

Elektrotechnisch begroten

E. A. Slichter

1.	Inleiding	Y6010- 3
2.	Elektrotechnisch deel in het totale begrotingsproces	Y6010- 3
3.	Vereiste gegevens voor het maken van de begroting	Y6010- 5
4.	Het begroten van de elektrotechnische voorzieningen	Y6010- 6
4.1.	Nul-engineering	Y6010- 7
4.2.	Basic-engineering	Y6010- 9
4.3.	Detail-engineering	Y6010-11
4.4.	Uitvoering	Y6010-12
4.5.	Diversen	Y6010-13
5.	Nauwkeurigheden en onvoorzien	Y6010-14

1. Inleiding

Het begroten van de elektrotechnische voorzieningen voor fabrieken, installaties of plants is een gespecialiseerde activiteit.

De redenen hiervoor zijn onder andere:

- a. de grote verscheidenheid van de elektrotechnische toepassingen (kracht, meting en regeling, verlichting, etc.);
- b. de vele vakgebieden waarin elektrotechnische voorzieningen worden toegepast (werktuigbouw, chemie, automatisering, etc.);
- c. het netwerk-karakter van de toepassingen vereist inzicht in mogelijkheden om tot optimale oplossingen te komen;
- d. de grote hoeveelheid voorschriften en eisen die zijn ontstaan ten behoeve van standaardisatie en veiligheid.

Dit heeft tot gevolg gehad, dat het installeren van elektrotechnische voorzieningen praktisch altijd door een bepaalde groep selecte bedrijven in onderaanneming wordt uitgevoerd.

Het aantal elektrotechnische toepassingen in onze samenleving is legio. De aanwezigheid van elektrische energie is een hoofdvoorwaarde voor elk bedrijfs- en industrieel proces. Het is dan ook duidelijk dat de betrouwbaarheid van deze voorzieningen een „conditio sine qua non” is!

Door de ontwikkelingen in de elektrotechniek zijn verfijndere en efficiëntere systemen ontstaan, waardoor de zekerheden van een ongestoorde energievoorziening groter werden. Mede hierdoor werd het specialistische karakter van deze bedrijfstak nog versterkt.

2. Elektrotechnisch deel in het totale begrotingsproces

Vanuit de te volgen stappen binnen een begrotingsproces kan vastgesteld worden, wanneer de investeringen voor de elektrotechnische voorzieningen in beeld komen.

Van de in het algemeen te volgen begrotingsfasen, zijn als belangrijkste aan te merken:

Begrotingsfase A

Het vastleggen van de projectscope en de projectomschrijving met de karakteristieken voor:

- eindprodukt en capaciteit;
- geografische plaats;
- aan- en afvoer;

Y6010-4 Elektrotechnisch begroten

- normen, standaards, wetsgeving ten aanzien van milieu en veiligheid.

Deze fase dient te resulteren in een „Plant-Plot-Plan” en een flow van het primaire productieproces.

Begrotingsfase B

Het specificeren van de deelprocessen met als belangrijkste outputs:

- de specificaties en opstellingen van de procesapparatuur voor de primaire deelprocessen;
- de globale lokatiebepaling van deze deelprocessen in een plot-plan;
- de vaststelling van de netwerkstructuren in hoofdlijnen voor onder andere:
 - transport;
 - piping;
 - meet en regeling.

Begrotingsfase C

Het opstellen van de deelbestekken ten behoeve van offerte-aanvragen.

Waar begint nu de elektrotechnische bemoeienis in het begrotingstraject?

