljberäkningar vara nödvändiga för att hitta  
rätt.

Den onoggrannhet i massberäkningen som ovan antytts för  
de olika skedena bör bedömas till sin storlek. Om möjligt  
bör ett spelrum lämnas till efterföljande skede, ett  
spelrum som är lika med eller större än osäkerhetsfaktorn  
i beräkningen. Detta innebär att arkitekten i planerings-  
skedet ej bör låsa höjdsättningen snävare än att eventu-  
ella massfel p.g.a. osäkra ingångsdata kan rättas till  
under projekteringsskedet.

Eventuellt borde även byggaren ges en viss frihet vad  
avser höjdsättningen. Eftersom värdet på många parametrar  
såsom bergets svällning, markundersökningens noggrannhet,  
markens sjunkning under bank osv. ej ger sig till känna  
förrän under byggnadstiden, vore det säkert fördelaktigt  
för byggekonomin om höjdsättningen kunde anges med vissa  
toleranser. Naturligtvis tillåter inte byggnadstempot  
att plushöjder ändras hur som helst inom anläggningen.  
Däremot kanske det inte skulle spela någon roll om höjd-  
systemet över hela området eller över en del av området  
flyttades några centimeter upp eller ned. Mer skulle  
säkert inte behövas för att kunna åstadkomma betydande  
massvinster. Skulle en sådan, under byggnadstiden viss  
angiven frihet i höjdsättningen, kanske t.o.m. locka byg-  
garen till fasta priser för markarbetet med därav följande  
minskade kostnader för kontrolluppmätning och reglering?  
Problemet kan ju liknas vid att en nybyggd båt fått vatten-

linjen felaktigt påmålad. Vid upptäckten av detta efter sjösättning är det ju vettigare att måla om vattenlinjen (ändra höjdsystemet) än att bygga om båten (taga ut eller stoppa i onödiga massor).

## MASSBERÄKNING ELLER MASSOPTIMERING

Eftersom frågan om en eventuell automatisk optimering idag ofta diskuteras skall problemet också belysas i denna utredning.

Ämnet har i debatten visat sig mycket kontroversiellt. Eftersom författaren till denna rapport har sina åsikter klart i det ena av två läger, bör bilagan ses som en partsinlaga och ett diskussionsinlägg och inte som en integrerad del av rapporten i övrigt.

Det finns idag två typer av markhanteringsprogram:

1. Sådana program som massberäknar en given höjdsatt anläggning.
2. Sådana program som optimerar anläggningens höjdläge med hänsyn till massåtgång och kostnad för massförflyttning.

Den ovan beskrivna indelningen av markhanteringsprogram hänför sig till programtillverkarnas egna rubriceringar. Vid ett närmare studium av verkningssättet hos dessa program, kan dock starkt ifrågasättas om rubriceringen "automatisk optimering" verkligen är adekvat.

Vid en automatisk optimering av anläggningars höjdläge bör hänsyn ha tagits till bl.a.:

- byggnadskostnadernas påverkan av olika nivåplanering. En hög markhanteringskostnad ger ju normalt lägre byggnadskostnad (jämnare mark att bebygga) och vice versa.
- transporten av schaktmassor till fyllnadsområden. Denna massdisponeringskostnad är i sin tur beroende av väderlek vid byggnation, tillgängliga transportvägar, tillgång till sidotag och sidotippar, maskinparkens sammansättning osv.
- etapputbyggnader samt möjligheten att utnyttja gott material som uttages på arbetsplatsen för andra änd-

mål än för utfyllnad.

- värdet av miljö och trivsel.
- osäkerhetsfaktorerna i ingående datamaterial. Sväller berget enligt förutsättningarna? Sätter sig bankarnas undergrund enligt antagandena? Ligger underliggande marklager på rätt nivå? Osv.?

Någon invänder nu naturligtvis att det inte är fel att göra en noggrann optimeringsberäkning även om många av de ingående parametrarna får anses osäkra. Nej, det är det naturligtvis inte under vissa förutsättningar.

a) Att användaren är helt klar över den använda optimeringsmetodens begränsningar och därför själv kan värdera osäkerhetsfaktorerna och därigenom rätt bedöma slutresultatet. Få är idag så kunniga. Får användaren ett dataprogram i sin hand som sägs "optimera" resultatet, så glömmer han ofta sina egna bekymmer och låter programmet lösa uppgiften i hopp om att resultatet är det enda riktiga. Oraklet - datorn - har ju tagit ansvaret.

b) För att en optimeringsberäkning över huvud taget skall vara motiverad, måste det vara helt klarlagt att alla okända respektive osäkra parametrar endast marginellt påverkar slutresultatet. Det lönar sig föga att optimera krusningarna på havet om vågornas storlek är okända. Denna utredning tillåter inte ett djupare studium av alla ovan beskrivna faktorerers inverkan vid optimeringsberäkning. Dock torde kunna påstås att ingen annan heller försökt mäta denna inverkan, men att det trots detta finns många som påstår sig kunna utföra korrekta optimeringsberäkningar.

För att dessa uttalanden inte skall behöva uppfattas som ilsken kverulans, där uppmuntran istället vore bättre (det gäller ju att sikta mot himlen för att nå skogsbrynet) skall följande sägas. Varje vidareutveckling av en teknik är naturligtvis värd all uppmuntran. Denna vidareutveckling får dock inte bedrivas under falsk ursprungsbeteckning.

Inget av de programsystem som idag används för s.k. massoptimering av byggnadsområden utför några egentliga optimeringsberäkningar. På sin höjd görs massbalanseringsberäkningar eller automatiska alternativberäkningar för att uppfylla vissa enkla givna kriterier. Då bör också programsystemen kallas för någonting som associerar till detta. Speciellt med tanke på att användarna av programmen ofta är obevandrade i datateknik och alltför okritiskt låter sig påverkas av programrubriker och skriven information.

c) Innan alltför många systemmän och programmerare kastar sig över den till synes attraktiva bit av utvecklingen som automatisk massoptimering utgör, så bör de också studera och ta lärdom av de mycket bistra erfarenheter som dragits inom vägprojektering och vägbyggande under den senaste tioårsperioden. I Amerika och i hela Europa har man brottats med optimeringsproblemet i samband med vägprojektering. Den längst gående utredningen har utförts av det franska företaget BCEOM. Målsättningen var från början att låta datorn automatiskt inlägga såväl plan- som profilläge för en väg mellan två givna ändpunkter A och B. Optimeringskriteriet bestod i att erhålla minsta totala kostnad för byggande och trafik. Efter cirka två års studier uppgavs målsättningen att samtidigt optimera plan och profil. Man utgick från ett låst planläge och hoppades att datorn nu skulle kunna optimera vägprofilen med ovan angivna optimeringskriterier. Inte heller denna målsättning synes hittills ha kunnat uppnås.

Inom NVF genomfördes under 1968 en undersökning som avsåg att bedöma möjligheterna att enbart optimera förflyttningen av massor vid ett redan givet plan- och höjdläge. Resultatet av denna utredning visade att även en så begränsad optimering var svår att genomföra. De faktorer som tillkommer under byggnadstiden i form av oförutsedda väderleksförhållanden, maskinparkens uppbyggnad, använd planeringsteknik, lagstadgad personalbeläggning, tillgång till sidotag och sidotippar osv.

gjorde att endast ungefärliga riktlinjer för massdisponeringen kunde fastläggas under projekteringsverksamheten.

I samband med detta resonemang bör observeras att andra typer av anläggningar än vägar, alltså bostadsområden, industrier, flygfält osv. normalt innehåller många fler optimeringskriterier. En väg är relativt låst i plan och höjd genom minsta tillåtna horisontalkurvor, vertikallradier och lutningar. Ett byggnadsområde kan ha hundratals delområden som relativt oberoende av varandra kan skjutas i höjddled. Antalet möjliga alternativ är obegränsade.

Om resurser idag kunde mobiliseras för att kartlägga utbytet av en optimering vid beräkning av markarbetet inom en sådan anläggning, skulle resultatet förmodligen visa en mycket flack optimeringskurva, där tusentals från varandra relativt olika slutlösningar skulle ge ungefär samma optimala resultat.

d) Med hänsyn till ovanstående förefaller det inte bara onödigt utan också direkt felaktigt att f.n. satsa energi på programmering av optimeringssystem. Fel därför att det finns så många mer näraliggande uppgifter som nu snabbt borde lösas.

- Hela tekniken med numeriska terrängmodeller och databehandlad massberäkning är ny för landets ingenjörer och tekniker. Det tar flera år för branschen att lära det som idag serveras. Människor skall utbildas, skall förstå denna teknik, och skall lära sig använda den på ett effektivt sätt.
- Terrängmodellerna bör i vissa avseenden standardiseras för att tillgängliga programsystem skall kunna användas mer flexibelt.
- Terrängmodellerna bör "VDN-deklareras".
- Systemens in- och utgångar bör effektiviseras. Användarna av systemen tvingas idag alltför mycket till

tabellifyllning och siffergranskning.

- Marknadens moderna instrument för fältmätning och datainsamling bör integreras i databehandlingsprocessen.
- De automatiska ritapparaterna bör utnyttjas för en vettig presentation av slutresultaten.

Det är en överhängande risk för att datatekniken aldrig kommer att fungera om systemmän och programmerare tillåts hoppa från det ena projektet till det andra som humlor mellan väldoftande blommor. Det räcker inte med att snickra ihop skelettet till en ny teknik och sedan hoppas att någon annan skall sätta kött på benpiporna. Utvecklingsfarten får inte bli för hög. Det gäller att bygga ut åt sidorna istället för att spränga nya vallar. Avståndet mellan utvecklare och användare är redan betänkligt stort. Tänjes det ytterligare förloras kontakten.



## DATABANKER

Allmänt

"Koordinater i bebyggelseprocessen" heter denna utredning. I utredningen påvisas behovet och nyttan av en samordnad lägesorientering av byggets alla komponenter. Det är då också naturligt att väcka frågan om behovet av en kommunal databank som informationskälla för projektörer och byggare.

Denna databank skulle bestå av teknisk grundinformation lagrad på magnetband på någon större datacentral. Information ur denna bank skulle kunna hämtas ut via de allt vanligare förekommande telefonterminalerna som finns på projekteringskontor och arbetsplatser. De närmast aktuella rubrikerna i en sådan databank torde vara:

- Databank för områdets triangelpunkter och polygonpunkter.
- Databank för befintligt kartmaterial.
- Databank för befintliga numeriska terrängmodeller.
- Databank för utförda markundersökningar.
- Databank för viktiga anläggningsdetaljer, såsom rörgravar, kabelgravar, brandposter m.m.

Här nedan behandlas rubricerade databanker i tur och ordning.

Databank för områdets triangelpunkter och polygonpunkter

Varje triangelpunkt, polygonpunkt eller annan känd punkt beskrivs med

1. x-, y- och z-koordinater.
2. Beteckning inklusive uppgift om tillhörighet till visst polygontåg eller polygonnät.
3. Punktkvalité.
4. Inmättningsår.
5. Typ av befästning.

Genom att på dataterminalen ange områdesgränser kan be-

fintliga utgångspunkter för mätarbetet smidigt erhållas. Kompletterande information kan sedan hämtas på Stadsingenjörskontor eller liknande.

#### Databank för befintligt kartmaterial

Kartor framställs i många olika sammanhang, exempelvis vid vägprojektering, vid industriplanering, vid husbyggnad osv. Dessa kartor kan ofta i senare sammanhang vara till mycket stor nytta när nya projekt skall planeras. Det är idag svårt att få en samlad information om utfört kartarbete.

Databanken för befintligt kartmaterial skulle exempelvis ha följande rubriker:

1. Kartans begränsningar i form av x-max, x-min, y-max och y-min.
2. Kartans beteckning.
3. Kartans originalskala.
4. Kartans ekvidistans.
5. Kartans arkivplats.

Denna information räcker för att bedöma värdet av befintligt kartmaterial. Kartan kan sedan närmare studeras på arkivplatsen.

#### Databank för befintliga numeriska terrängmodeller

Allteftersom det blir allt vanligare att inmäta terrängen i form av numeriska modeller, kommer också behovet att öka för en arkivering av dessa terrängmodeller för senare användning.

Även denna information kan lämpligen arkiveras i den kommunala databanken. Informationen bör omfatta följande uppgifter:

1. Terrängmodellens begränsningar i form av x-max, x-min, y-max och y-min.
2. Terrängmodellens beteckning.
3. Terrängmodellens punkttäthet.

4. Terrängmodellens tillverkningsår.
5. Terrängmodellens tillverkningsmetod. (Terrester mätning, flygbildsmätning eller grafisk mätning.)
6. Terrängmodellens arkivplats.

Även här är dessa uppgifter tillräckliga för att bedöma terrängmodellens användbarhet. Närmare uppgifter kan sedan hämtas på arkivplatsen.

#### Databank för utförda markundersökningar

Markundersökningar är kostsamma och tidsödande att utföra. Det är därför väsentligt att hålla insamlat material tillgängligt för framtida bruk. Databanken för tidigare utförda markundersökningar bör innehålla följande rubriker:

1. Markundersökningens begränsningar i form av x-max, x-min, y-max och y-min.
2. Typ av markundersökning (seismisk sprängning, sondborring osv.).
3. Undersökningsår.
4. Arkivplats.

#### Databank för vissa anläggningsdetaljer

I samband med byggnation framställs idag s.k. relationsritningar dvs. ritningar över det slutliga och verkliga läget av vissa utförda anläggningsdetaljer. Dessa relationsritningar har hittills vanligen inte anslutits till rikets koordinatsystem eftersom byggaren inte haft tillgång till detta. I framtiden torde det dock vara lika lätt att relatera anläggningsdetaljerna till rikets system som till något annat. Fördelarna är uppenbara. Risken finns ej längre för att angivna relationsmått, p.g.a. rivning eller nybyggnation kan få felaktig tolkning. Koordinatsystemet är alltid entydigt.

