

Het werken met de „precedence”-planning

(activiteiten op knooppunt)

P. H. Buscher

| | | |
|--------|---|----------|
| 1. | Inleiding | E1020- 3 |
| 2. | Netwerk | E1020- 3 |
| 2.1. | Bouwstenen van een netwerk | E1020- 4 |
| 2.1.1. | Activiteiten | E1020- 4 |
| 2.1.2. | Relaties | E1020- 4 |
| 2.2. | Het construeren van een netwerk | E1020- 4 |
| 3. | Doorrekenen van een netwerk en het analyseren van de gegevens | E1020- 7 |
| 3.1. | Het berekenen van de tijden | E1020- 8 |
| 3.1.1. | Activiteiten met een eind-beginrelatie | E1020- 8 |
| 3.1.2. | Activiteiten met een begin-beginrelatie | E1020-10 |
| 3.1.3. | Activiteiten met een eind-eindrelatie | E1020-13 |
| 3.2. | Het berekenen van de speling | E1020-15 |
| 3.2.1. | Vrije speling | E1020-15 |
| 3.2.2. | Totale speling | E1020-16 |
| 3.3. | Streefdatums | E1020-18 |
| 4. | Enkele opmerkingen en richtlijnen | E1020-18 |
| 5. | Voortgang in het algemeen | E1020-29 |
| 5.1. | Verwerken van de voortgang | E1020-29 |
| 5.1.1. | Werkelijke begindatum | E1020-29 |
| 5.1.2. | Resterende tijdsduur | E1020-30 |
| 5.1.3. | Percentage gereed | E1020-30 |
| 5.2. | Aanpassen tijdsduur | E1020-31 |
| 6. | Optimaliseren van een netwerk bij het gebruik van schaarse middelen | E1020-32 |
| 6.1. | Scheduling | E1020-32 |
| 6.1.1. | „Resource limited scheduling” | E1020-34 |
| 6.1.2. | „Time limited scheduling” | E1020-35 |
| 6.2. | Aggregeren | E1020-35 |

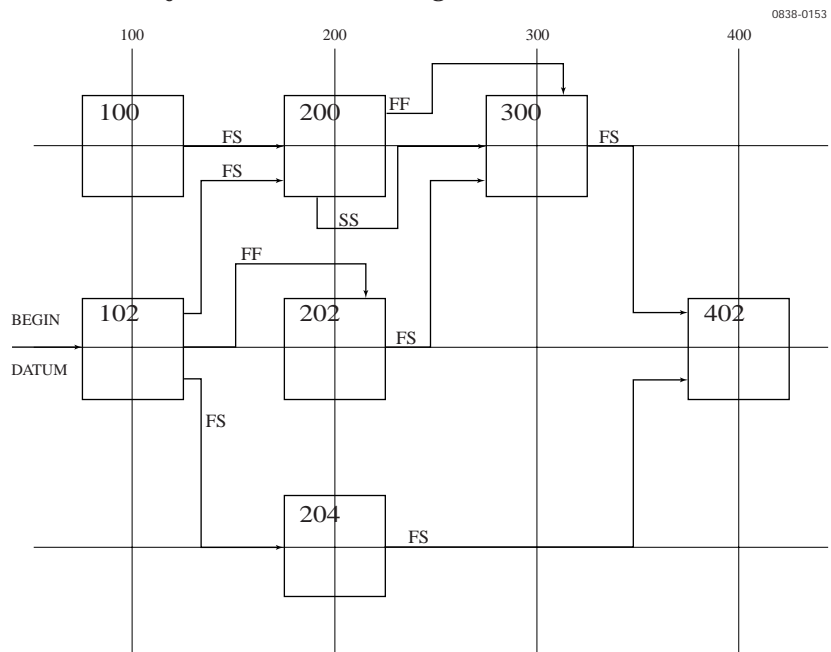
1. Inleiding

Het doel van dit artikel is om planners met ervaring aan de hand van voorbeelden te laten zien hoe men met deze planningsmethode kan werken. Alle voorbeelden zijn theoretisch benaderd en zonder computer berekend. Het is mogelijk dat niet alle momenteel verkrijgbare softwarepakketten op het gebied van planning navolgende voorbeelden foutloos kunnen doorrekenen.

Het zal iedereen duidelijk zijn dat dit artikel niet gezien moet worden als een cursus netwerkplanning.

2. Netwerk

Kenmerkend voor een precedence netwerk (relatiediagram of logical diagram) is een samenstelling van knooppunten die onderling verbonden zijn door relaties (zie fig. 1).



Figuur 1.

E1020-4 Het werken met de „precedence“-planning

2.1. Bouwstenen van een netwerk

Een netwerk bestaat uit de volgende onderdelen:

- activiteiten;
- relaties.

2.1.1. Activiteiten

Er zijn 3 soorten van activiteiten namelijk:

- Beginactiviteiten. Deze hebben geen voorafgaande activiteit(en). Binnen een netwerk kunnen meerdere beginactiviteiten voorkomen. Zie activiteiten 100, 102 en 202.
- Tussenliggende activiteiten. Deze hebben zowel voorafgaande als ook opvolgende activiteiten. Zie activiteiten 200, 204 en 300.
- Eindactiviteit. Deze heeft geen opvolgende activiteit. Zie activiteit 402. Het is raadzaam om binnen een netwerk slechts één eindactiviteit toe te passen (zie fig. 30).

2.1.2. Relaties

Er zijn 3 soorten relaties namelijk:

- Eind-beginrelatie (FS)
Activiteit 200 kan niet beginnen voordat activiteiten 100 en 102 gereed zijn, etc.
- Begin-beginrelatie (SS)
Activiteit 300 kan niet beginnen wanneer activiteit 200 niet begonnen is.
- Eind-eindrelatie (FF)
Activiteit 202 kan niet eindigen voordat activiteit 102 gereed is, etc.

Men kan de relaties ook van een tijdsduur voorzien.

2.2. Het construeren van een netwerk

Een activiteit wordt als een vierkant of als een rechthoek getekend. Zie figuur 2.

Deze figuur is onderverdeeld in vakken voor:

- AN = activiteitsnummer
- AO = omschrijving van de activiteit
- ES = vroegste begin (Early Start)
- EF = vroegste einde (Early Finish)
- TF = totale speling (Total Float)
- DU = tijdsduur (Duration)
- FF = vrije speling (Free Float)
- LS = laatste begin (Late Start)
- LF = laatste einde (Late Finish)

| | | |
|----|----|----|
| AN | | |
| AO | | |
| ES | DU | EF |
| TF | | FF |
| LS | | LF |

Figuur 2.

Om tot een evenwichtig en logisch netwerk te komen dient men zich van te voren de volgende vraag te stellen: Welke activiteiten heeft men nodig en wat zijn hun onderlinge relaties. Men zet de antwoorden in een lijst en vervolgens dienen de activiteiten zoveel mogelijk genummerd te worden in volgorde van afhandeling (Vroegste begin). Vervolgens kan men deze lijst, op volgorde van activiteitsnummer, veranderen in tabelvorm. Hiermee kan men nu een netwerk tekenen. Zie tabel 1 behorend bij het netwerk van figuur 1.