- In afhankelijkheid van het soort project en/of omvang kan deze bemoeienis reeds bij het ontstaan van het plot-plan van belang zijn. Hier worden reeds keuzes gemaakt, die grote kosteninvloed kunnen hebben op de mogelijkheden c.q. moeilijkheden in de elektrische energievoorziening. Te denken valt bijvoorbeeld aan consequenties van niet optimale locaties voor primaire deelprocessen en de daaruit voortvloeiende ongunstige lay-out van hoofdtracés voor de energievoorziening. Met andere woorden, stellingnames ten aanzien van netwerk lay-out voor voeding en hoofdverdeling van elektrische energie moet vroeg in het totale begrotingsproces verricht worden. Het is dan ook geen overbodige luxe een elektrotechnisch engineeringsbureau hiervoor in te schakelen door middel van een studie-opdracht.
- De start van de elektrotechnische betrokkenheid begint na het gereedkomen van:
 - apparatenlijst van de procesapparatuur;
 - de locaties van deze apparatuur;
 - de primaire meet- en regelingseisen van de processen.

De hieraan volgende activiteit, *het elektrotechnisch begroten*, zal in paragraaf 4 worden besproken.

Conclusie uit bovenstaande overwegingen moge zijn, dat vroegtijdige deelname van de elektrotechnische engineer in het begrotingsproces een optimale uitkomst zal betekenen van de projectbegroting. Daarbij kan dan ook beter voldaan worden aan de maatschappelijke behoefte naar verbetering van rendementen in energieconversie om tot zuiniger energieverbruik te komen.

3. Vereiste gegevens voor het maken van de begroting

Deze gegevens dienen minimaal te bevatten:

- de vestigings- of bouwplaats om tot een optimale voedingsfilosofie te komen;
- de locaties van de primaire deelprocessen in een plot-plan;
- de ideeën over de ligging en uitvoering van de belangrijkste hoofdtracés voor transport, piping, bekabeling, riolering, etc.
- de toe te passen apparaten in de deelprocessen;
- de te hanteren normen, voorschriften, standaards.

Het bovenstaande vertalend in documenten:

- a. Het *plot-plan* waarop aangegeven:
 - geografische situering;
 - geplotte locaties van primaire (deel-)processen;
 - verwijzingen naar de verbruikers (apparaten)lijst;
 - hoofdtracés.
- b. De *apparatenlijst* waarop de energieverbruikers gespecificeerd zijn.
Minimaal hierin te vermelden:
 - bedrijfsspanning;
 - nominale- en gevraagde vermogens van de procesapparatuur;
 - motor karakteristieken bij aandrijvingen;
 - gelijktijdigheidsfactoren c.q. inschakelduur.

Opmerking:

Hierbij wordt in het algemeen als uitgangspunt gehanteerd, dat de fabrikant van de „consumer” de verantwoordelijkheid heeft voor de specificatie en levering van de motor.

Y6010-6 Elektrotechnisch begroten

- c. Een opgave van *normen, standaards, voorschriften* waaronder de engineering dient plaats te vinden.
- d. De eisen omtrent levering van c.q. betrokkenheid bij:
 - het inbedrijfstellen;
 - het opleiden van personeel;
 - het leveren van manuals, enz.

4. Het begroten van de elektrotechnische voorzieningen

Het werkelijk begroten valt uiteen in twee fasen, namelijk:

- a. De fase, waarin de *technische lay-out wordt berekend* aan de hand van benodigde en beschikbare vermogens. Dit is een specialistisch „karwei” en hierop zal nader ingegaan worden bij de nul-engineering.
- b. De fase, waarin op basis van de schematische uitgangspunten de technische gegevens uit fase a vertaald worden naar kostprijzen.

Beide fasen met hun inputs en outputs worden hieronder als stappen in het begrotingsproces verder gedetailleerd.