Anläggningsdetaljer som är lämpliga att lagra i denna databank torde i första hand vara följande:

1. Elkablar.
2. Dag- och spillvattenledningar.

3. Vattenledningsnät.
4. Avloppsnet.
5. Brandposter, brunnar och liknande.

För var och en av dessa detaljer bör databanken innehålla uppgifter om:

1. x-, y- och z-koordinater för mätpunkter, brytpunkter eller liknande.
2. Byggnadsår.
3. Byggare.

Det finns i denna utredning inte plats att undersöka kostnader för den skisserade databanken.

Om en fördjupad utredning härom göres bör följande frågor i första hand besvaras:

1. Hur stora datamängder blir det frågan om för de olika delbankerna?
2. Vilken är den maximalt önskvärda åtkomsttiden vid uthämtning av information från banken?
3. Vilka är de fasta lagringskostnaderna på en datacentral?
4. Hur stora är kostnaderna för uthämtning av information från banken?

## PROGRAMBILAGA

I denna bilaga redovisas sådana program som bör ingå i ett integrerat byggprocesssystem. Många av programmen finns tillgängliga hos en eller flera dataserviceföretag, andra däremot har ännu ej utvecklats.

### PLANERINGSSKEDET

#### Program för beräkning av kommunala kostnader.

Programmet, som ej finns utvecklat, bör ur befintliga dataregister såsom fastighetsregister, befolkningsregister, bilregister, markvärderingsregister och liknande, hämta information för bedömning av de kommunala kostnaderna såsom VA-kostnader, marklösenkostnader, gatukostnader, skolkostnader, kostnader för affärs- och köpcentra m.m.

#### Program för beräkning av preliminära massor och mängder.

Programmet, som ej finns utvecklat, bör fungera som detaljskedets massberäkningsprogram, men bör ta tillvara varje möjlighet till enkel och billig datahantering. Schablonbeskrivning av terräng och färdig anläggning bör göras med hjälp av nivåkartor, anläggningsskisser och erfarenhetsvärden. Data bör fångas automatiskt via linjeföljare. Resultatet bör presenteras i koncentrerad form och helst med feluppskattning i redovisade siffror.

#### Program för grov utsättning.

Detta program kan säkerligen vara identiskt med något av detaljskedets utsättningsprogram. Den grova utsättningen görs enklast och billigast såsom en polär utsättning från befintliga polygonpunkter med hjälp av s.k. reduktionstakymeter, alltså ett instrument där såväl vinkel som grovt avstånd kan avläsas direkt.

### Program för uppritning av perspektiv.

Detta program, som finns utvecklat i vissa preliminära former, skall utföra matematiskt korrekta systemskisser för perspektiv, vilket bl.a. innebär att bilden skall innehålla uppgifter om blickpunkt, betraktningsavstånd och liknande. Med hjälp av dessa systemskisser kan arkitekten sedan utforma mer detaljerade och vackra, men ändå riktiga perspektiv utan teleeffekter, vidvinkleffekter o.d. Även här gäller det att finna metoder för snabb och enkel fångst av ingångsdata. Linjeföljaren uppfyller åter kraven.

## PROJEKTERINGSSKEDET

### Mätningstekniska program

Program för beräkning av triangelnät.

Avancerade program finns för triangulering och återföljande utjämningsberäkning.

Program för beräkning av polygontåg och polygonnät.

Många goda program finns i marknaden, men kanske borde här speciella byggprogram utvecklas, där hänsyn tages till mätområdets ringa storlek och de relativt få ingående punkterna samt också till behovet av anslutningar, utjämnningar och automatiska kvalitetsbedömningar.

Program för inskärning och avskärning av punkter.

Dessa program som redan existerar skall kunna räkna såväl med som utan överbestämning. Det förra är tillräckligt vid kontrollmätning, det senare är nödvändigt vid inmätning av exempelvis pikepunkter, alltså punkter som i sin tur skall användas som utgångspunkter för utsättning.

Utsättningsprogram.

En rad goda program finns idag för beräkning av polära och ortogonala utsättningsdata från givna

utgångspunkter. Eftersom utsättningstekniken nu successivt ändras med hänsyn till den direkta tillgången till datakraft på bygget, måste dessa program dock göras tillgängliga i s.k. time-sharing-teknik, dvs. resultaten skall kunna erhållas direkt från datorn utan väntetid. Även sådana time-sharing-system har utvecklats.

#### Koordinatberäknande program

Program för koordinatberäkning av polärt eller ortogonalt inmätta respektive tolkade punkter.

För att bestämma befintliga anläggningars läge görs polär eller ortogonal detaljmätning i fält. Koordinater beräknas och kartor framställs.

För att bestämma nybyggnaders koordinater "tolkas" konstruktionsritningarna, dvs. koordinaterna bestäms ur befintliga geometriska uppgifter från exempelvis en måttkedjeritning eller en tomtkarta. Många goda program för ovanstående beräkningar finns i marknaden.

Program för koordinatberäkning av matematiskt bestämda anläggningsdetaljer.

Här avses program för koordinatberäkning av vägar, tunnelbanespår, trafikplatser, flygfält och liknande. Goda program finns i marknaden för dessa program.

Program för koordinatberäkning av grafiskt beskrivna punkter.

Här avses program för koordinatberäkning av sådana punkter som med hänsyn till noggrannhetskravet direkt kan hämtas från karta med hjälp av exempelvis en linjeföljare. Som tidigare nämnts gäller detta nästan allt datamaterial i planeringsskedet. I detaljskedet rör det sig om större delar av anläggningsritningen för massberäkning. (Vissa delar ges dock matematiskt eller med exakta tolkningsdata.)

Även för detaljutsättningen duger i vissa fall en grafisk beskrivning. Exempelvis gäller detta vanligtvis VA-ledningar, kablar o.d.

#### Program för koordinattransformation.

Koordinattransformationer är aktuella att genomföra i flera sammanhang.

1. Modelltransformation i plan och höjd vid flygbildsmätning.
2. Transformation i plan från linjeföljarbordets koordinater till rikets koordinater eller annat använt koordinatsystem.
3. Transformation från konstruktionsritningens lokala koordinatsystem till exempelvis rikets system.
4. Transformation mellan en kommuns olika varianter av rikets system. (Ja, sådana varianter förekommer, eftersom landet mätts vid olika tidpunkter och med olika noggrannhet.)

Flera program för koordinattransformation finns, men här skulle säkert en systematisering av principer och begrepp vara önskvärd. Här bör återigen pekas på behovet av transformationskonstanter mellan ett lokalt, på ritningen använt koordinatsystem och rikets system.

#### Terrängmodellprogram

Program för lagring av den numeriska terrängmodellen för ursprunglig mark och underliggande marklager.

Sådana program finns idag av många tillverkningar. Som ingångsdata till dessa program fungerar normalt resultaten från programmen som beskrivits under rubriken "Koordinatberäknande program".

Såväl sättet att beskriva terrängen som att interpolera nypunkter i modellen skiljer avsevärt mellan olika system. Eftersom systemen dessutom



ensidigt är kopplade till respektive tillverkarens tillämpningsprogram och eftersom det finns ett starkt behov från användarens sida att fritt kunna växla mellan olika system, har i bilagan över numeriska modeller påtalats behovet av en gemensam kopplingspunkt mellan systemen. Principen för uppbyggnaden av denna kopplingspunkt finns där också beskriven.

Program för lagring av numeriska terrängmodeller för färdig anläggning.

Även i dessa program hämtas ingångsdata från program som beskrivits under rubriken "Koordinatberäknande program".

Idag är samordningen mellan olika programdelar dålig eller obefintlig. Vägprogrammen kräver vanligen anläggningsdata på ett speciellt sätt, program för beräkning av husgrunder och liknande kräver data på ett annat sätt och program för beräkning av parkområden på ett tredje osv. Skall nu exempelvis ett bostadsområde beräknas, måste delberäkningen genomföras och manuella delsummeringar göras.

Kravet på en väl fungerande anläggningsmodell bör vara att alla olika anläggningstyper kan lagras tillsammans för senare gemensam beräkning. Som en följdverkan får detta då att anläggningsmodellen kommer att innehålla en relativt komplett lägesorienterad mängdbank för kalkyl och uppföljning.

Kontrollprogram för numeriska terrängmodeller.

Här skall tryckas på behovet av program för datakontroll vid lagring av terrängmodeller. En sådan kontroll kan göras grafisk eller numerisk. Den grafiska kontrollen är utan tvekan att föredra, eftersom det mänskliga ögat har en oerhört god förmåga att snabbt uppfatta stora informationsmängder och ur dessa lokalisera oegentligheter.

Vissa i marknaden förekommande program är försedda med goda kontroller, men i stort återstår fortfarande mycket att göra.

#### Terrängmodellens tillämpningsprogram

Program för massberäkning.

En rad tillämpningsprogram finns, medan det ovan nämnda generella programmet fortfarande saknas, liksom även de överslagsprogram som omnämns under rubriken "Planeringsskedet".

Program för optimering av massor existerar i rudimentär form på vissa håll. På grund av problemets omfattning, torde dock något väsentligt utbyte av dessa optimeringsberäkningar ej vara att räkna med under de närmaste åren.

Ritprogram.

En rad ritprogram finns utvecklade för grafisk komplettering av datorernas resultattabeller. Här avses exempelvis program för uppritning av nivåkartor ur terrängmodellen, av isobaskartor för schakt och fyllning, av tvärsektioner, av datakontrollritningar (som tidigare omnämns), av planritningar osv. Se vidare i ritningsbilagorna.

Program för mängdberäkning.

Det synes nu vara dags att försöka integrera massberäkningen i projekteringsskedet med mängdberäkningen och produktionskalkyler i byggskedet. De lägesorienterade mängderna utgör grunden för denna samordning.

## BYGGNADSSKEDET

### Mätningstekniska program.

Med hänsyn till den direkta tillgången på datakraft på arbetsplatsen utvecklas nu programsystem speciellt lämpade för utsättning i samband med byggnation. Systemen omfattar dels mer avancerade delar för polygonnätsberäkning, inskränning med överbestämning osv. dels program för alla vanligen förekommande arbetsuppgifter såsom utsättning i olika former, inmätning och kontrollmätning.

### Massberäkningsprogram.

Även här kräver byggplatsen speciellt anpassade program. Program som tillåter snabb beräkning av små enheter. En kontroll av bergmassor efter avtäckning av berget, en reglering till underentreprenören, en uppskattning av återstående massor i en schakt osv.

### Mängddatabank.

Om byggets mängder finns lagrade i en anläggningsmodell, torde det vara riktigt att utnyttja denna information för kontroll och uppföljning under byggnadstiden. Mängddatabanken fylls på med information om lägen och mängder för provisoriska anläggningar under byggnadstiden och om ändringar i anläggningen som beslutats på byggmötena. Under byggets gång prickas mängddatabanken av vad avser alla utförda mängder. Banken kan efter sådan uppdatering besvara frågor om exempelvis hittills utfört arbete, om återstående kostnader, om materialbehov inom ett visst område osv.

### Program för lagring av "numeriska relationsritningar" i databank.

I samband med ett bygges genomförande borde väsentliga byggnadsdetaljer inmätas för lagring i den typ av kommunal databank som beskrivits i särskild bilaga.

## FÖRVALTNINGSSKEDET

Program för erfarenhetsåtervinning ur befintliga databanker.

I den mån kommunala databanker kommer att utvecklas uppstår också behovet av att enkelt kunna söka information i dessa banker och då speciellt via s.k. dataterminaler.

INSTRUMENTBILAGA

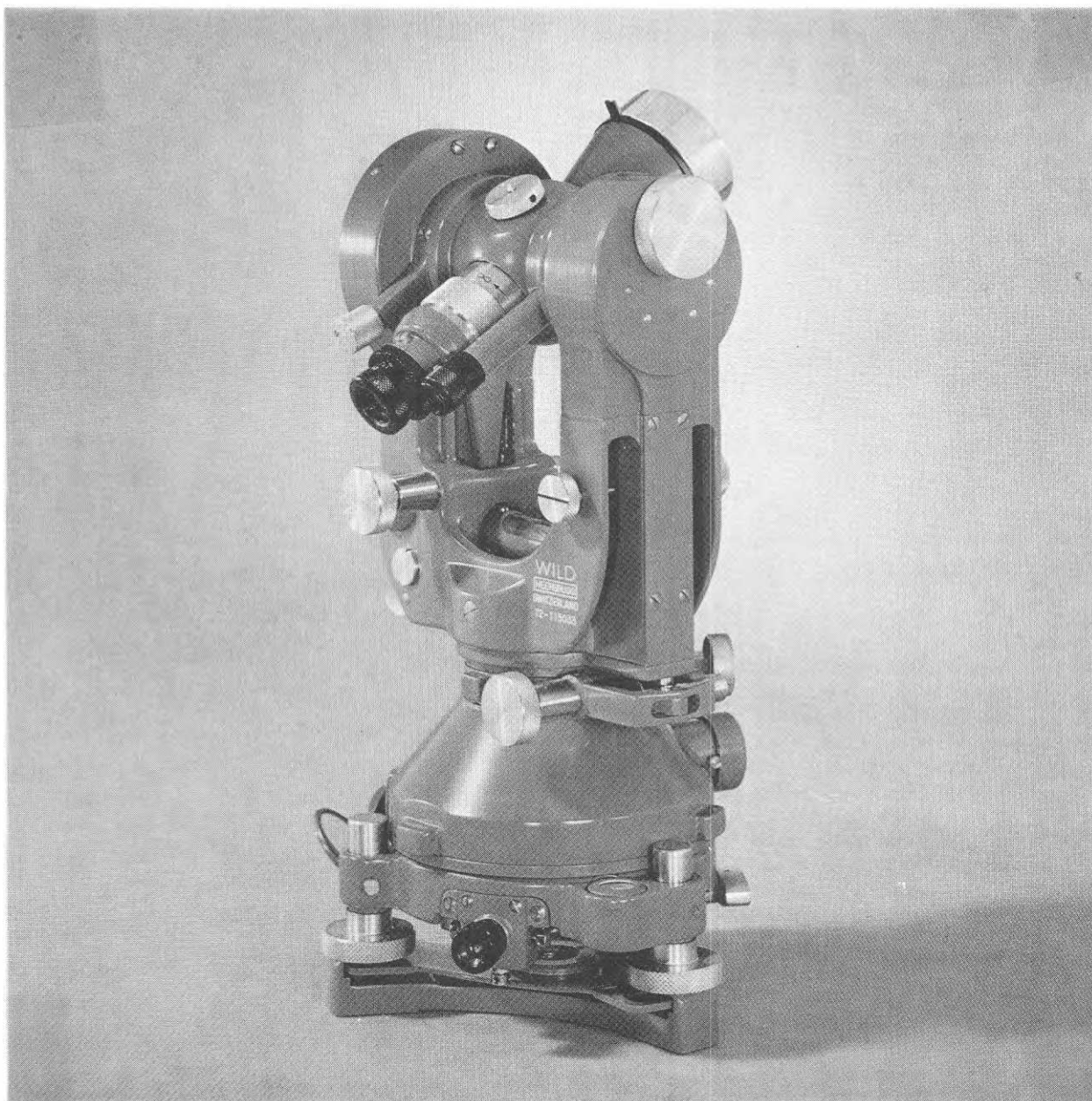
För att läsaren skall få ett begrepp om omfattningen av den tekniska apparatur som idag står till byggbranschens förfogande vad avser geodetiska instrument och s.k. "datorkraft" ges här exempel på sådan utrustning. Exempelen är hämtade från olika tillverkare utan varje tanke på "bästa typ" och utan tanke på att täcka marknadens alla förekommande instrumenttyper. Exempelen visar:

1. Vinkelmättningsinstrument (Wild teodolit T2).
2. Kombinationsinstrument för noggrann längd- och vinkelmätning (Aga 700).
3. Höjdavvägningsinstrument (Wild Nak 2).
4. Laserinstrument för höjdmätning (Aga).
5. Stereoinstrument för flygbildstolkning (Wild A8).
6. Linjeföljare för grafisk tolkning (D-MAC).
7. Automatisk ritapparat (Contraves).
8. Telefonterminal (TTY).
9. Datacentral (Honeywell Bull).
10. Bordsdator (Hewlett Packard).

## VINKELMÄTNINGSINSTRUMENT (TEODOLIT)

Visat exempel: WILD T2, sekundteodolit

Fig. 11



Användning: Teodoliter används idag på de flesta arbetsplatser. Hittills har s.k. minutteodoliter i första hand rekommenderats för byggnadsindustrin. Med en modernare utsättningsteknik kommer dock säkert sekundteodolitens bättre prestanda att väga till dess fördel. Fria instrumentuppställningsplatser, signaler utflyttade på säkerhetsavstånd från schaktmaskinerna, snävare byggtoleranser osv. talar för detta.

Kostnad: En minutteodolit kostar ca 4500-6000 kr  
En sekundteodolit kostar ca 6500-8500 kr

## KOMBINATIONSTRUMENT FÖR NOGGRANN LÄNGD- OCH VINKEL- MÄTNING

Visat exempel: AGA 700

Fig. 12



Användning: Dessa instrument kommer till att börja med, på grund av sin kostnad, säkerligen att användas med viss urskiljning, för exempelvis inmätning av polygontåg och för noggrann kontrollmätning.

Allteftersom marknaden blir medveten om de nya möjligheter som dessa instrument erbjuder i form av enklare mätning, mindre personalåtgång, automatisk datastansning osv., kommer säkert också instrumentet att bli allt vanligare förekommande.

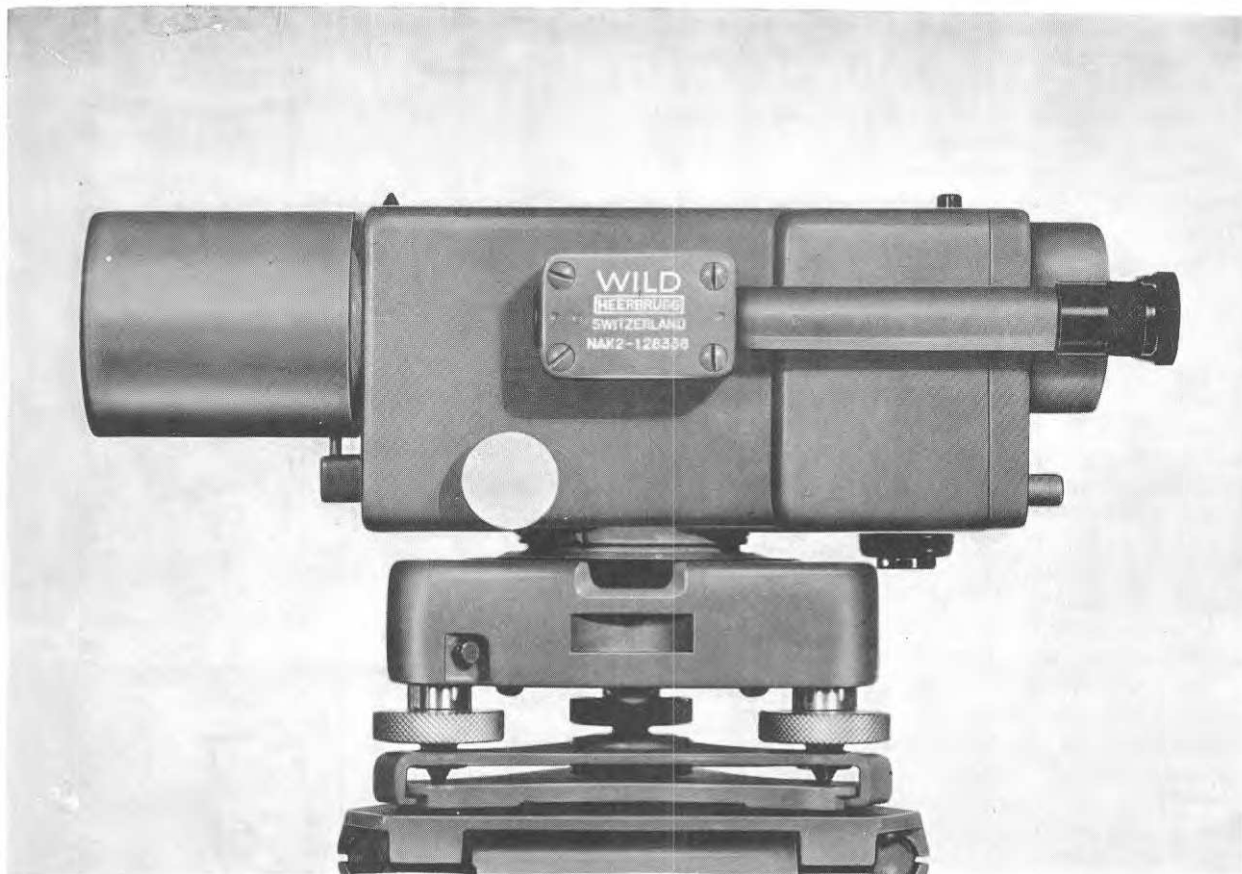
Exempelvis kommer dessa kombinationsinstrument att få mycket stor användning vid insamling av data för numeriska terrängmodeller samt vid inmätning av relationsritningar.

Kostnad: Kombinationsinstrument utrustade med automatisk stans kostar mellan 75000 kr och 100000 kr. Utan stans kostar de cirka 50000 kr.

## HÖJDAVVÄGNINGSINSTRUMENT

Visat exempel: Wild Nak 2

Fig. 13



Användning: För höjdsättning på arbetsplatsen används normalt s.k. självhorisjonerande avvägningssinstrument. Även om det idag diskuteras att sammanföra plan- och höjdsättning till ett arbetstempo och då med hjälp av en teodolit, är det ändå alltför många argument som talar för fortsatt separat höjdsättning, exempelvis större noggrannhet, enklare arbetsteknik och högre utställningshastighet.

Kostnad: Kostnaden för självhorisjonerande avvägningssinstrument varierar f.n. mellan 1500 och 3000 kr.



## LASERINSTRUMENT FÖR HÖJDAVVÄGNING (AGA)

Fig. 14



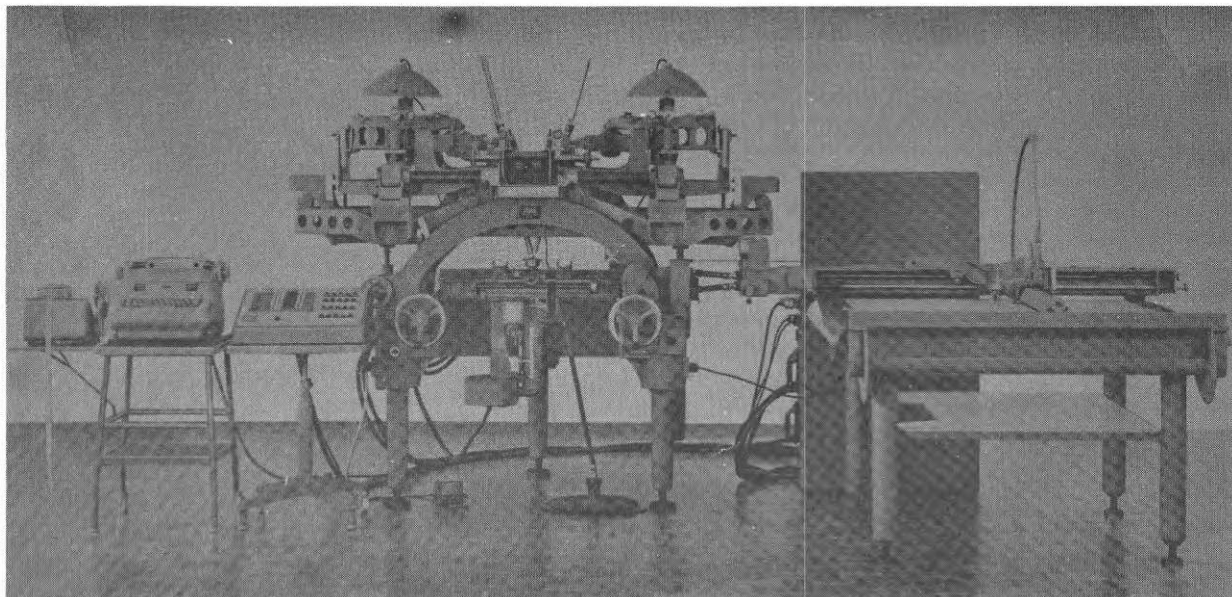
Användning: Laserinstrument för höjdutsättning kan sägas utgöra en vidareutveckling av de tidigare nämnda avvägningsinstrumenten. Genom att horisontalriktningen här gjorts synlig, kan instrumentet användas av en man. Noggrannheten synes kunna bli ungefär densamma som för konventionella avvägningsinstrument.

Kostnad: Kostnaden för laserinstrument varierar mellan 5000 kr och 30000 kr beroende på utförande.

## STEREOINSTRUMENT

Visat exempel: Wild A8

Fig. 15



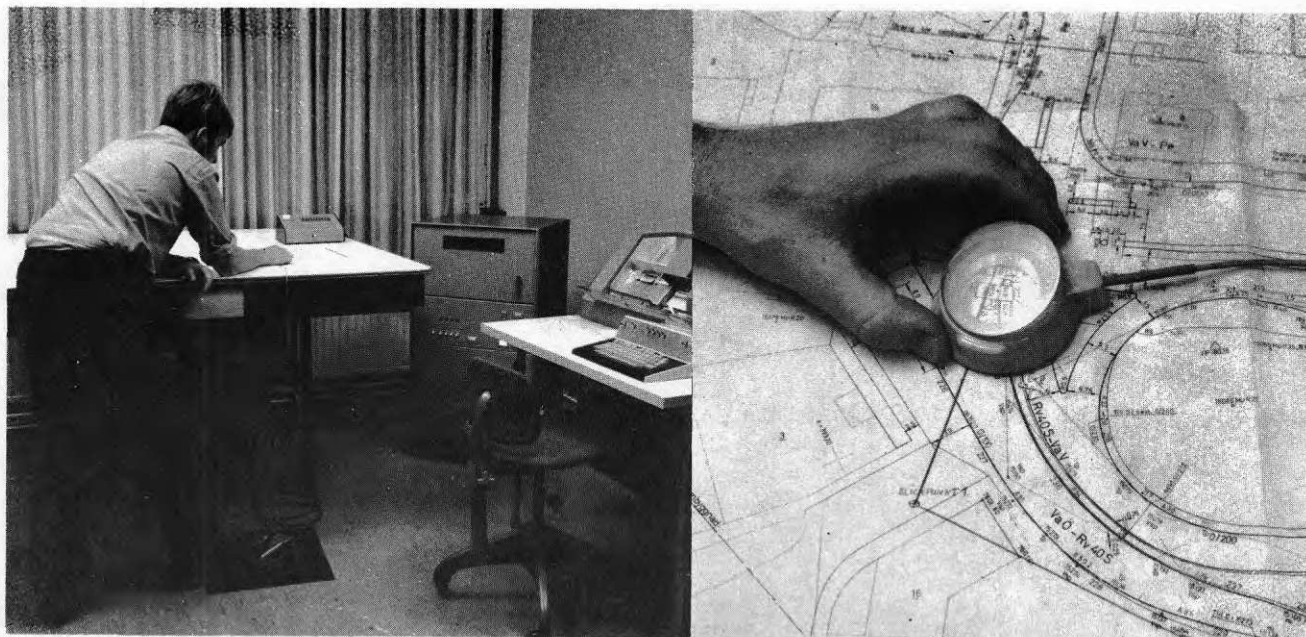
Användning: Stereoinstrument används idag för framställning av kartor och numeriska terrängmodeller. Noggrannheten kan drivas högt. Vid s.k. lågflygning, dvs. flygning på 600-800 m höjd kan en höjdnoggrannhet av cirka 10 cm erhållas. Detta är endast obetydligt sämre än motsvarande värden vid terrester mätning. För att ytterligare förbättra noggrannheten och minska startkostnaden utvecklas metoder för s.k. markfotogrammetri.