Voor het tekenen van een netwerk kan men nu één van de volgende 3 methoden gebruiken namelijk:

- a. Wanneer er geen softwarepakket aanwezig is met de mogelijkheid om een netwerk te tekenen. Gebruik een onderleg-vel waarop horizontaal en verticaal evenwijdige lijnen zijn getekend. Door middel van een sjabloon kunnen dan de activiteiten gemakkelijk op de juiste plaats getekend worden (zie coördinatenstelsel in fig. 1).
Het grote voordeel van deze methode is dat men zeer snel elke activiteit kan terugvinden.
- b. Op een voorgedrukt blad met vierkantjes (fig. 3), kan men snel een voorlopig netwerk tekenen en dit in een computersysteem (laten) inbrengen. Nadat het netwerk is doorgerekend, kan men, indien een plotter aanwezig is, deze het netwerk laten tekenen.

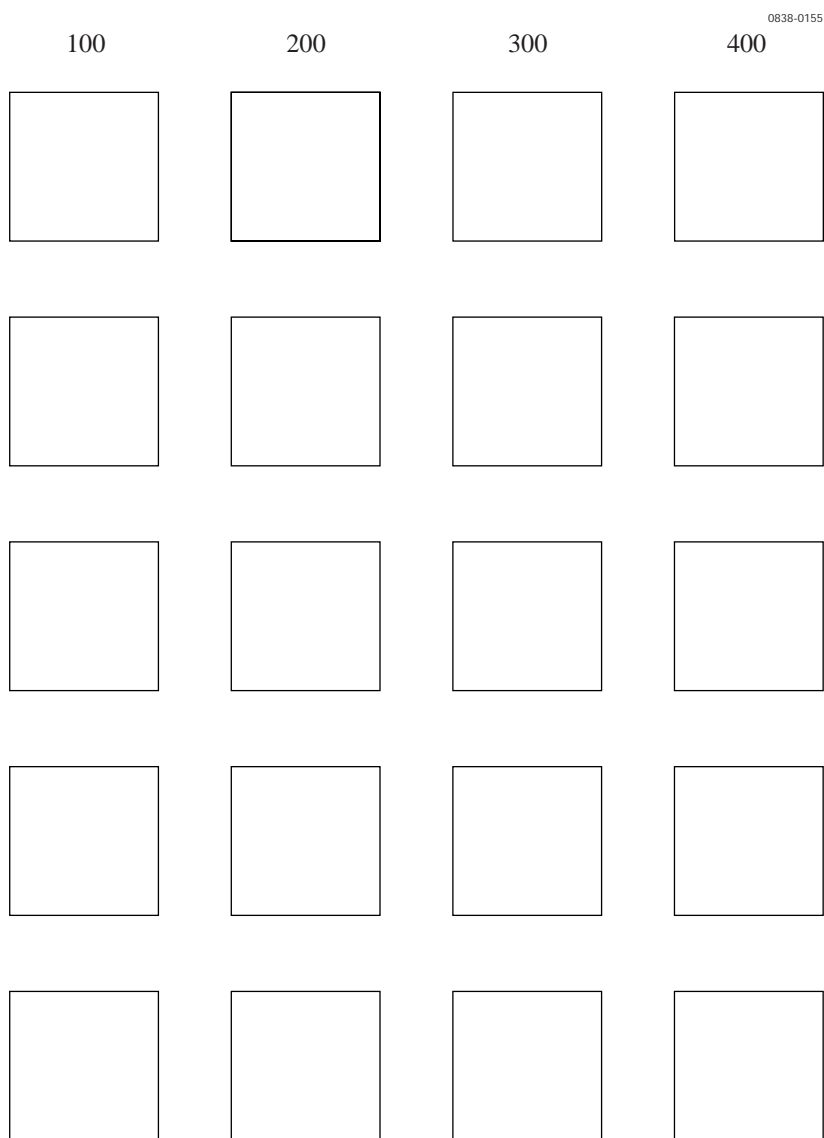
E1020-6 Het werken met de „precedence”-planning

| AN | AO | opv. AN | DU | TYPE |
|-----|---------------|------------|----|-------|
| 100 | een nul nul | | | begin |
| 100 | | 200 | | FS |
| 102 | een nul twee | | | begin |
| 102 | | 200 | | FS |
| 102 | | 202 | | FF |
| 102 | | 204 | | FS |
| 200 | twee nul nul | | | |
| 200 | | 300 | | SS |
| 200 | | 300 | | FF |
| 202 | twee nul twee | | | begin |
| 202 | | 300 | | FS |
| 204 | twee nul vier | | | |
| 204 | | 402 | | FS |
| 300 | drie nul nul | | | |
| 300 | | 402 | | FS |
| 402 | vier nul twee | | | eind |

Tabel 1.

- c. Via „Cost-Time-Resource Sheets” (zie fig. 1 van hoofdstuk D4010). Wanneer deze compleet ingevuld zijn is het netwerk op het tekenen na gereed. Elk CTR-blad is een activiteit met zijn bijbehorende relatie(s).

Methode b is aan te bevelen, echter alleen te gebruiken indien er een computer met bijpassende software aanwezig is. Het komt zelden voor dat men direct tevreden is met een voorlopig netwerk. Het is nu namelijk eenvoudiger en sneller aan te passen en opnieuw te tekenen.



Figuur 3.

3. Doorrekenen van een netwerk en het analyseren van de gegevens

Opmerking: De hierna gebruikte „getekende” voorbeelden moeten gezien worden als stukjes uit een groot netwerk.

E1020-8 Het werken met de „precedence”-planning

In de navolgende alinea's wordt aan de hand van voorbeelden uitgelegd hoe men tijden en spelingen per activiteit bepaalt. Om het eenvoudig te houden wordt gerekend in dagen. Hier kunnen natuurlijk ook andere tijdseenheden voor worden gebruikt. Het berekenen van de tijden zal als eerste worden uitgelegd, waarna uitleg wordt gegeven hoe men speling berekent.

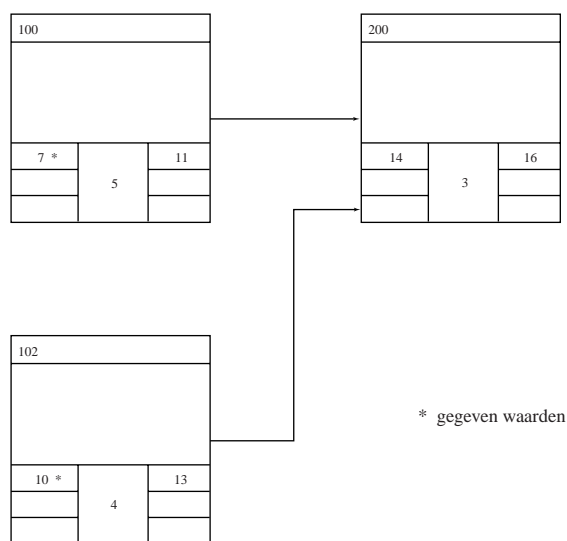
3.1. Het berekenen van de tijden

De berekeningswijze is afhankelijk van de soort relatie. Er zijn voorbeelden voor de navolgende relaties:

- eind-begin relatie;
- begin-begin relatie;
- eind-eind relatie.