Begrotingsstappen	Input	Output
1. Nul-engineering	<ul style="list-style-type: none">- gebruikerslijst;- gelijktijdigheidsfactoren (vanuit de deelprocessen);- plot-plan.	<ul style="list-style-type: none">- Single-Line-diagram (SLD);- eisen t.a.v. de centrale voeding(en).
2. Basis-engineering	<ul style="list-style-type: none">- single-line diagram;- plot-plan;- normen, standaards, regels;- apparatenlijst;- bedieningsfilosofie (centr/decentr).	<ul style="list-style-type: none">- componentkeuze voor trafo's, hoofddistributies, MCC's, enz.;- bedieningsapparatuur (kasten, panelen, bedieningslessenaars).
3. Detail-engineering	<ul style="list-style-type: none">- plot-plan aangevuld met hoofdtracés;- locaties van de gebruikers;- locaties van de componenten genoemd onder 2;- work- en costbreak-down.	<ul style="list-style-type: none">- netwerkstructuren en lay-out voor HS/LS;- netwerkstructuren voor meting en regeling;- aantal montagepunten.

Begrotingsstappen	Input	Output
4. Uitvoering	<ul style="list-style-type: none"> - plot-plan voorzien van de HS/LS tracés; - aantal montagepunten; - tarieven en steekwaarden. 	<ul style="list-style-type: none"> - benodigde voorzieningen; - arbeidsuren gedifferentieerd cfm work-break-down; - grove personeelsplanning.
5. Diversen	<ul style="list-style-type: none"> - scope van de begroting. 	<ul style="list-style-type: none"> - in afhankelijk van de scope: <ul style="list-style-type: none"> • uren commissioning; • uren manual en bedieningsvoorschriften; • project afwerkkosten, • etc. - begrotingskosten; - schatting onvoorz./nauwkeurigheid.

Tabel 1. Begrotingsproces.

In tabel 1 is de nul-engineering en een gedeelte van de basic-engineering te beschouwen als behorend bij de eerder genoemde fase a. Bij het doorlopen van de genoemde stappen zal nader worden ingegaan op details.

4.1. Nul-engineering

Het maken van een SLD is een „vakkarwei”.

In deze fase is kennis van het lokale energie-transmissiesysteem en de eisen van de energieproducent noodzakelijk.

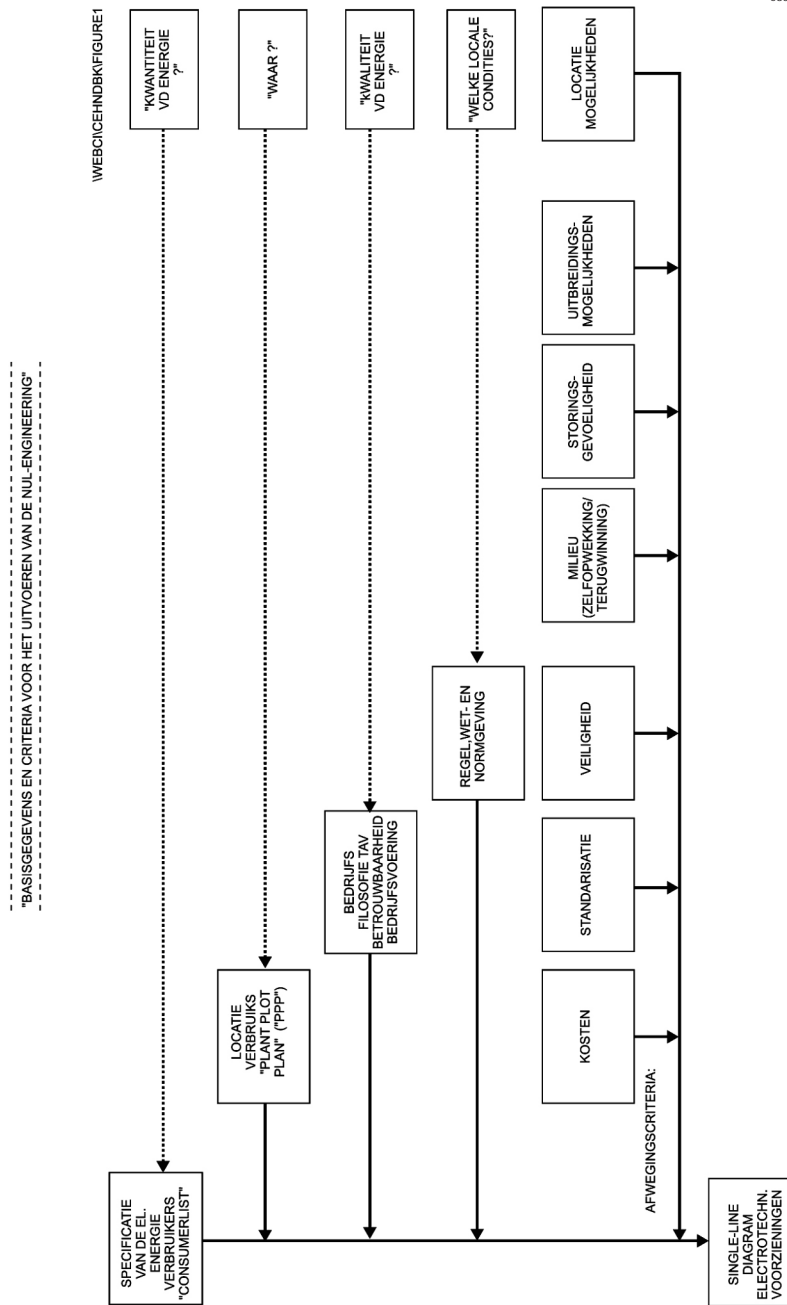
Anderzijds dient reeds de nodige informatie verzameld te worden over de scope van het project.