Kostnad: Kostnaden för ett stereoinstrument av ovan nämnda typ är cirka 220000-260000 kr inklusive stansutrustning. Denna senare kostar mellan 60000-80000 kr.

## LINJEFÖLJARE

Visat exempel: D-MAC

Fig. 16



Användning: Linjeföljaren har visat sig vara ett utmärkt instrument för halvautomatisk digitalisering av ritningar. Användaren "pekar" av ritningen. Instrumentet registrerar och stansar koordinater. Här är några exempel på användningsområden:

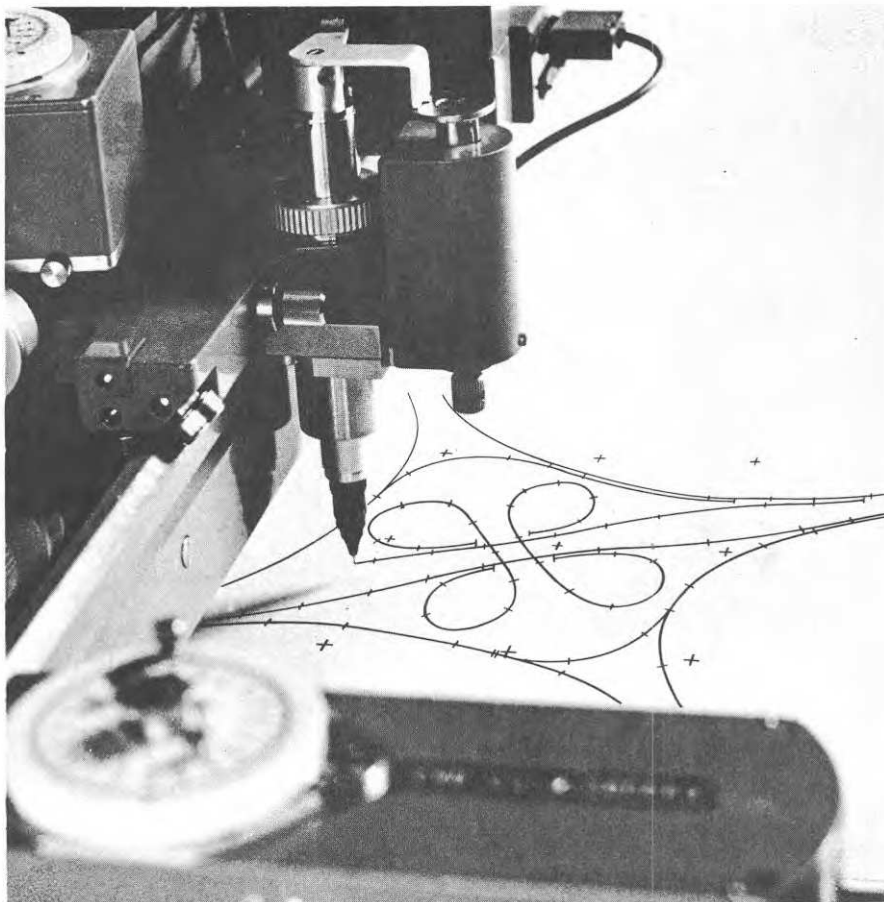
1. Beskrivning av terrängmodell från nivåkarta.
2. Beskrivning av färdig anläggning från konstruktionsritning.
3. Beskrivning av VA-nät för utsättning.
4. Beskrivning av ritningar för perspektivbildskonstruktion.
5. Beskrivning av ekonomiska kartor för markvärdering.

Kostnad: Kostnaden för linjeföljare av här beskriven typ är 50000 kr - 100000 kr.

## AUTOMATISKA RITAPPARATER

Visat exempel: Contraves

Fig. 17



Användning: De automatiska ritapparaterna används mer och mer för en direkt grafisk presentation av dataresultat. Här några exempel:

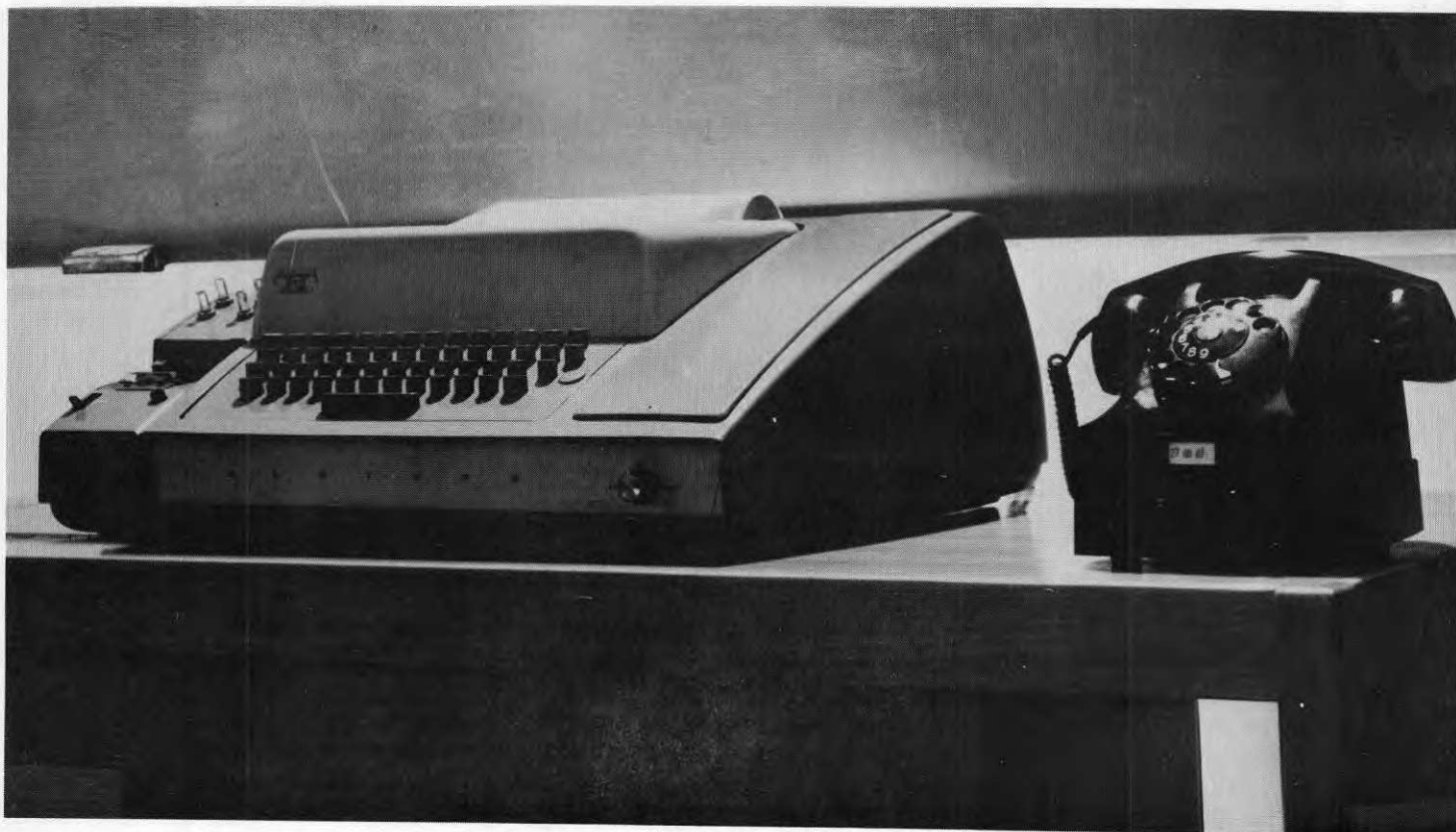
1. Nivåkartor ur numeriska modeller.
2. Kontrollritningar av numeriska modeller.
3. Tvärsektioner av mark och anläggning vid massberäkning.
4. Perspektivbilder.
5. Plankartor.

Kostnad: Kostnaden för en ritapparat är starkt beroende av utförandetyp och kvalitetskrav och kan variera från några 10000-tals kronor till 500000 kr eller mera.

## TELEFONTERMINAL

Visat exempel: Teletype-terminal

Fig. 18



**Användning:** Telefonterminaler används som manöverbord till centralt placerade datacentraler. Terminalerna är alltså inga räkneenheter i sig, utan bara förbindelse-länkar till datorer. Telefonterminalerna kopplas till olika datacentraler med sina olika programbibliotek eller databanker. Terminalernas användbarhet begränsas idag av överföringshastigheten. Denna kommer successivt att öka under de närmaste åren.

**Kostnad:** Kostnaden för dataterminaler är i första hand beroende av överföringshastigheten och varierar från cirka 500 kr per månad vid 10 teckens överföringshastighet per sekund till cirka 10000 kr per månad vid hastigheten 100-200 tecken per sekund. Till denna fasta månadskostnad kommer sedan de rörliga databehandlingskostnaderna.

## DATACENTRALER

Visat exempel: Honeywell Bull 265

Fig. 19

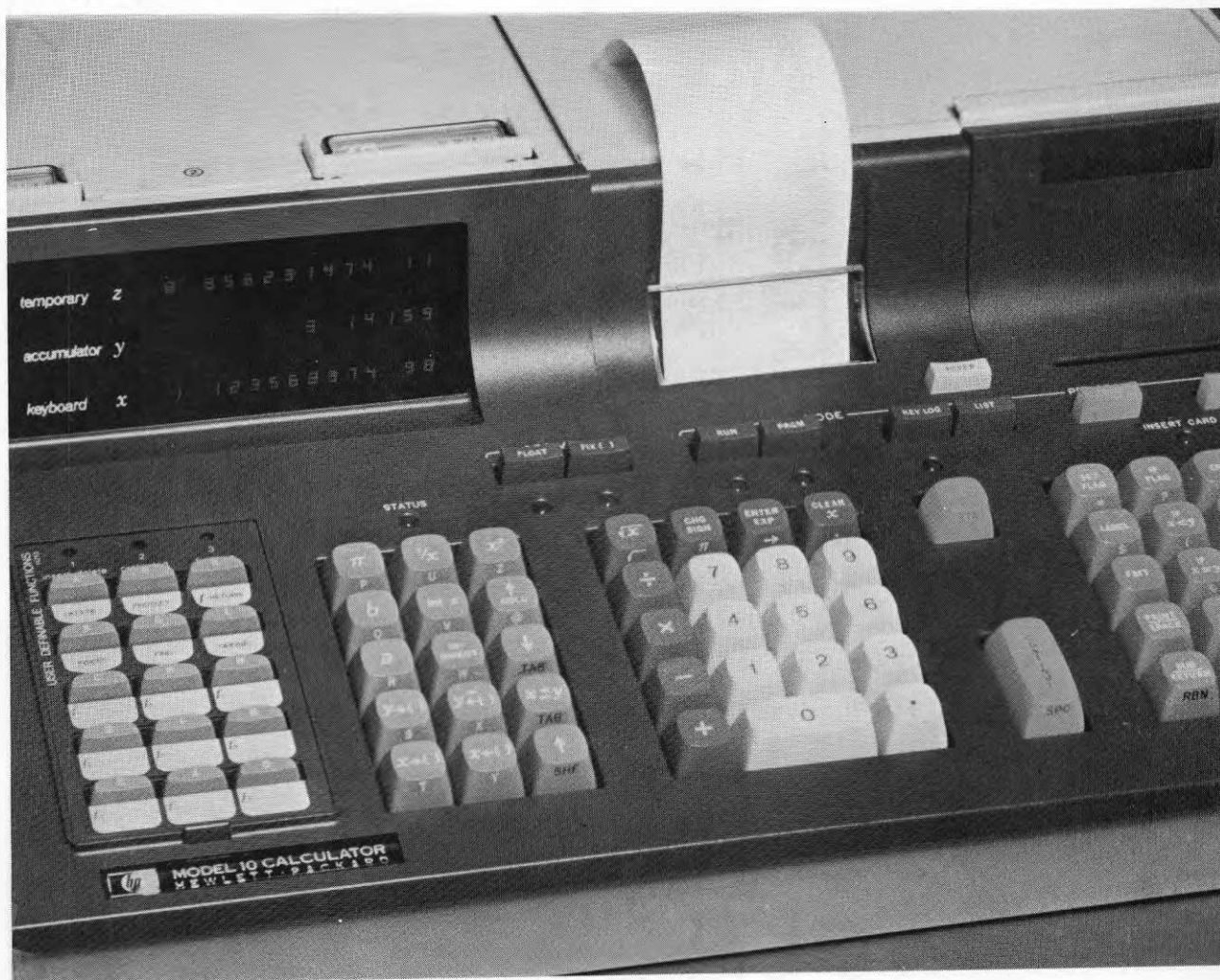


Användning: Dataprogram kan jämföras med böcker i ett bibliotek. Datacentralerna utgör ett slags centralbibliotek ur vilka användaren kan låna lämplig teknisk litteratur. Eftersom datorernas programbibliotek nu görs direkt åtkomliga för kunden via s.k. telefonterminaler, öppnas här nya möjligheter till nationellt och internationellt utbyte av programtekniskt utvecklingsarbete. Som ett exempel på detta kan nämnas Honeywell Bulls nyöppnade satellitförbindelse mellan Europa och USA. Ett program lagrat på huvudmaskinen i USA är direkt åtkomligt över ett 08-nummer i Sverige och över andra lokala telefonnummer i andra europeiska länder. Och datatransportkostnaden är så låg jämfört med vinsten av en högt belagd maskin, (amerikanerna kör på dagen - europeerna på natten) att det ekonomiska utbytet blir positivt för kunden.