3.1.1. Activiteiten met een eind-beginrelatie

Het berekenen van het vroegste begin en het vroegste einde van een activiteit (zie fig. 4).



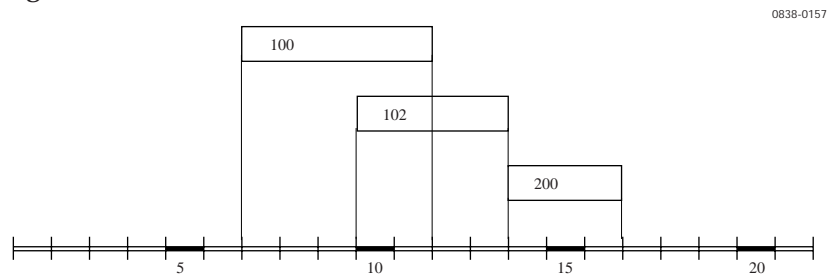
Figuur 4.

Elke beginactiviteit begint aan het begin van dag 1. Voor het berekenen van alle vroegste begin- en vroegste einde-waarden in het netwerk, wordt het netwerk doorgerekend vanaf de eerste tot en met de laatste activiteit. Dit heet de voorwaartse berekening (forward pass).

Het vroegste begin van activiteit 100 is aan het begin van dag 7. Het vroegste einde wordt dan het einde van dag 11. Een en ander volgt uit de formule:

Vroegste einde = (vroegste begin + tijdsduur) – 1 ofwel $EF = (ES + DU) - 1$. De –1 in de formule is nodig daar men 's ochtends begint en 's avonds eindigt.

Het vroegste begin van activiteit 102 is dag 10 waardoor het vroegste einde dan het einde van dag 13 = $(10 + 4) - 1$ wordt. Het vroegste begin van activiteit 200 wordt dan dag 14 waardoor het vroegste einde dag 16 = $(14 + 3) - 1$ wordt. In dit voorbeeld heeft men te maken met meerdere relaties naar activiteit 200 toe. Bij het berekenen van een activiteit met meerdere voorafgaande activiteiten, moet worden uitgegaan van het „laatste” vroegste einde van één van de voorgangers. Het resultaat is in een staafdiagram weergegeven (zie fig. 5).



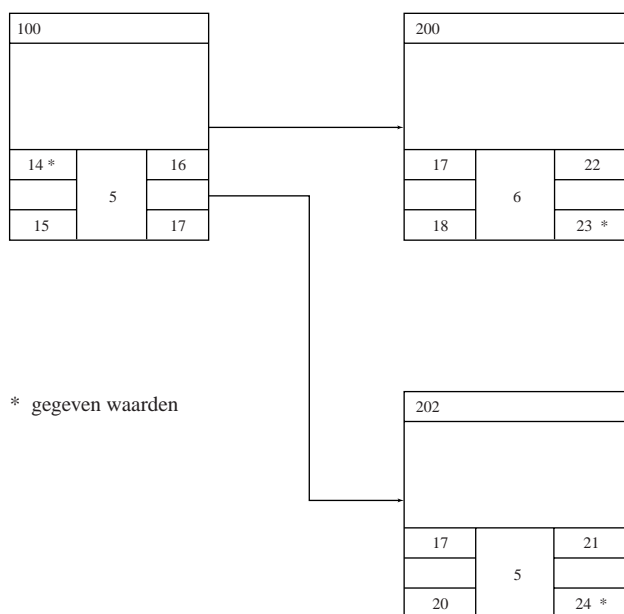
Figuur 5.

Het berekenen van het laatste einde en het laatste begin van een activiteit (zie fig. 6).

Het laatste einde van een activiteit is het tijdstip waarop de activiteit moet eindigen om de geplande einddatum (opleverdatum van het project) niet in gevaar te brengen. Voor bepalingen van het laatste einde en het laatste begin wordt het netwerk doorgerekend vanaf de laatste tot en met de eerste activiteit. Dit heet de terugwaartse berekening (backward pass).

E1020-10 Het werken met de „precedence”-planning

0838-0158



Figuur 6.

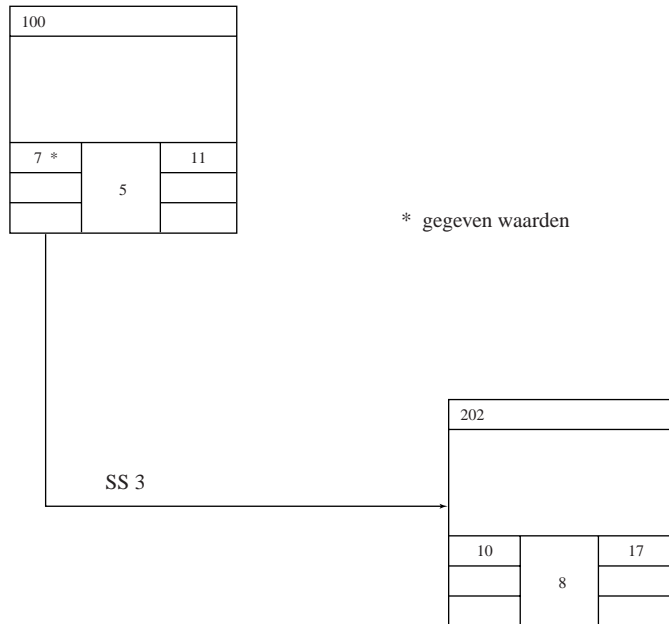
Het laatste begin van een activiteit is het tijdstip waarop de activiteit moet beginnen om de geplande einddatum (opleverdatum van het project) niet in gevaar te brengen.

Activiteit 200 heeft een laatste einde van dag 23 en activiteit 202 van dag 24. Bij het terugrekenen wordt gebruik gemaakt van de formule: $\text{Laatste begin} = (\text{laatste einde} - \text{tijdsduur}) + 1$ ofwel $\text{LS} = (\text{LF} - \text{DU}) + 1$. De + 1 in de formule is nodig daar men 's avonds eindigt en 's ochtends begint.

Het laatste begin van activiteit 200 wordt dus dag $18 = (23 - 6) + 1$ en van activiteit 202 wordt dat dag $20 = (24 - 5) + 1$. Hieruit volgt dat het laatste einde van activiteit 100 dag 17 moet zijn om aan te kunnen sluiten op het laatste begin (dag 18) van activiteit 200. Bij het berekenen van een activiteit met meerdere opvolgende activiteiten, moet men uitgaan van het „vroegste” laatste begin van één van de opvolgers.

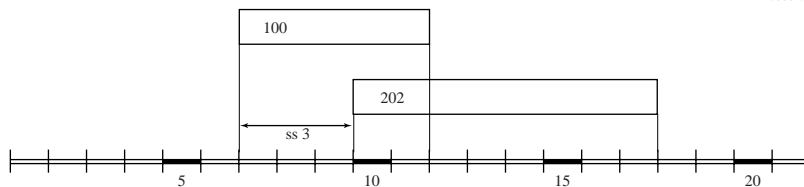
3.1.2. *Activiteiten met een begin-beginrelatie*

Het berekenen van het vroegste begin en het vroegste einde van een activiteit (zie fig. 7).