Alleen de kennis en ervaring van de elektrotechnische engineer/constructeur geven de zekerheid dat de:

- techniek;
 - veiligheid en betrouwbaarheid van het bedrijfsproces en de daarin werkende mensen;
 - economie van het projectplan;
- gewaarborgd zijn.

De engineer/constructeur dient keuzes te maken ten aanzien van:

- bedrijfsspanningen;
- uitbreidingsmogelijkheden;
- kwaliteit van de voorzieningen qua storingen;



Figuur 1. Basisgegevens en criteria voor het uitvoeren van de nul-engineering.

- uitwisselbaarheid;
- bedrijfsstandaardisatie;
- veiligheid;
- noodstroomvoorzieningen c.q. zelfopwekking;
- etc.

De juiste keuzen in dit proces leiden tot een Single-Line-Diagram, waarmee het financiële begroten „*veilig*” kan starten! Eén en ander is weergegeven in figuur 1.

Als minimale gegevens dienen op een SLD vermeld te zijn:

- toegepaste spanningsniveaus;
- kortsluitstroomkarakteristieken (I_k /sec);
- geïnstalleerde vermogen per opwekker;
- uitvoeringskarakteristieken (enkel-/dubbelrail);
- verbruikers met bijbehorende vermogen;
- locatie in het netwerk van de verbruiker.

De benodigde tijd voor het uitvoeren van de nul-engineering kan in afhankelijkheid van de soort en grootte van het project variëren van mandagen tot vele manweken.

4.2. *Basic-engineering*

Uitgaande van (voornamelijk) het Single-Line-diagram (verder SLD te noemen) worden de hoofdcomponenten in de elektrotechnische voorzieningen nader gedetailleerd en gespecificeerd.

Als hoofdcomponenten hierbij aan te merken:

- transformatoren;
- generatoren;
- no-break installaties;
- frequentieregelaars/convertoren;
- motor control centers;
- bedieningsclusters;
- noodstroomvoorzieningen;
- etc.

Met behulp van de consumerlijst en het SLD wordt de specificatie van bovengenoemde componenten vastgelegd om hiermee de markt op te gaan en prijzen te verkrijgen.

Als belangrijk aandachtspunt dient hier vermeld te worden, dat in de vastgelegde specificaties de algemene eisen in het project meegenomen worden, zoals:

Y6010-10 Elektrotechnisch begroten

- voorgeschreven bedrijfsnormen;
- bedieningseisen;
- veiligheidseisen;
- uitbreidingseisen;
- etc.