Kostnader: Kostnaderna för medelstora och större datorer varierar inom mycket vida gränser från någon eller några miljoner till belopp som inte synes ha någon övre gräns.

Visat exempel: Hewlett Packard modell 10

Fig. 20



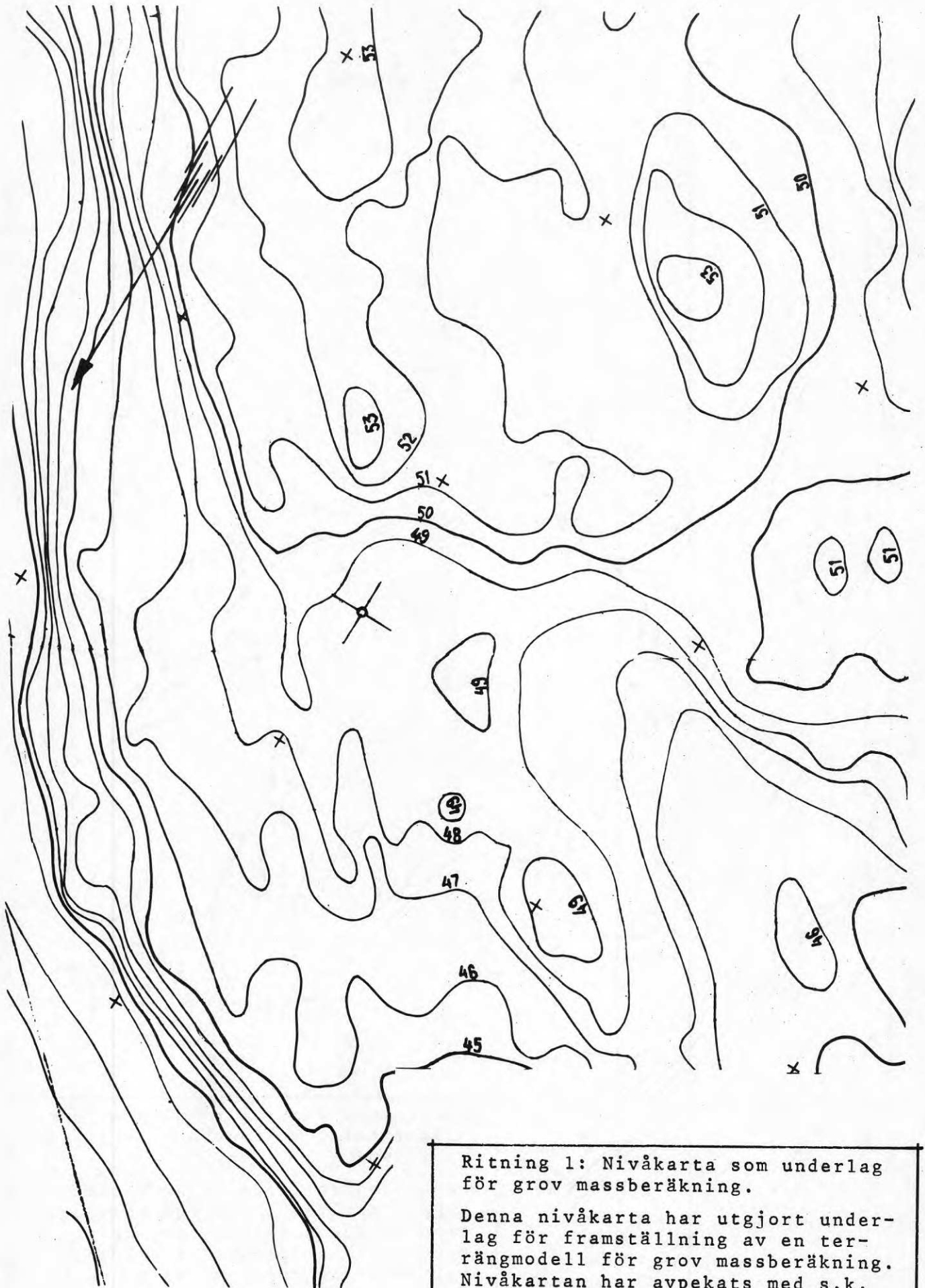
Användning: Till skillnad från dataterminalen är bordsdatorn en lokalt fungerande komplett dator. Bordsdatorn används idag i relativt stor utsträckning för mindre tekniska beräkningar. Bordsdatorernas antal kommer säkerligen att öka mycket kraftigt. Speciellt kommer dessa datorer att utnyttjas som integrerade enheter i instrument och maskiner. Bordsdatorn finns redan i flygplan och börjar också dyka upp i bilar. De tidigare omtalade kombinationsinstrumenten har inbyggda bordsdatorer för transformationsberäkning, de automatiska ritapparaterna likaså. På samma sätt kommer säkert också morgondagens telefonterminal att ha sin bordsdator, för automatisk uppringning, för lokal datakontroll och för enklare lokala beräkningar.

Kostnad: Kostnaderna för bordsdatorer synes idag variera mellan 10000 kr och 75000 kr beroende på minnesstorlekar, intern räknehastighet o.d.

RITNINGSBILAGA

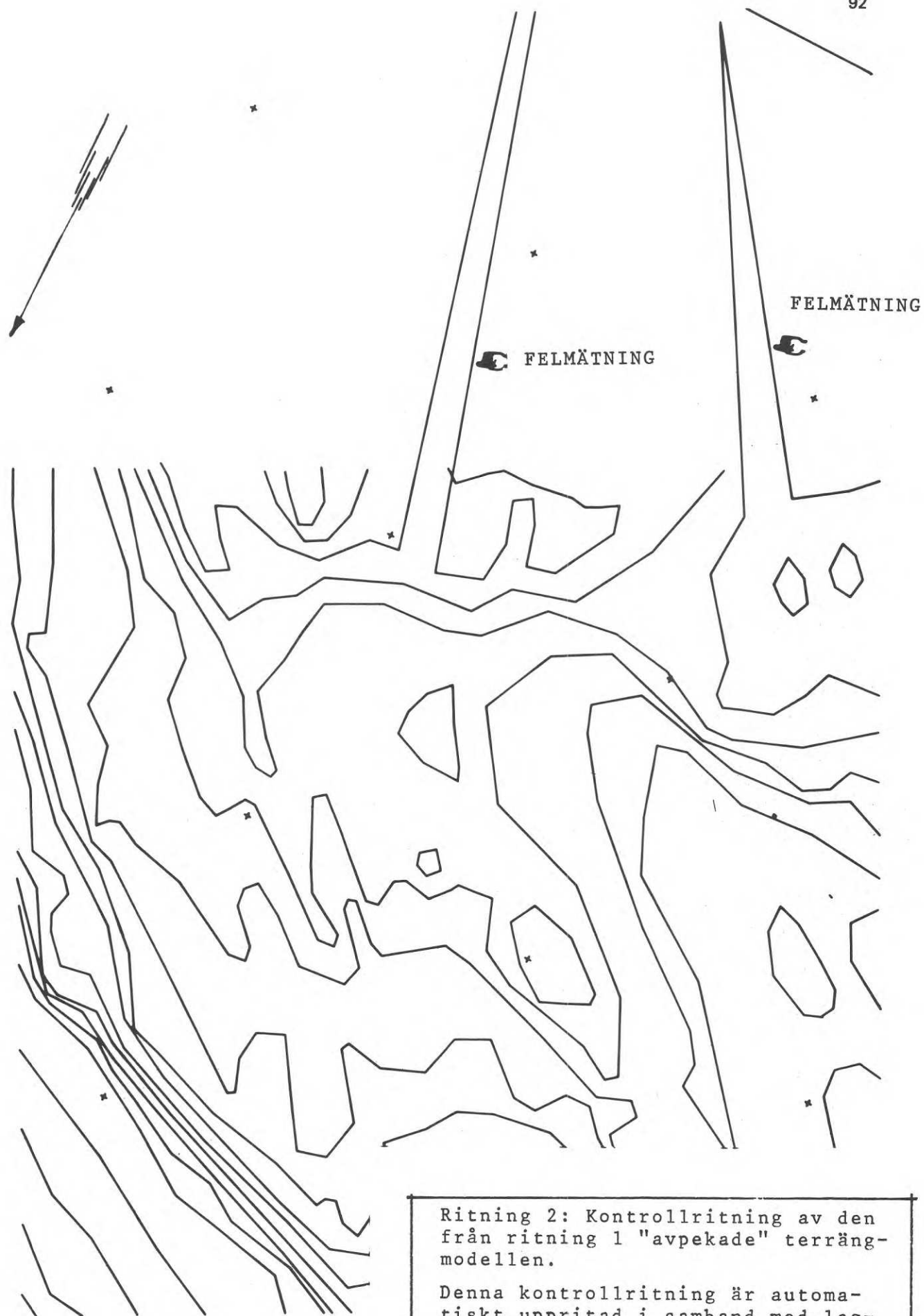
- RITNING 1 Nivåkarta som underlag för grov massberäkning.
- RITNING 2 Kontrollritning av den från ritning 1 "avpekade" terrängmodellen.
- RITNING 3 Exempel på interpolerade och automatiskt uppritade sektioner ur terrängmodellen från ritning 1.
- RITNING 4 Avvägningsprotokoll för fältmätt terrängmodell.
- RITNING 5 Kontrollritning av den från ritning 4 avvägda terrängen.
- RITNING 6 Nivåkarta som automatiskt konstruerats ur avvägningsdata enligt ritning 5.
- RITNING 7 Ritning av färdig anläggning avseende markarbeten.
- RITNING 8 Kontrollritning av projekterad anläggning.
- RITNING 9 Automatiskt uppritade sektioner genom mark och anläggning.
- RITNING 10 Längdprofil interpolerad och automatiskt uppritad.
- RITNING 11 Schaktplan.
- RITNING 12 Perspektivbild.





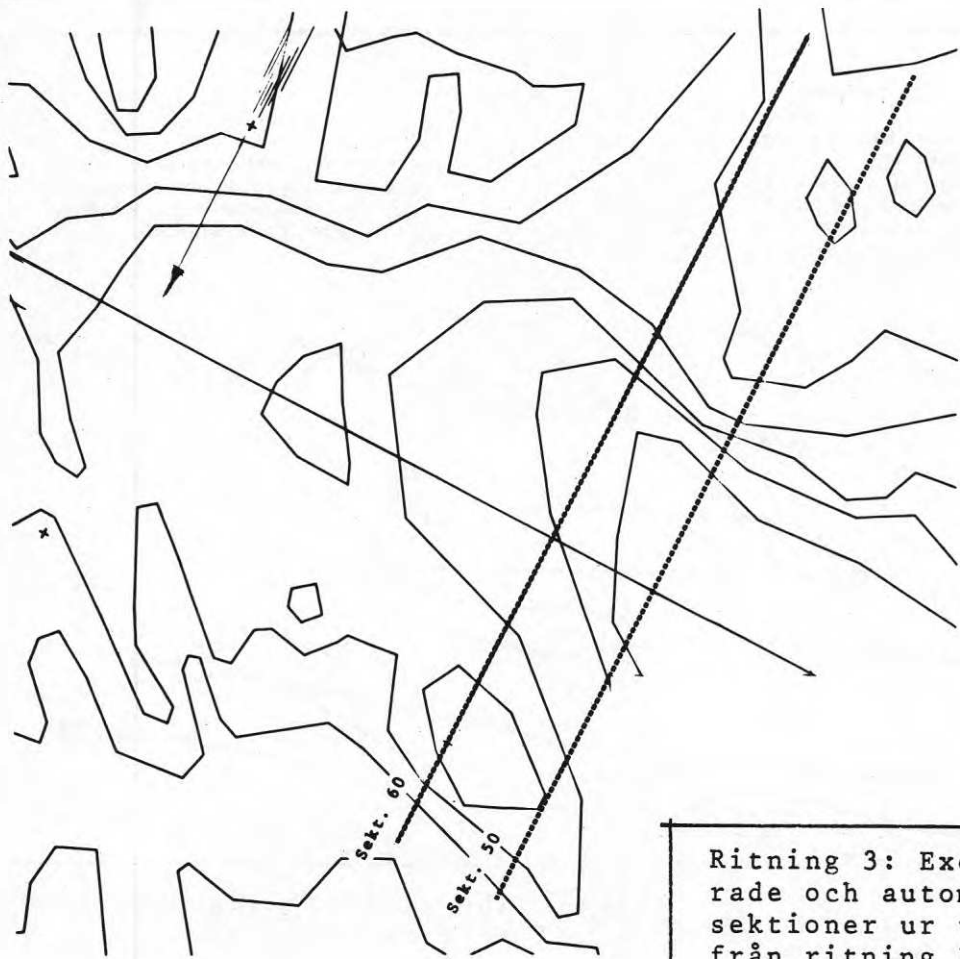
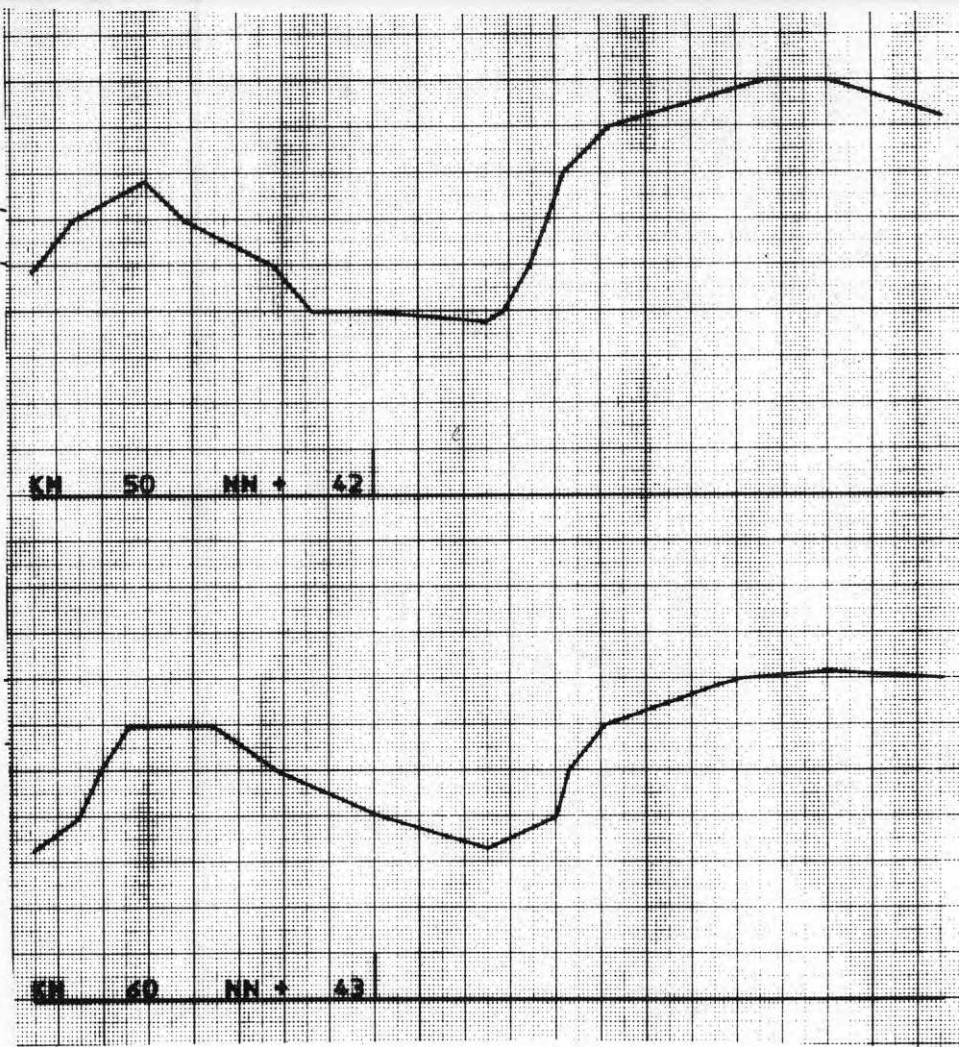
Ritning 1: Nivåkarta som underlag  
för grov massberäkning.