Figuur 7.

Het vroegste begin van activiteit 202 is dag 10 = 7 + 3 vanwege de begin-begin relatie met tijdsduur 3. Het vroegste einde wordt dan dag 17 = (10 + 8) - 1. Het resultaat is in een staafdiagram weergegeven (zie fig. 8).

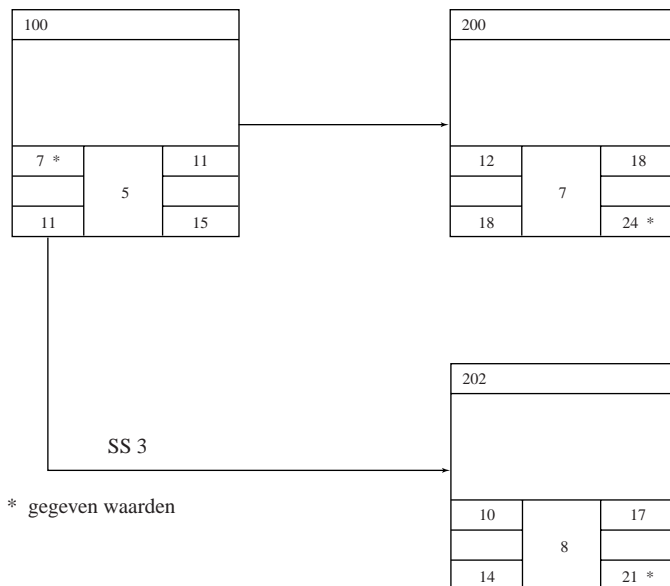


Figuur 8.

Het berekenen van het laatste begin en het laatste einde van een activiteit (zie fig. 9).

E1020-12 Het werken met de „precedence”-planning

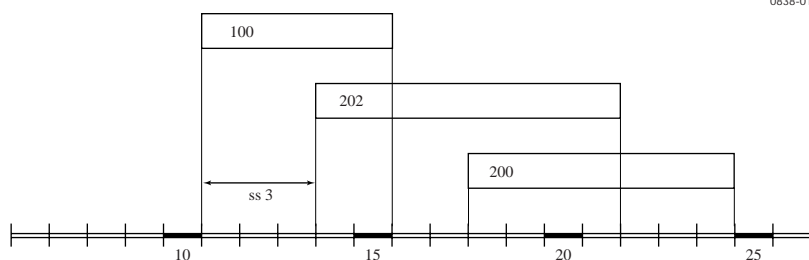
0838-0161



Figuur 9.

Na het terugrekenen is het laatste begin van activiteit 200 dag 18 = $(24 - 7) + 1$. Het laatste begin van activiteit 202 is dag 14 = $(21 - 8) + 1$. Het „vroegste” laatste begin is in dit geval dag 14. Terugrekenend is het laatste begin van activiteit 100 dan dag 11 = $14 - 3$ vanwege de begin-begin relatie met tijdsduur 3. Het laatste einde van activiteit 100 wordt dan dag 15 = $(11 + 5) - 1$. Het resultaat is in een staafdiagram weergegeven (zie fig. 10).

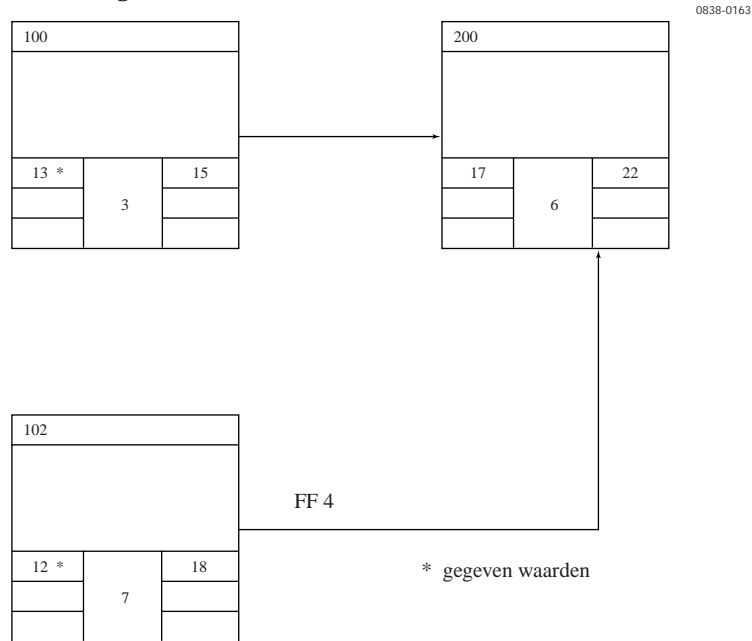
0838-0162



Figuur 10.

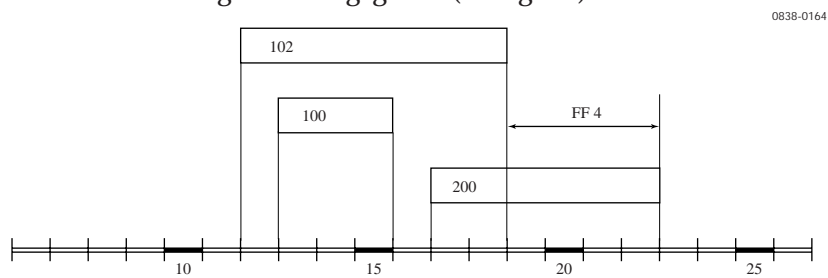
3.1.3. Activiteiten met een eind-eindrelatie

Het berekenen van het vroegste einde en het vroegste begin van een activiteit (zie fig. 11).



Figuur 11.

Het vroegste einde van activiteit 200 is dag 22 = 18 + 4 vanwege de eind-eind relatie met tijdsduur 4. Terugrekenend wordt dan het vroegste begin van activiteit 200 dag 17 = (22 - 6) + 1. Het resultaat is in een staafdiagram weergegeven (zie fig. 12).

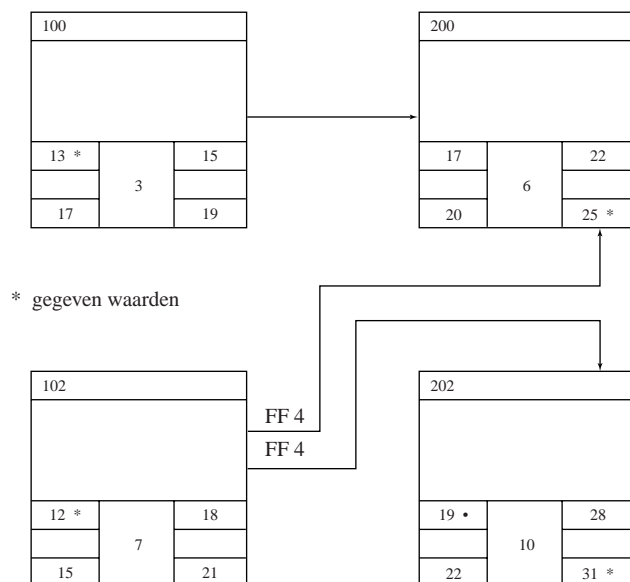


Figuur 12.