Het is dan ook zeer aanbevelenswaardig om dit soort algemene eisen in de beginfase van de begroting op een overzichtelijke (door iedere betrokkene te hanteren!) normen c.q. standards checklist te verzamelen.

Er zijn voorbeelden te over in de praktijk, waar door het niet of slecht hanteren van deze regel begrotingen ver naast de realiteit lagen!

In de praktijk van het begroten is het nuttig gebleken om de basic-engineering te beschouwen vanuit een viertal netwerken.

- a. het hoog- c.q. middenspanningsnetwerk > 1000 V;
- b. het laagspanningsnetwerk < 1000 V;
- c. het beveiligingsnetwerk voor a en b;
- d. het meet- en regelnetwerk voor de primaire processen.

Deze netwerken kunnen benaderd worden met afzonderlijke review-checklists, die in principe niet veel van elkaar verschillen.

De „output” van de basic-engineering dient er als volgt uit te zien:

- a. een „work-breakdown” op hoofdniveau met daarvan de „cost-breakdown” afgeleid;
- b. een pakket specificaties geschikt om offertes aan te vragen ten behoeve van de price-setting voor de hoofdcomponenten in de netwerken a en b;
- c. een betrouwbare lijst met hoog- en middenspanningskabels met ingeschatte lengten;
- d. een globaal inzicht in de beveiligings- en meet/regelnetwerken;
- e. het plot-plan aangevuld met hoofdtracés.

De outputs b en c dienen gecheckt te worden tegen het SLD!

De echte „prijsvormers” voor de begroting zijn de outputs b en c. De items d en e zijn de uitgangspunten voor de detail-engineer/calculator.

Uiteraard is punt a in deze begrotingsfase maatgevend voor een efficiënte werkbaarheid en overzicht voor de zich verder ontwikkel-

lende begroting. Namelijk, een goede kostenstructuur als basis is onontbeerlijk in het begroten van grote projecten voor elektrotechnische voorzieningen. Omdat de (hoofd)componentkeuze in de basicengineering plaatsvindt, zal van hieruit bij een correcte en flexibele vertaling naar een cost-breakdown het verdere begroten overzichtelijker zijn.

Nog sterker, indien de begroting leidt tot het realiseren van de elektrotechnische voorzieningen, bewijst zij zelfs grote diensten als leidraad voor een uitvoering!

4.3. Detail-engineering

Vooropgesteld moge worden, dat in deze fase van het begroten de overgang optreedt naar het calculeren. Waar? Dit ligt aan de gewenste nauwkeurigheid die men wenst!

Twee methodes zijn te hanteren in deze begrotingsfase:

- a. steekwaarde-methode;
- b. calculatie-methode.

In beide gevallen dient men wel uit te gaan van een plot-plan (met primaire deelprocessen), waarop hoofdkabeltracés gedefinieerd zijn en de subtracés globaal zijn aangegeven. Tevens moeten de locaties van hoofdcomponenten in het plotplan verwerkt zijn.

Sub a. Bij de steekwaardemethode wordt begroot met „basisprijzen” die zijn ontstaan uit de vergelijking voor- en nacalculatie van voorgaande projecten. Constante terugkoppeling vanuit nacalculatie naar een „basisprijzenbestand” is hiervoor noodzakelijk. Belangrijk in deze manier van werken is de goede en vooral flexibele definiëring van het betreffende item.

Voorbeelden hiervan zijn:

- meterprijzen compleet met kabels van kabelgoten/banen, inclusief montage/arbeidsuren;
- aansluitkosten per ader en doorsnede;
- meterprijzen voor het leggen van grondkabels inclusief grondwerk- en afwerkkosten;
- prijzen per kanaal in een PLC-paneel;
- etc.

Er zijn honderden vast te leggen!

Een goede cost-estimator bezit ze!

Het WEBCI-boekje bevat er vele!

Deze wijze van werken leidt snel naar een redelijk betrouwbare detaillering van de begroting.