Denna nivåkarta har utgjort under-  
lag för framställning av en ter-  
rängmodell för grov massberäkning.  
Nivåkartan har avpekats med s.k.  
linjeföljare.



Ritning 2: Kontrollritning av den från ritning 1 "avpekade" terrängmodellen.

Denna kontrollritning är automatiskt uppritad i samband med lagring av dessa data i form av en grov terrängmodell. Två pekfingrar visar på förekomsten av datafel som måste korrigeras före användning av modellen.



Ritning 3: Exempel på interpolerade och automatiskt uppritade sektioner ur terrängmodellen från ritning 1.

# TAKYMETERMÄTNING

## och inmätning av NADBs terrängmodell

Projektnr	Område	Observ	Prot.för	Datum	Sida
		TE		10/2	126

Station	Bakåttobjekt	Längdmätning		Höjdmätning 4)			Bakåttriktning	Instr- <sup>1)</sup> höjd	Typ av 2 längd- mätning	Typ av 3 höjd- mätning	Merk- slag
		Längd, stångavl	Avl. höjd	Vertikalvinkel	Konstant						
04 3.4841	11. 485	21.	32.	40.	48.	56. 0	67.	76. 4	78. 2	80. 0	

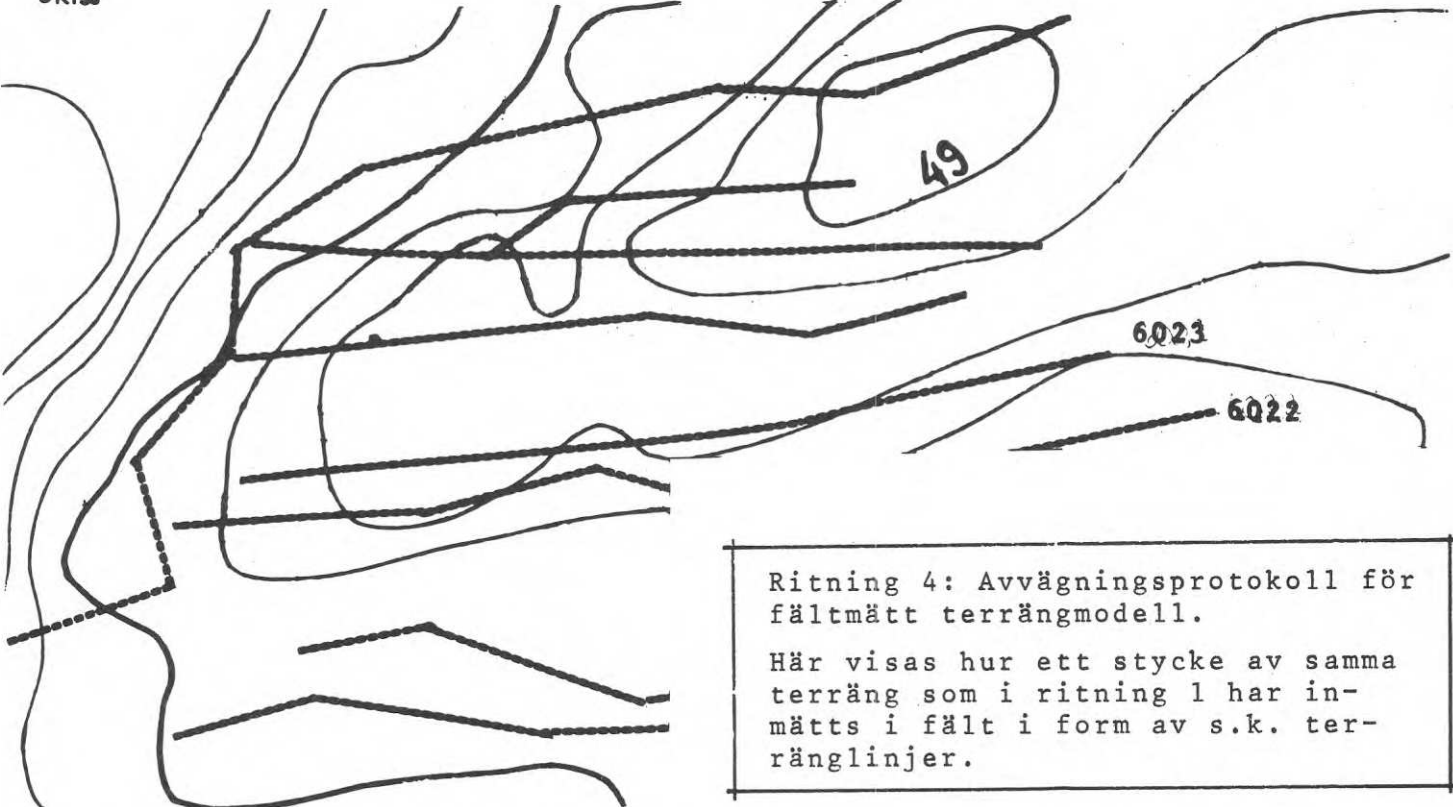
Punktbeskrivning			Längdmätning		Höjdmätning 4)			Riktning	Bef. punkter		Anm.
Linje nr	Typ	Punkt nr	Längd, stångavl	Avl. höjd	Vertikalvinkel	Konstant	Horisontalvinkel	Linje nr	Punkt nr		
04 6021	10	11.	21. 46,4	32.	40. 20,7	48. -0,2	56. 385,72	67.	76.		
			38,4		19,0	-0,2	373,98				
			35,4		20,0	-0,2	351,81				
			32,0		19,8	-0,2	334,92				
			30,5		20,0	-0,2	314,15				
6022			19,6		8,0	-0,5	294,82				
			19,2		8,2	-0,5	334,52				
			25,5		19,0	-0,2	360,82				
			27,8		16,1	-0,2	377,24				
			37,5		31,1	-0,1	385,27				
			48,8		41,5	-0,1	395,18				
6023			47,2		40,1	-0,1	396,35				
			35,2		21,6	-0,1	387,05				
			26,0		14,0	-0,2	374,32				
			23,0		11,3	-0,2	366,48				
			15,3		11,7	-0,2	331,36				
			15,0		11,0	-0,2	290,41				

max. 4000 rader/station

- 1) Instrumentets höjd över stationspunktens markering.
- 2) Om horisontella längder anges skrives H. Om lutande längder anges skrives L. Om stångavläsning (vertikal stång) anges skrives S. (Gäller endast vid mätning med teodolit.)
- 3) För zenitdistans skrives Z. För nadirdistans skrives N. För lutningsvinkel skrives L. För tangentavläsning skrives T. För avvägning med horisonterat instrument skrives H. Vid angivelse av absoluta höjder skrives A. För reduktionstakymeter skrives R. För borrhjup skrives streck (-).

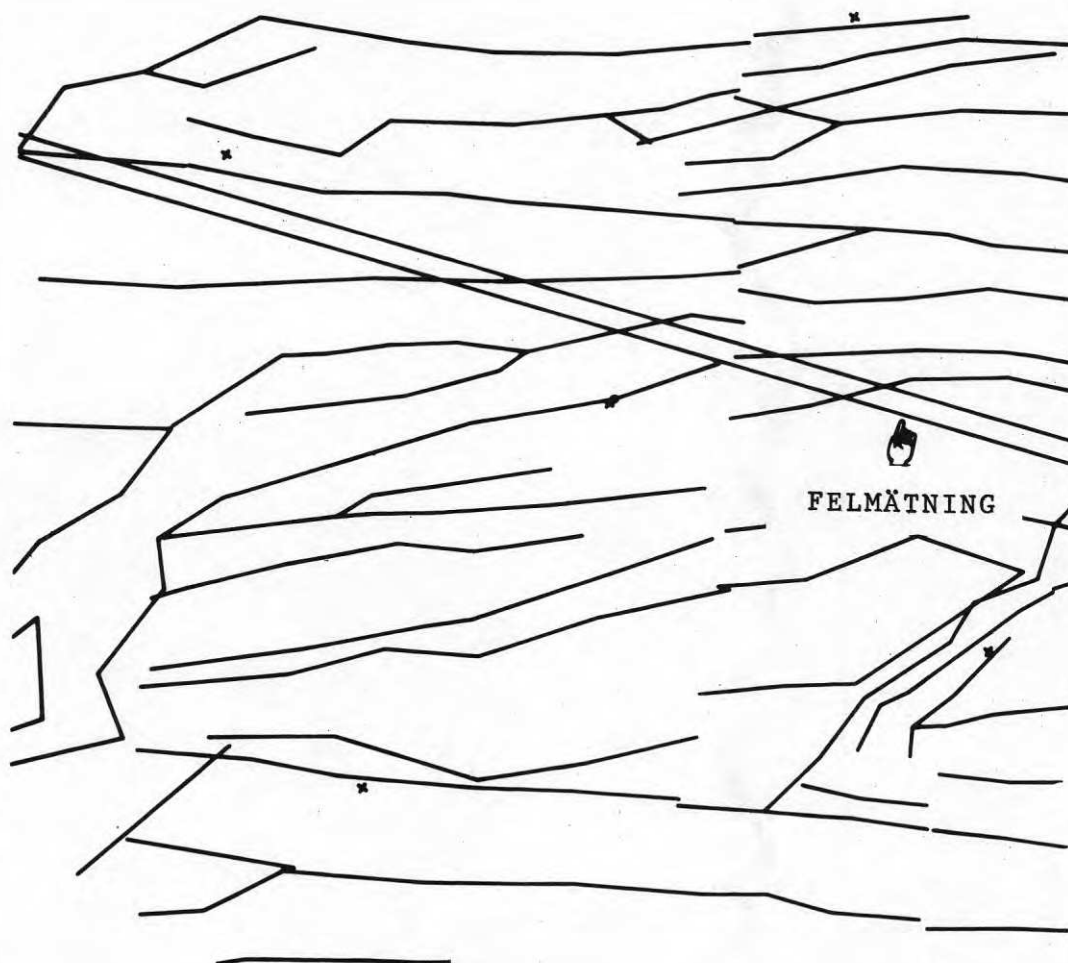
4) Vid mätning med takymeter införes stångindex, höjd över mark (i stället för Avl. höjd), stångavläsning (i stället för Vertikalvinkel) samt konstant.