Het berekenen van het laatste einde en het laatste begin van een activiteit (zie fig. 13).

E1020-14 Het werken met de „precedence”-planning

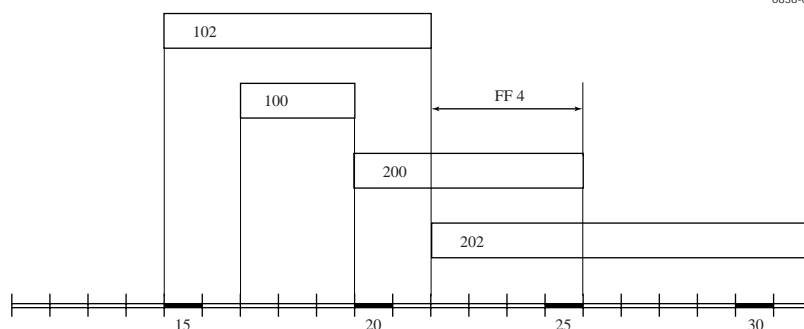
0838-0165



Figuur 13.

Bij de berekening van een activiteit die meerdere opvolgende activiteiten heeft met een eind-eind relatie, moet men uitgaan van het „vroegste” laatste einde van één van de opvolgers. In dit geval is dat het laatste einde van activiteit 200 is dag 25. Hieruit volgt dat het laatste einde van activiteit 102 dag $21 = 25 - 4$ is vanwege de eind-eindrelatie met tijdsduur 4. Het laatste begin wordt dan dag $15 = (21 - 7) + 1$. Het resultaat is in een staafdiagram weergegeven (zie fig. 14).

0838-0166



Figuur 14.

3.2. *Het berekenen van de speling*

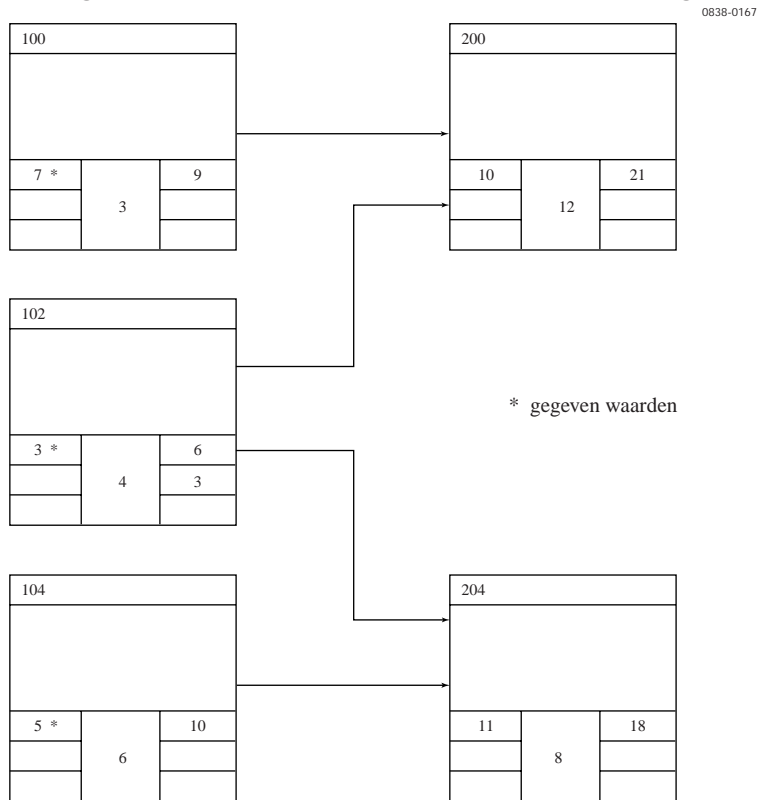
We kennen 2 soorten speling namelijk:

- vrije speling (FF = Free float);
- totale speling (TF = Total float).

3.2.1. *Vrije speling*

De vrije speling van een activiteit is het aantal dagen waarmee de tijdsduur van een activiteit mag worden verlengd (activiteit mag later gereed komen) zonder dat daardoor het vroegste begin van één van de opvolgende activiteiten beïnvloed wordt.

Vrije speling wordt op het voorwaartse pad berekend (zie fig. 15).

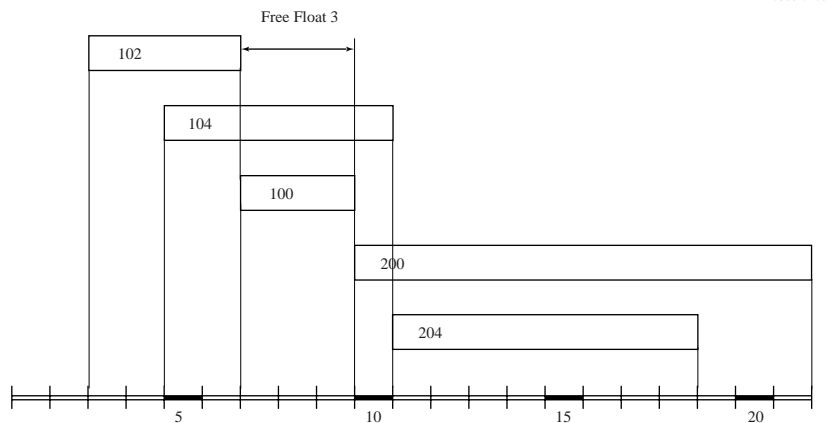


Figuur 15.

Bij de berekening van de vrije speling van een activiteit die meerdere opvolgende activiteiten heeft met een eind-begin relatie, moet men uitgaan van het „vroegste” vroegste begin van een van de opvolgers.

E1020-16 Het werken met de „precedence”-planning

In dit geval is dit het vroegste begin van activiteit 200 is dag 10. Het vroegste einde van activiteit 102 zou dus dag 9 mogen worden. Vrije speling is derhalve $9 - 6 = 3$ dagen. Het resultaat is in een staafdiagram weergegeven (zie fig. 16).



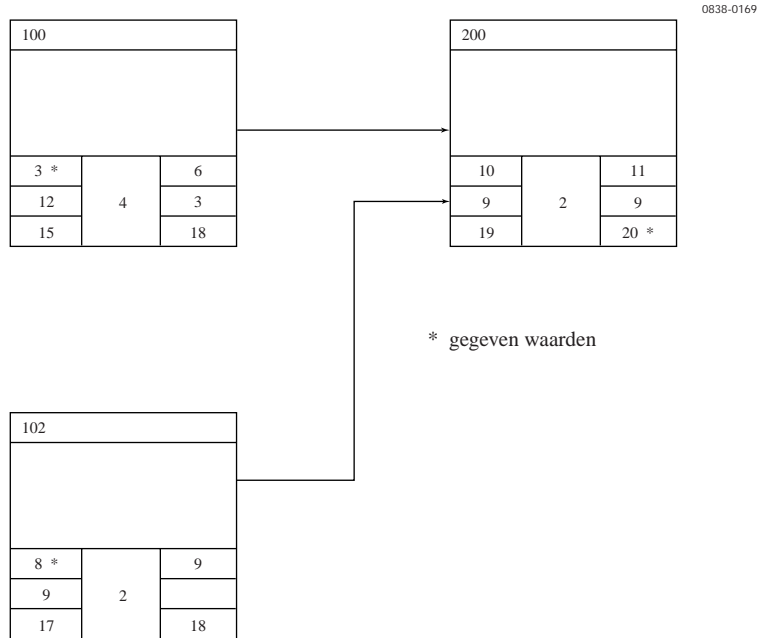
Figuur 16.