Sub b. Bij de „calculatie”-methode gaat men van de benodigde kwantiteiten uit:

- kabellijsten;
- consumerslijst;
- gedetailleerd plot-plan;

en rekent men de prijzen exact uit.

Tegenwoordig, met de moderne programma's op het gebied van calculatie, zal men sneller deze richting inslaan. Dus calculeren!

De detail-componenten voor zowel materialen als lonen zijn als prijs op microniveau vastgelegd in data-bases of spreadsheets. De parameters (aantallen en lengten c.q. afmetingen) dienen slechts ingevoerd te worden.

De detail-prijzen in deze bestanden dienen 1 c.q. 2 × per jaar gecorrigeerd te worden aan de hand van (bijv.) landelijke indices en/of nacalculaties na uitvoering van soortgelijke projecten.

De detail-engineering, die in feite in geval van een opdracht als output de werktekeningen heeft, dient bij het begroten om prijzen boven tafel te krijgen voor:

- kabeltracés;
- kabels als check op de kabelopgave uit de basic-engineering;
- het bepalen van de montageplaatsen;
- het bepalen van het aantal aansluitpunten per montageplaats;
- het specificeren van hulpmaterialen.

Ook in deze fase dienen de algemene eisen (normen, specs, standards) in acht genomen te worden.

Gezien de veelheid van begrotings- c.q. calculatieposten zal in deze fase nog strikt de richting gevolgd moeten worden, die in een work- (dus cost-)breakdown uit de basic-engineering al is ingeslagen.

Dit systeem dient dus zodanig te zijn opgezet, dat vanuit de hoofd-workbreakdown voldoende mogelijkheden aanwezig zijn om onder te verdelen. Dit kan met de huidige computertechnieken *nooit* een probleem zijn!

Kortom:

Waar detail-engineering in geval van een opdracht verantwoordelijk is voor stuklijsten (materiaallijsten) en werkinstructies, zal de betekenis voor de begroting voornamelijk liggen in geschatte arbeidsuren en de inhoud van materiaallijsten.

4.4. Uitvoering

Begroten van de uitvoeringskosten hangt in hoge mate samen met de begroting vanuit een detail-engineerings benadering.

Zij valt uiteen in:

a. Arbeidsuren

Indien de detail-engineering in een correcte costbreakdown is weggezet kan de uitvoeringsbegroting controlerend werken op de detail-engineering.

Hoe?

Door kennis en ervaring van bijvoorbeeld een montageleider.

Geef deze:

- plot-plan;
- tracés;
- montageplaats(en);

en de opdracht een grove montage- en capaciteitsplanning in te schatten.

De uitkomsten hieruit ten aanzien van de arbeidsuren kunnen gegarandeerd dienen als check op de begroting uit de detail-engineering.

b. Voorzieningen

Als voorzieningen te beschouwen:

- personele accommodatie op sites;
- logistieke voorzieningen, zoals transport, opslag capaciteit, beheer, etc.;
- personele voorzieningen-vervoer, bereikbaarheid;
- veiligheids- en milieuvoorzieningen;
- bouwspanning om te werken;
- etc.

Deze voorzieningen zijn in hoge mate afhankelijk van de omvang en tijdsduur van het project. Indien grote en langdurige montagecapaciteit is vereist, kunnen de onderhavige posten van belang zijn.

De eisen op het gebied van veiligheid c.q. Arbo-wetgeving, zullen hierbij in acht genomen moeten worden.

Het ligt uiteraard aan de calculatiesystematiek van het begrotende bedrijf of deze apart in de begroting moeten worden opgenomen. Niet ongebruikelijk is het bijvoorbeeld dat voorzieningen in opslagen van tarieven verwerkt zijn of door opdrachtgever ter beschikking worden gesteld.

4.5. Diversen

a. De in tabel 1 genoemde outputs zoals:

Y6010-14 Elektrotechnisch begroten

- kosten voor inbedrijfstelling;
 - toe te leveren manuals en bedieningsvoorschriften,
- hangen in hoge mate af van de scope voor de begroting en zullen moeten worden ingeschat.
- b. De begrotingskosten kunnen hoog zijn, indien de scope van het project vaag is en toch een redelijk nauwkeurige begroting wordt vereist.