Skiss



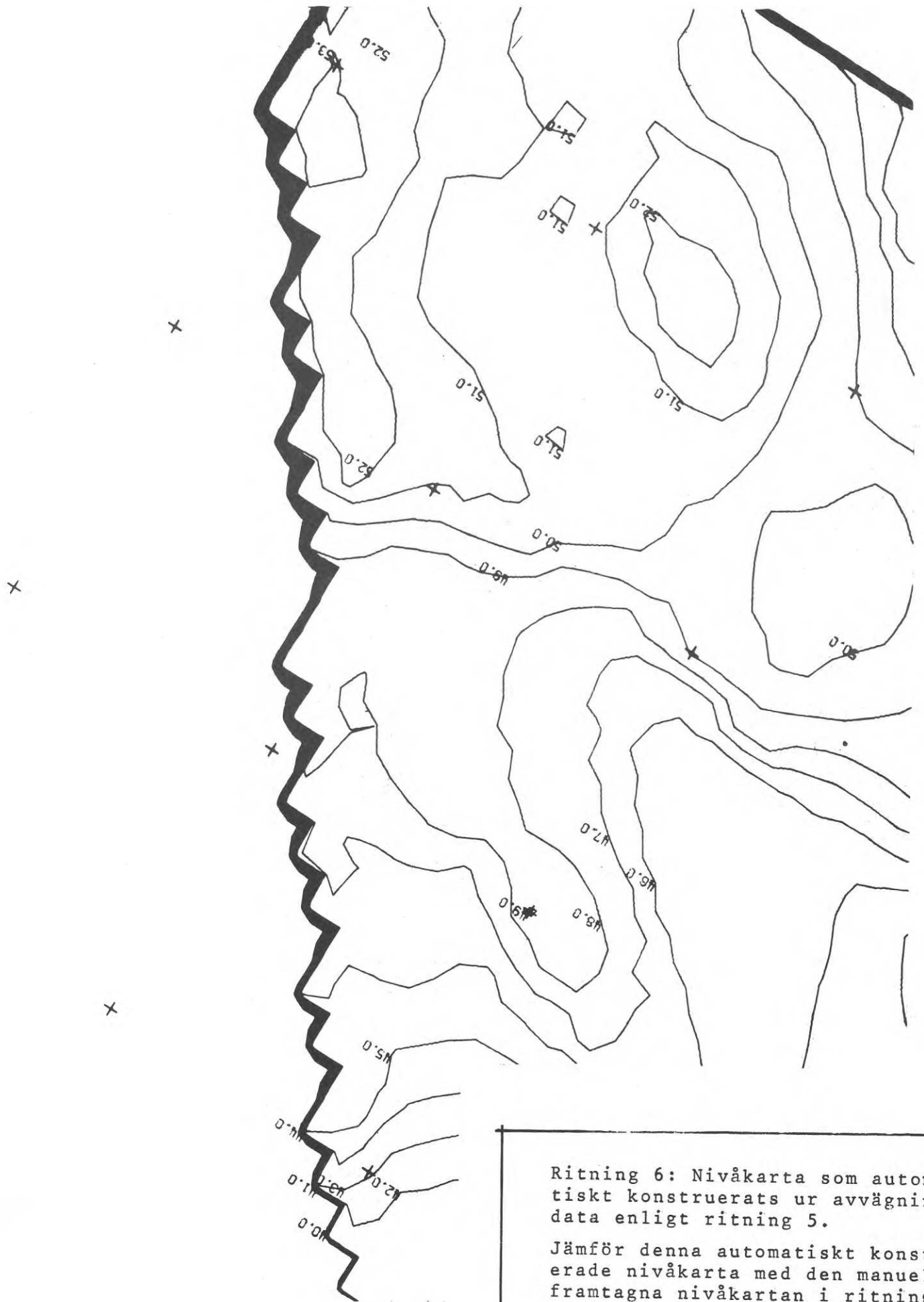
Ritning 4: Avvägningsprotokoll för fältmätt terrängmodell.  
Här visas hur ett stycke av samma terräng som i ritning 1 har inmätts i fält i form av s.k. terränglinjer.

LJUSKARREBERGET TERRANGMODELL							
FIRMA NA	PROJEKT NR	BER. NR 1	NADE NR 5777	BER. DATUM 17.2.71			
FORTECKNING AV TERRANGLINJER							
TER. LIN	PKT	X	Y	Z	KONTROLL	GRANSV.	AKT:V.
6026.		73946.58	12128.93	44.34			
6030.		73943.14	12158.05	44.52			
6030.	485.	73957.23	12148.07	42.47	V 32	2.50	-3.05
		.12	-.21	-.01	V 11		
6033.		73969.96	12162.13	41.02	V 32	2.50	2.60
6033.		73964.86	12163.92	43.62			
6034.		73963.92	12171.66	42.12	V 32	2.50	3.74
6034.		73951.92	12176.84	45.86			



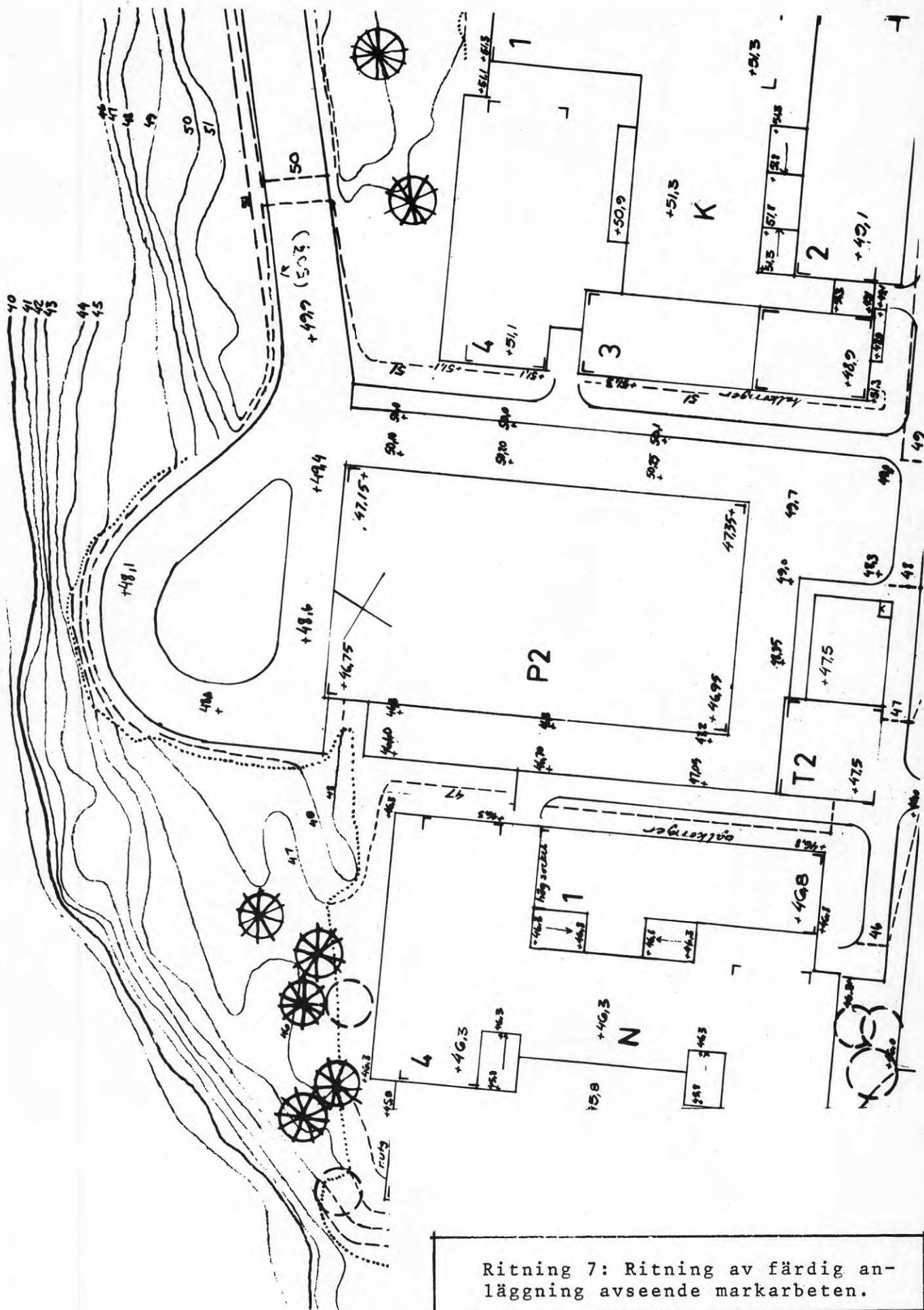
Ritning 5: Kontrollritning av den från ritning 4 avvägda terrängen.

Här redovisas en grafisk plankontroll med ett mätfel vid pekfingeret samt en numerisk höjdkontroll där ex.vis V32 visar att höjdskillnaden mellan två på varandra följande punkter i en terränglinje är större än angivet kontrollvärde 2.5 m.

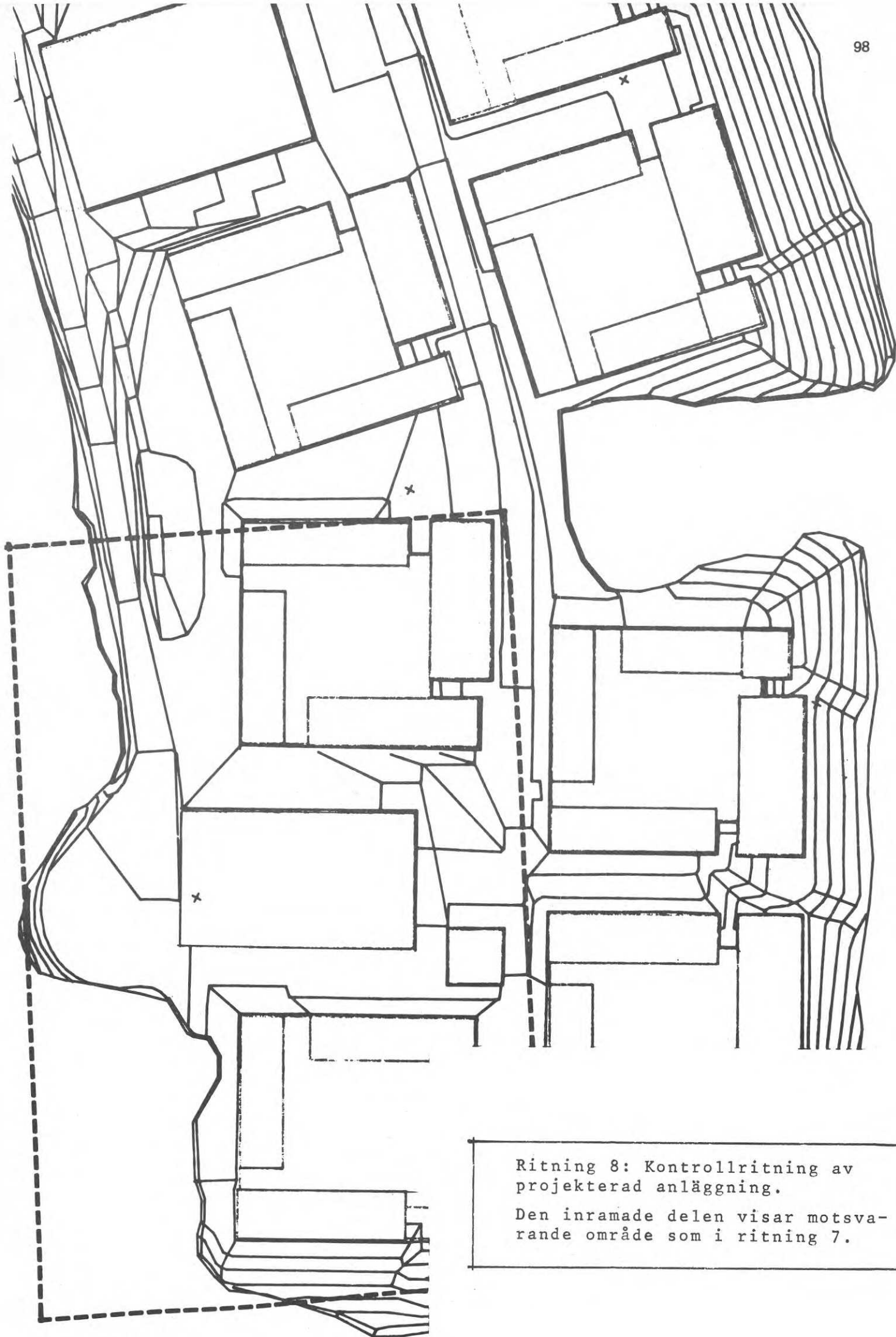


Ritning 6: Nivåkarta som automatiskt konstruerats ur avvägningsdata enligt ritning 5.

Jämför denna automatiskt konstruerade nivåkarta med den manuellt framtagna nivåkartan i ritning 1.



Ritning 7: Ritning av färdig anläggning avseende markarbeten.



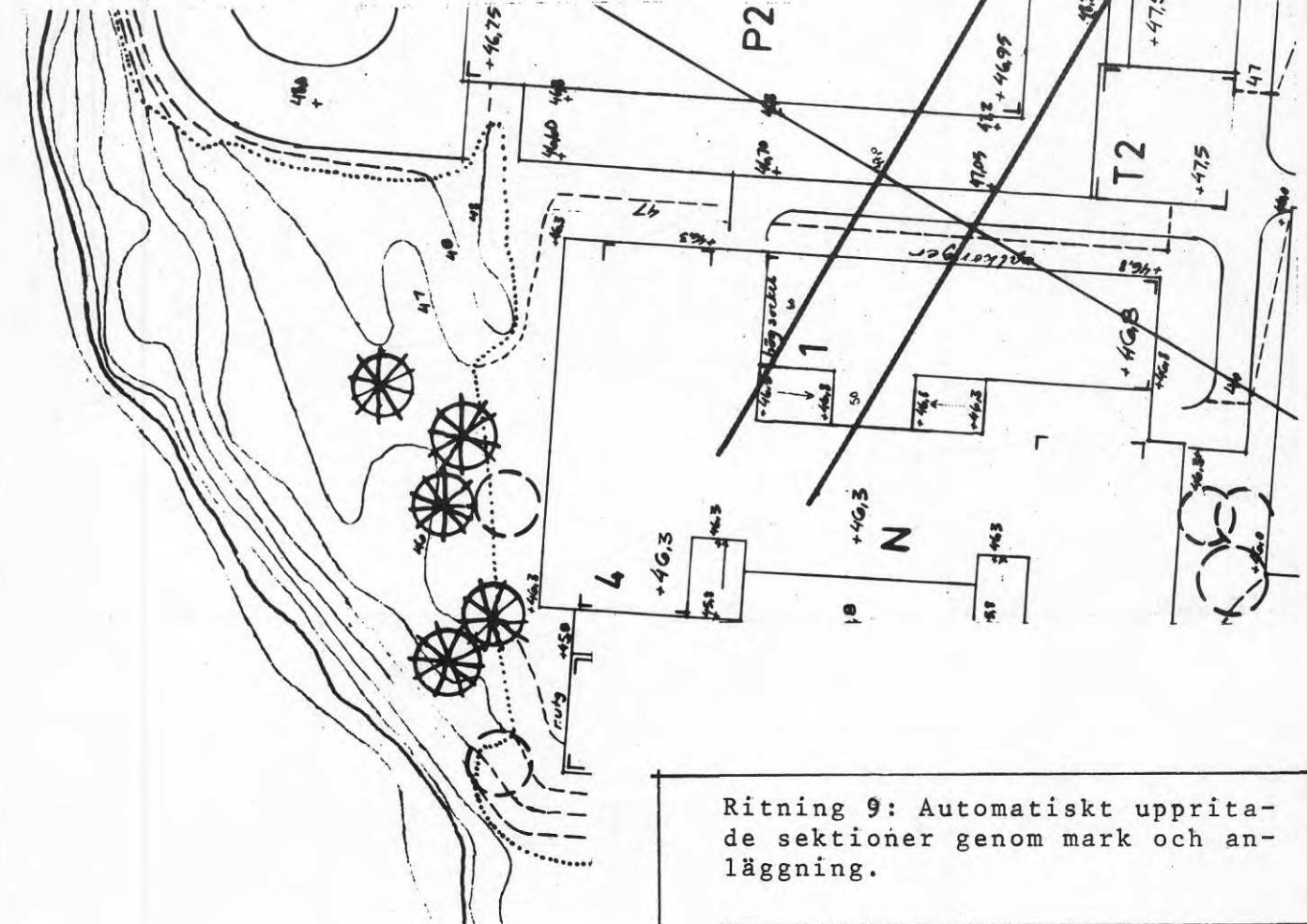
Ritning 8: Kontrollritning av  
projekterad anläggning.