3.2.2. Totale speling

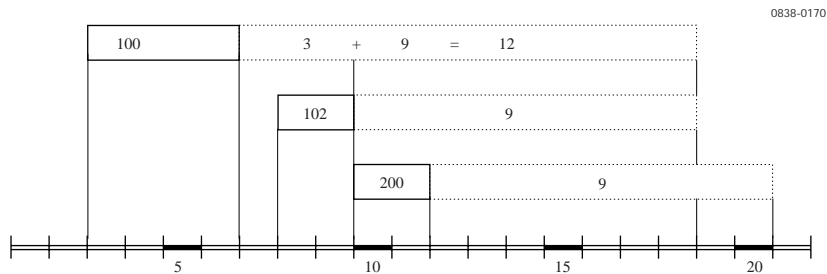
De totale speling van een activiteit is het aantal dagen waarmee de tijdsduur van een activiteit mag worden verlengd (activiteit mag later gereed komen) zonder dat daardoor de einddatum van het project in gevaar komt. Totale speling is het verschil tussen laatste begin en vroegste begin van een activiteit ofwel: $TF = LS - ES$. Deze berekening wordt op het terugwaartse pad uitgevoerd (zie fig. 17).

- Activiteit 200. Totale speling = $19 - 10 = 9$ dagen.
Activiteit 102. Totale speling = $17 - 8 = 9$ dagen.
Activiteit 100. Totale speling = $15 - 3 = 12$ dagen.

Activiteiten in een reeks hebben dezelfde speling als die van de opvolgende activiteit. Heeft de laatste activiteit in een reeks echter vrije speling dan zal in die reeks de totale speling vermeerderd worden met die vrije speling, in dit geval dus met 3 dagen. Het resultaat is in een staafdiagram weergegeven (zie fig. 18). In het staafdiagram is duidelijk te zien dat activiteit 100 een totale speling heeft van $9 + 3 = 12$ dagen.



Figuur 17.

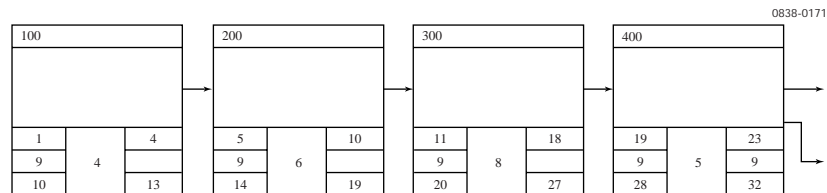


Figuur 18.

Heeft de laatste activiteit (zie fig. 19 activiteit 400) in een opeenvolgende reeks activiteiten een totale speling van n dagen, dan is van die activiteit de vrije speling eveneens n dagen. Wanneer activiteiten 100, 200 en 300 de speling niet gebruiken zal er dus voor activiteit 400 een totale- en vrije speling van 9 dagen overblijven.

Indien men in een opeenvolgende reeks van activiteiten de totale speling van activiteit 100 verbruikt, zullen activiteiten 200, 300 en 400 geen speling meer hebben en zijn dus kritisch.

E1020-18 Het werken met de „precedence”-planning



Figuur 19.

3.3. Streefdatums

De planner heeft de mogelijkheid om op activiteiten 2 soorten streefdatums te plaatsen namelijk:

- TS (Target Start). Dit is een „niet eerder dan” datum.
- TC (Target Completion). Dit is een „niet later dan” datum.

Elk project heeft een gewenste opleverdatum. Indien de eindactiviteit voorzien is van een „niet later dan” datum (= gewenste opleverdatum), kan het voorkomen dat de totale speling op het kritieke pad negatief is. Dat wil zeggen dat het project niet gerealiseerd kan worden tussen het vroegste begin van de beginactiviteit en het laatste einde van de eindactiviteit.

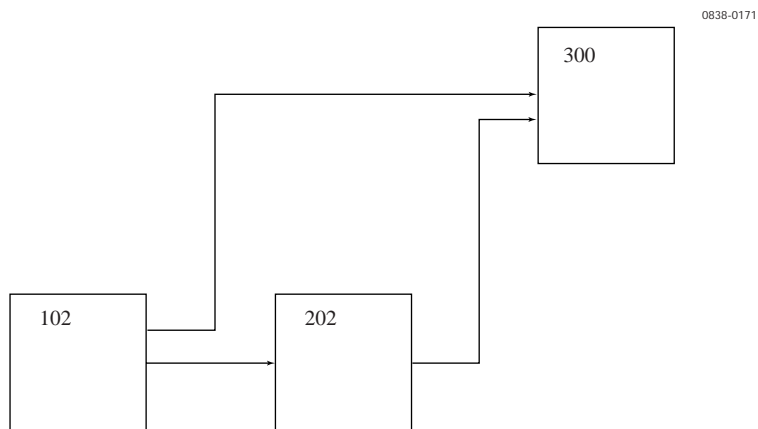
Zonder wijzigingen in het netwerk (op het kritieke pad) zal de gewenste opleverdatum dus niet haalbaar zijn. Een „niet later dan” datum op de eindactiviteit is dus altijd de einddatum van het project.

4. Enkele opmerkingen en richtlijnen

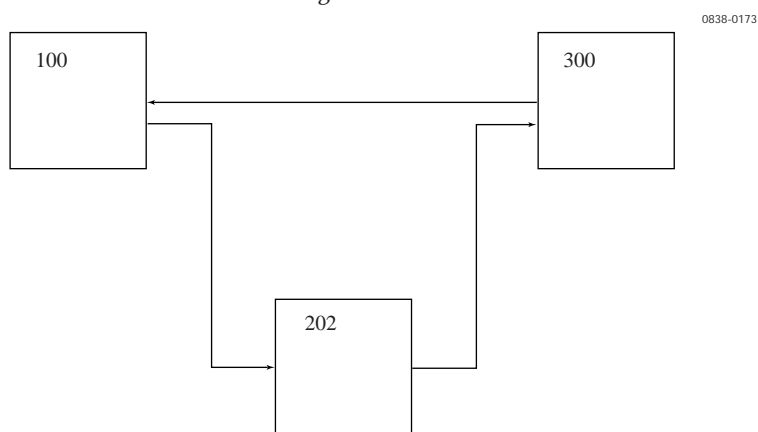
- Zet de begindatum (Base Date) op de beginactiviteit indien men het netwerk zelf tekent (zie fig. 1).
- Gebruik geen overbodige relaties (zie fig. 20). Daar activiteit 102 via activiteit 202 activiteit 300 stuurt is relatie 102-300 overbodig.
- Voorkom lussen (Loops) (zie fig. 21).