Beter is het dan om ter definiëring van de begrotings-uitgangspunten een vastomlijnde studie-opdracht aan een energiespecialist te geven voor de start van het elektrotechnische begrotingstraject. Op de eventuele toeslag percentage voor onvoorzien en nauwkeurigheid zal in paragraaf 5 nader worden ingegaan.

5. Nauwkeurigheden en onvoorzien

De relatie tussen nauwkeurigheidspercentages en de hoogte van onvoorzienposten in een begroting zijn in het algemeen omgekeerd evenredig met elkaar.

Eénduidige regels zijn niet te geven, wel zijn tendensen aan te geven. Deze sluiten aan bij de stof, die behandeld is in hoofdstuk G2010 van dit handboek.

We dienen hierbij wel te beseffen, dat de elektrotechnische begroting een deelbegroting is.

Wanneer men stelt dat de kosten voor de elektrotechnische voorzieningen een percentage (in afhankelijkheid van de soort plant) bedraagt, liggend tussen 5 en 10%, praten we over de nauwkeurigheid van *deze* percentages.

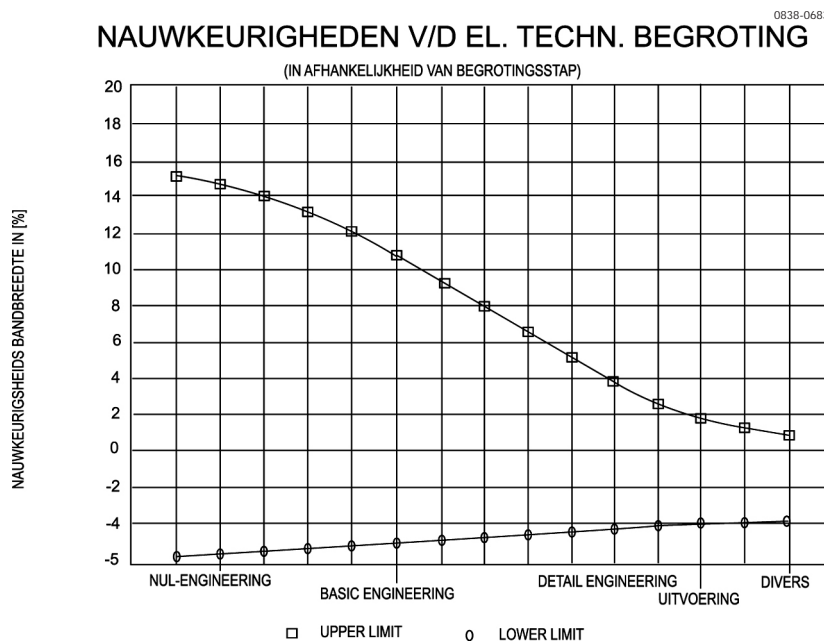
De nauwkeurigheid is, in het kader van de elektrotechnische voorzieningen, in principe afhankelijk van twee zaken.

- a. de éénduidigheid van een projectscope en de beschikbare gegevens;
- b. de hoeveelheid tijd, die men er aan wenst te besteden c.q. beschikbaar is, hoe ver men gaat met detailleringen!

De relatie met hoofdstuk G2010 moge blijken uit figuur 2. Hier zijn dan ook enkele percentages in geplaatst, die uit de praktijk van het elektrotechnische begroten komen.

Algemene opmerking I:

De opmerking kan nog gemaakt worden, dat bij het maken van een begrotingsplan voor uitgebreide elektrotechnische voorzieningen, het zeer aanbevelenswaardig is om bij overgang van de ene



Figuur 2.