Den inramade delen visar motsva-  
rande område som i ritning 7.



KM 50 NN + 42

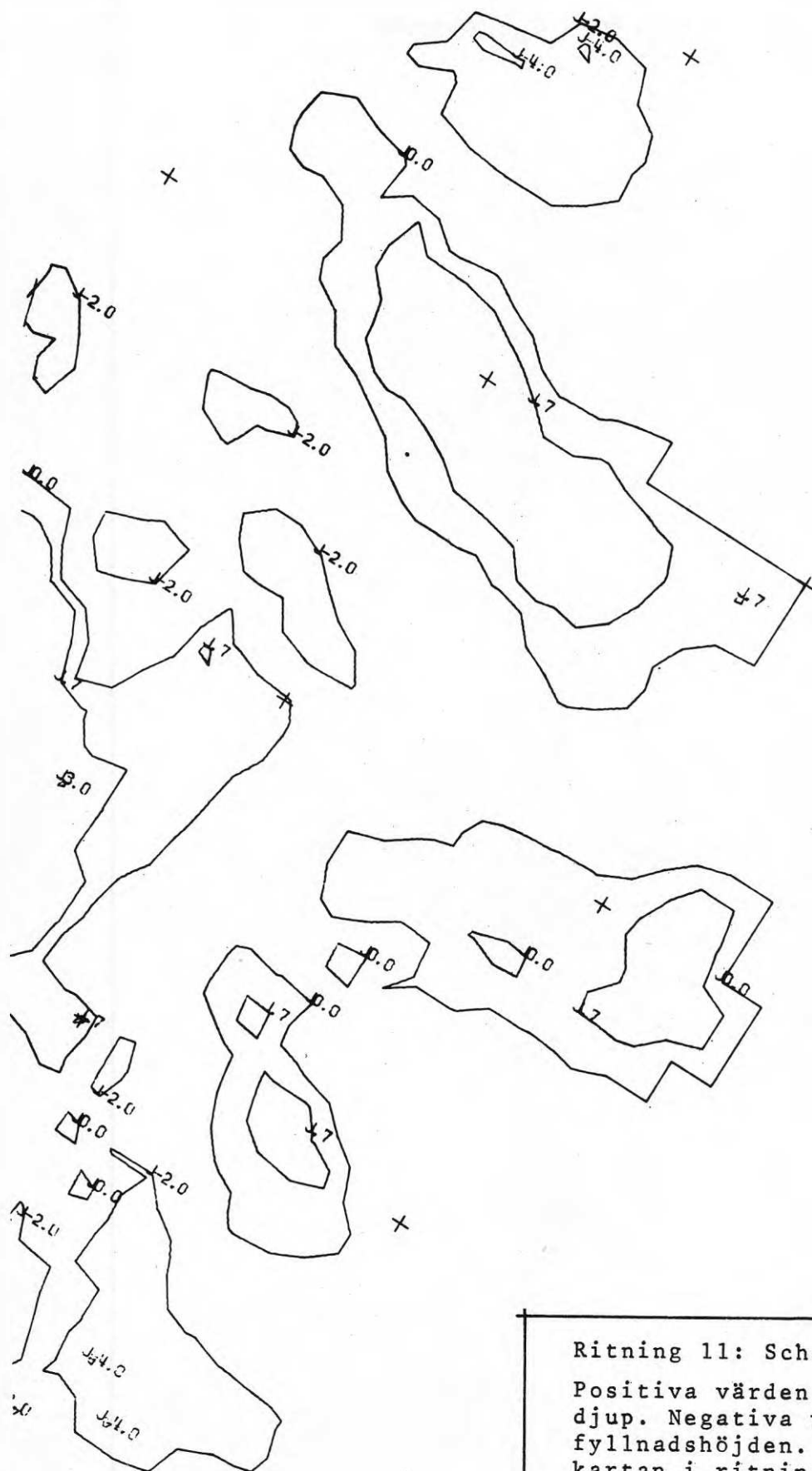
KM 60 NN + 43



Ritning 9: Automatiskt uppritade sektioner genom mark och anläggning.

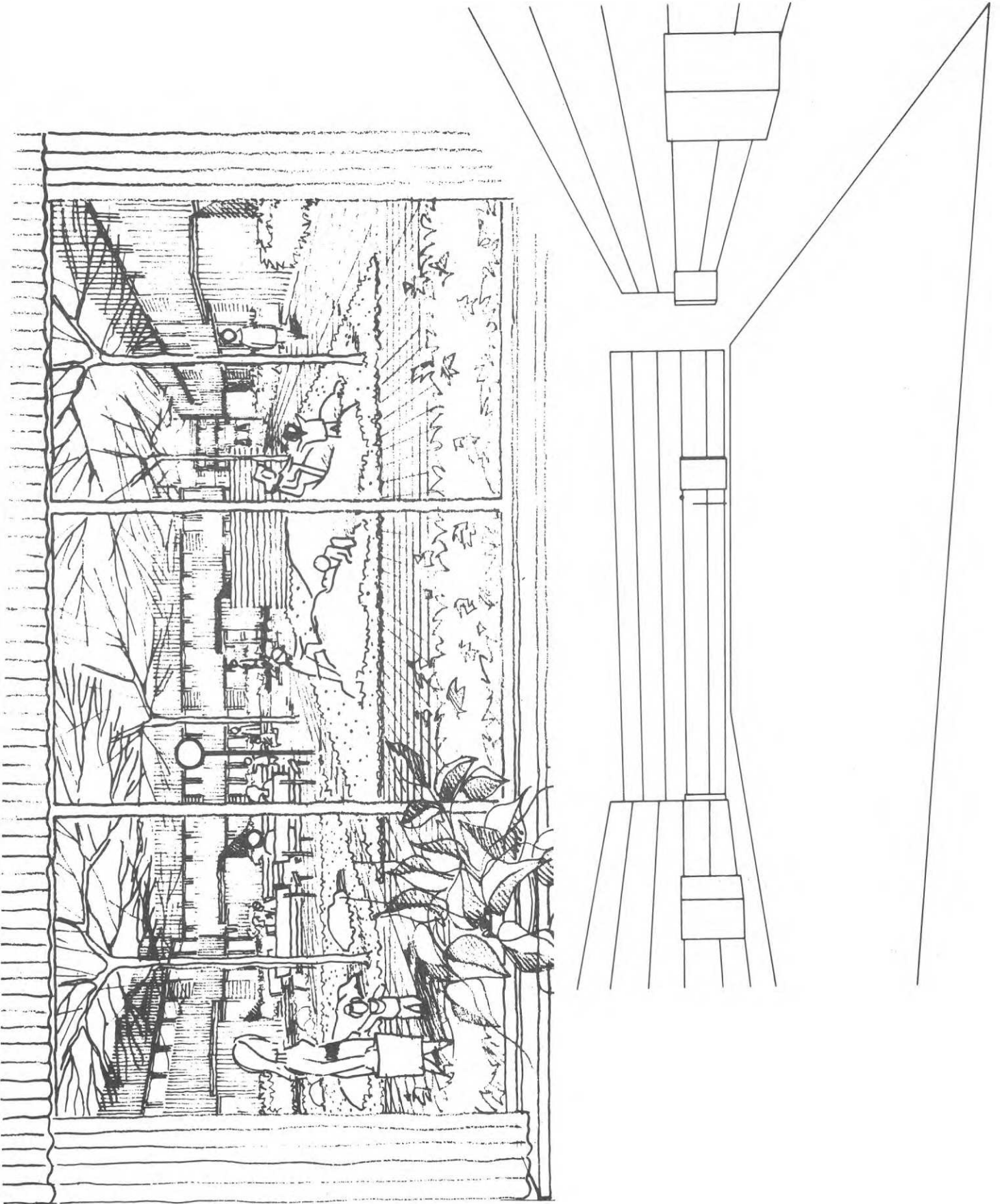


Ritning 10: Längdprofil interpolerad och automatiskt uppritad.



Ritning 11: Schaktplan.

Positiva värden för J visar schaktdjup. Negativa värden för J visar fyllnadshöjden. Jämför med nivåkartan i ritning 1, där det framgår vilka toppar som skall schaktas ned och vilka delar som skall fyllas ut.



Ritning 12: Perspektivbild.

Här visas en matematiskt konstruerad stomsnitt för samma perspektiv som mera på fri hand utförts av arkitekten. Observera skissens markerade blickpunkt och blickavstånd.

## LITTERATUR

Adolfsson, Bengt, 1971, Massberäkning med fotogrammetrisk resp. terrester tvärsektionsmätning (En kostnadsjämförelse), Statens Vägverk, Stockholm.

Anvisningar för utstakning av byggnader, gator, ledningar o.d., 1970, (Stockholms Stads Stadsbyggnadskontor). Stockholm.

van den Berg, J, 1969, Utsättnings- och kontrollmätningssmetoder vid byggnadsproduktion (Statens institut för byggnadsforskning) Rapport 42/69. Stockholm.

International Society of Photogrammetry Group IV/V, 1968, Digital terrain model. Stockholm.

5-företagsgruppen, 1970, Ett informationssystem för byggprocessen (Byggförlaget). Stockholm.

Nordiska Vägtekniska Förbundet, Utskott 23, 1969, Massdisponering. Stockholm.

Programbibliotek, IBM Svenska AB.

Programbibliotek, Markdata AB.

Programbibliotek, TEKLA, Finland.

Ternryd, C, O & Lundin, E, 1970, Mätningsteknik och fotogrammetri. Göteborg.

## CAPTIONS

- Fig. 1 Section taken through an area where buildings are to be erected. Existing terrain and existing structures are shown, along with datums.
- Fig. 2 Section taken through newly designed project.
- Fig. 3 Dimensions shall always be laid out within a given coordination system, not in the form of chained dimensions.
- Fig. 4 Section taken through a project during the construction phase.
- Fig. 5 Section taken through a completed project.
- Fig. 6 A measured sloping distance ( $L_L$ ) together with the same distance projected on the earth ellipsoid ( $L_e$ ) and projected on a single-plane map ( $L_k$ ).
- Fig. 7 Order of magnitude of uncertainty factor inherent in distance measurement using a measuring tape.
- Fig. 8 Order of magnitude of uncertainty factor inherent in distance measurement using an electronic distance-measuring instrument.
- Fig. 9 Order of magnitude of uncertainty factor inherent in the measurement of horizontal angles.
- Fig. 10 Order of magnitude of uncertainty factor inherent in the measurement of vertical angles.
- Fig. 11 Angle-measuring instrument (theodolite).

- Fig. 12    Combination instrument for accurate distance and angle measurement.
- Fig. 13    Leveling instrument.
- Fig. 14    Laser instrument for leveling (AGA).
- Fig. 15    Stereo instrument.
- Fig. 16    Line follower.
- Fig. 17    Automatic plotters.
- Fig. 18    Telephone terminal.
- Fig. 19    Data processing centres.
- Fig. 20    Minicomputers.
- 
- Table 1    When is risk of a 1 cm measurement error encountered?
- Table 2    Headings to be used for "informative labeling" of numeric terrain models. Crosses in the columns at right indicate what information shall be reported in connection with different measuring-up methods.
- Table 3    Different types of ordinarily encountered structural parts and components together with suitable ways to describe them with regard to plan, profile and detail design.

- Drawing 1 Contour map used as source material for rough cube calculation.
- Drawing 2 Drawing used to check the terrain model obtained by digitalizing drawing 1.
- Drawing 3 Example of the interpolated and automatically plotted sections of the terrain model obtained from drawing 1.
- Drawing 4 Leveling field notes for terrain model obtained from field measurements.
- Drawing 5 Drawing used to check the terrain levels obtained from drawing 4.
- Drawing 6 Contour map prepared automatically from level data appearing on drawing 5.
- Drawing 7 Drawing of completed project showing ground preparation work.
- Drawing 8 Drawing used to check project design.
- Drawing 9 Automatically plotted sections through ground and project.
- Drawing 10 Longitudinal profile interpolated and automatically plotted.
- Drawing 11 Excavation plan.
- Drawing 12 Perspective view.







**R30: 1972**

**Denna rapport avser anslag E 713 från Statens råd för byggnadsforskning till Bo G. Hallmén, Ingenjörfirman Markdata AB, Solna. Försäljningsintäkterna tillfaller fonden för byggnadsforskning.**

**Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm  
Grupp: byggnadsprojektering**

**Pris: 21 kronor**