Lussen ontstaan indien er teruggaande relaties gebruikt zijn. In dit voorbeeld is dus relatie 300-100 de oorzaak van de lus. Zolang de lus niet is opgeheven zal het onmogelijk zijn om een netwerk te berekenen.

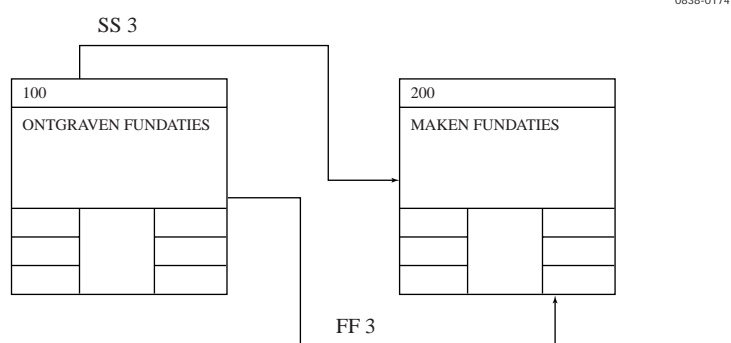
- Wanneer een begin-begin relatie gebruikt wordt, moet bekeken worden of er ook een eind-eind relatie tussen die zelfde activiteit noodzakelijk is (zie fig. 22).



Figuur 20.



Figuur 21.

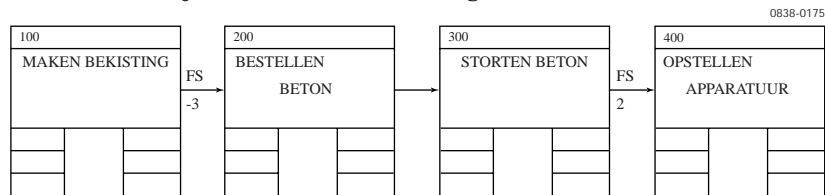


Figuur 22.

E1020-20 Het werken met de „precedence”-planning

Het is in dit voorbeeld overduidelijk dat de eind-eind relatie nodig is, daar het onmogelijk is fundaties te maken wanneer het bijbehorende graafwerk niet gereed is.

- Gebruik nooit tijdsduren op een eind-begin relatie zonder dat de werkelijkheid dit vereist (zie fig. 23).



Figuur 23.

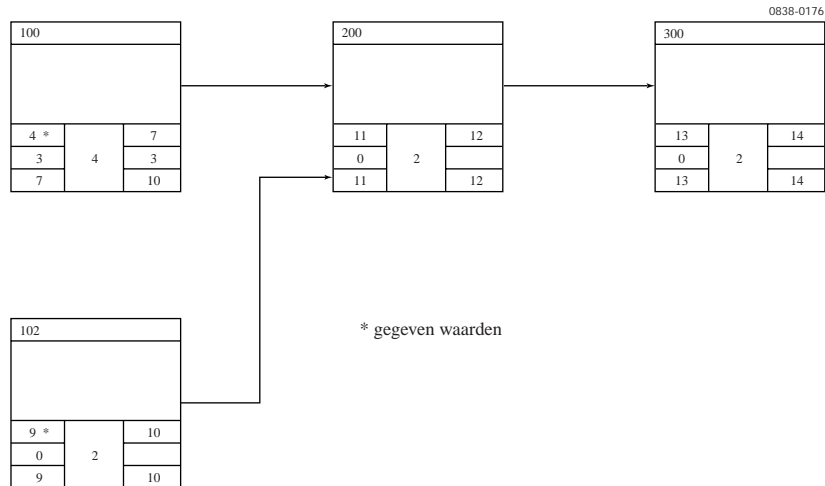
Beton bestellen dient bijvoorbeeld 3 weken voor het storten te gebeuren en is dus afhankelijk van het gereed zijn van de bekisting. Eind-begin relatie 100-200 met een tijdsduur – 3 weken is dus terecht gekozen. Na het storten heeft men 2 weken nodig voor het harden van het beton. Eind-begin relatie 300-400 met een tijdsduur van 2 weken is dus eveneens terecht gekozen. Door deze relatie heeft men geen activiteit „harden beton” nodig.

- Gebruik nooit streefdatums in een netwerk alvorens de eerste berekening is uitgevoerd.
De waarden in figuur 24 zijn in het netwerk berekend zonder het gebruik van streefdatums. Na de voorwaartse berekening heeft men de volgende resultaten:

Activiteit 100 vroegste begin = 4 vroegste einde = 7
Activiteit 102 vroegste begin = 9 vroegste einde = 10
Activiteit 200 vroegste begin = 11 vroegste einde = 12
Activiteit 300 vroegste begin = 13 vroegste einde = 14

Uit deze gegevens volgt dat activiteit 100 een vroegste einde van dag 10 mag hebben. Vrije speling is derhalve $10 - 7 = 3$ dagen. Na de terugwaartse berekening heeft men de volgende resultaten:

Activiteit 300 laatste einde = 14 laatste begin = 13
Activiteit 200 laatste einde = 12 laatste begin = 11
Activiteit 102 laatste einde = 10 laatste begin = 9
Activiteit 100 laatste einde = 10 laatste begin = 7



Figuur 24.

Uit deze gegevens volgt dat activiteit 100 een totale speling van $7 - 4 = 3$ dagen heeft.

Men plaatst nu een streefdatum $TS = 19$ op activiteit 300 (zie fig. 25). Na de voorwaartse berekening heeft men de volgende resultaten:

Activiteit 100 vroegste begin = 4 vroegste einde = 7
 Activiteit 102 vroegste begin = 9 vroegste einde = 10
 Activiteit 200 vroegste begin = 11 vroegste einde = 12
 Activiteit 300 vroegste begin = 19 vroegste einde = 20

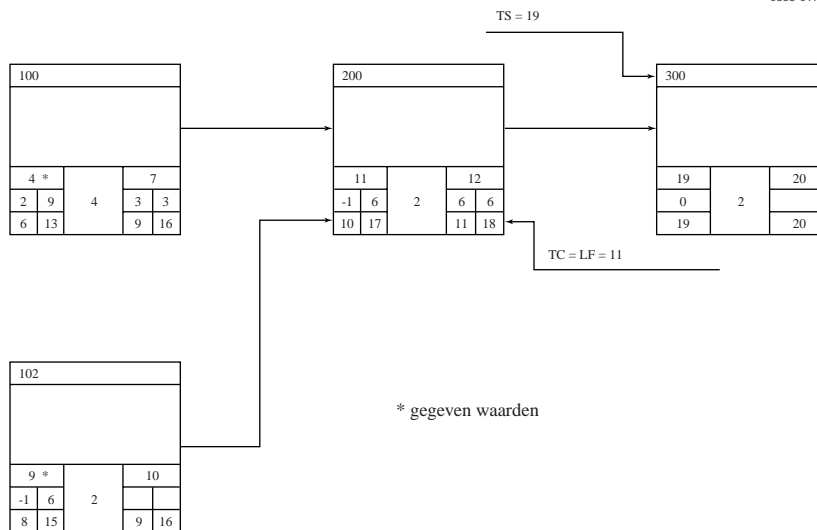
Uit deze gegevens volgt dat activiteit 100 een vroegste einde van dag 10 mag hebben. Vrije speling is derhalve $10 - 7 = 3$ dagen. Het vroegste einde van activiteit 200 mag dag 18 zijn. Vrije speling is derhalve $18 - 12 = 6$ dagen.