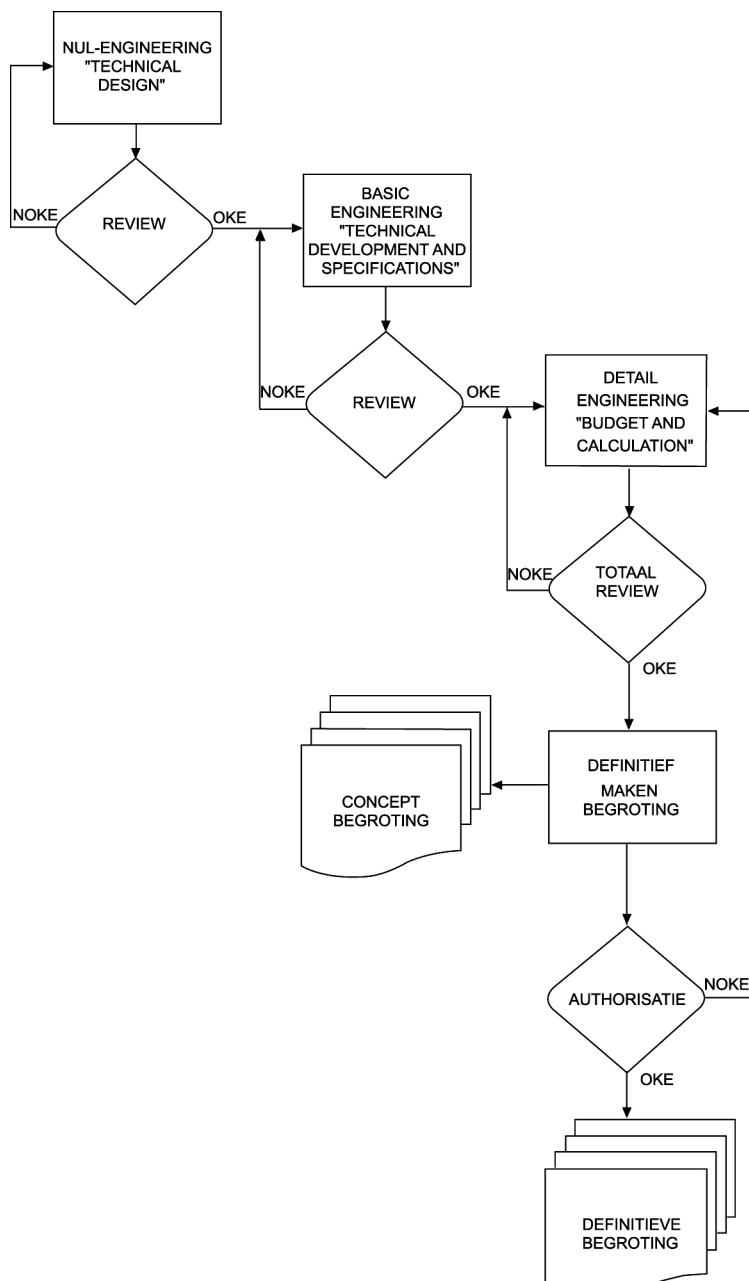
begrotingsfase naar de andere, goede reviews te houden met meerdere personen om de outputs c.q. uitgangspunten voor een volgende fase te checken en te consolideren (zie hiervoor fig. 3).

In het hoofdstuk G2010 is in zekere zin al op het uitvoeren van checks ingegaan. Eén en ander in analogie met de routines bij het uitvoeren van projecten. (Bijv. design-reviews voor engineering-documenten!)

Algemene opmerking II:

In voorgaande beschouwing over het begroten van elektrotechnische voorzieningen is er vanuit gegaan dat:

- a. in het algemeen verlichtingsinstallaties qua financiële begroting niet behoren bij elektrotechnische begrotingen, zij vallen onder de civiele begroting;
- b. motoren voor de proces-units vallen onder leveringen van de proces-units, ook hier wordt nooit rekening mee gehouden in de begroting van elektrotechnische voorzieningen.



Figuur 3. Begrotingsplan.