De resultaten van de navolgende berekening staan in de rechterzijde van de hokjes. Na de terugwaartse berekening heeft men de volgende resultaten:

Activiteit 300 laatste einde = 20 laatste begin = 19
 Activiteit 200 laatste einde = 18 laatste begin = 17
 Activiteit 102 laatste einde = 16 laatste begin = 15
 Activiteit 100 laatste einde = 16 laatste begin = 13

E1020-22 Het werken met de „precedence”-planning

0838-0177



Figuur 25.

Uit deze gegevens volgt dat activiteit 200 een totale speling van $17 - 11 = 6$ dagen, activiteit 100 een totale speling van $13 - 4 = 9$ dagen, en activiteit 102 een totale speling van $15 - 9 = 6$ dagen heeft.

Het blijkt nu dat de activiteiten 100, 102 en 200 zes dagen meer speling hebben, terwijl activiteit 100 zijn vrije speling van 3 dagen behouden heeft. De zes dagen extra speling zijn dus veroorzaakt door de streefdatum $TS = 19$.

De tijden kunnen nu nogmaals berekend worden waarbij tevens een streefdatum $TC = 11$ op activiteit 200 is geplaatst. De voorwaartse berekening hoeft niet herhaald te worden, daar een TC datum alleen de late tijden beïnvloedt. De resultaten van de navolgende berekening staan in de linkerzijde van de hokjes. Na de terugwaartse berekening heeft men de volgende resultaten:

- Activiteit 300 laatste einde = 20 laatste begin = 19
- Activiteit 200 laatste einde = 11 laatste begin = 10
- Activiteit 102 laatste einde = 9 laatste begin = 8
- Activiteit 100 laatste einde = 9 laatste begin = 6

Uit deze gegevens volgt dat activiteit 200 een totale speling van $10 - 11 = -1$ dag, activiteit 100 een totale speling van $6 - 4 = 2$ dagen, en activiteit 102 een totale speling van $8 - 9 = -1$ dag heeft. Activiteit 100 heeft nu een totale speling van 2 dagen en een vrije speling van 3 dagen. Activiteit 102 heeft een totale speling van -1

dag. Activiteit 200 heeft een totale speling van – 1 dag en een vrije speling van 6 dagen. Met deze voorbeelden is dus duidelijk gemaakt dat het niet verstandig is vóór de eerste berekening van een netwerk streefdatums te gebruiken. Een en ander is in tabel 2 als datumlijst weergegeven.

Het moge duidelijk zijn dat men bij negatieve totale speling de vrije speling niet moet laten zien.

- Pas op voor „Stretched Activities” (activiteiten met uitgerekte doorlooptijd).
Wanneer het netwerk in een softwarepakket is ingebracht kan de eerste berekening worden uitgevoerd. Bij controle van de datums kan het voorkomen dat er een activiteit met uitgerekte doorlooptijd „Stretched Activity” gevonden wordt. Activiteiten met uitgerekte doorlooptijden zijn een gevolg van de Precedence methode. Zie figuur 26 activiteit 200.

Activiteit 200 heeft een vroegste begin van dag $5 = 1 + 4$ vanwege de begin-begin relatie met tijdsduur 4. Het vroegste einde is dag $22 = 20 + 2$ vanwege de eind-eind relatie met tijdsduur 2. Uit deze gegevens volgt dat de doorlooptijd 18 dagen is $(22 - 5) + 1$ terwijl de tijdsduur 14 dagen is. Activiteit 200 is dus 4 dagen uitgerekte en heeft daardoor een verkapte speling van 4 dagen. Het vroegste begin van activiteit 200 moet dag $9 = (22 - 14) + 1$ zijn. Indien het softwarepakket dit vroegste begin dag 9 niet berekenen kan, dient men activiteit 200 te voorzien van een streefdatum $TS = 9$, waardoor activiteit 200 een „normale” activiteit geworden is.

- Let op activiteiten die een begin-begin relatie hebben. Deze activiteiten kunnen in werkelijkheid meer speling aan de achterzijde hebben dan de berekende speling. Zelfs speling op een kritische activiteit blijkt mogelijk. Zie figuur 27 activiteit 100.

Originele tijden.

| AN | DU | ES | EF | LS | LF | TF | FF |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|
| 100 | 4 | 4 | 7 | 7 | 10 | 3 | 3 |
| 102 | 2 | 9 | 10 | 9 | 10 | 0 | |
| 200 | 2 | 11 | 12 | 11 | 12 | 0 | |
| 300 | 2 | 13 | 14 | 13 | 14 | 0 | |

E1020-24 Het werken met de „precedence“-planning

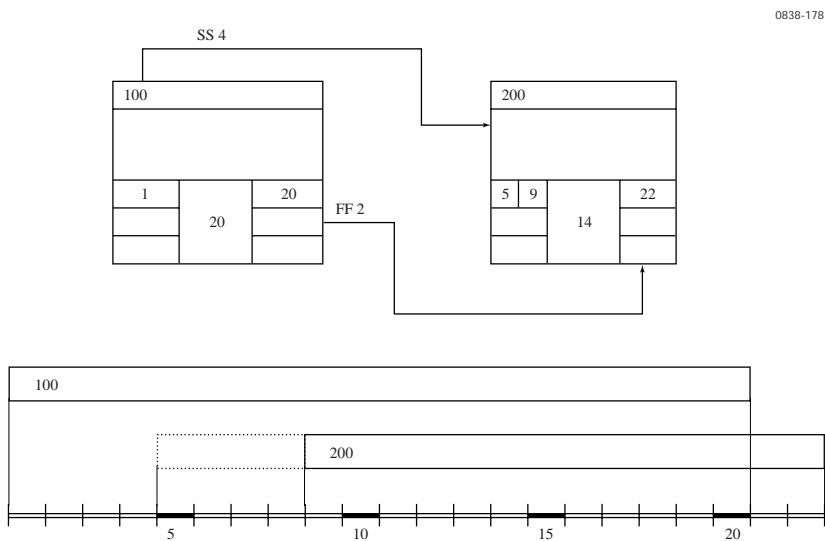
Tijden na het plaatsen van TS op act 300.

| | | | | | | | |
|-----|---|----|----|----|----|---|---|
| 100 | 4 | 4 | 7 | 13 | 16 | 9 | 3 |
| 102 | 2 | 9 | 10 | 15 | 16 | 6 | |
| 200 | 2 | 11 | 13 | 17 | 18 | 6 | 6 |
| 300 | 2 | 19 | 21 | 19 | 21 | 0 | |

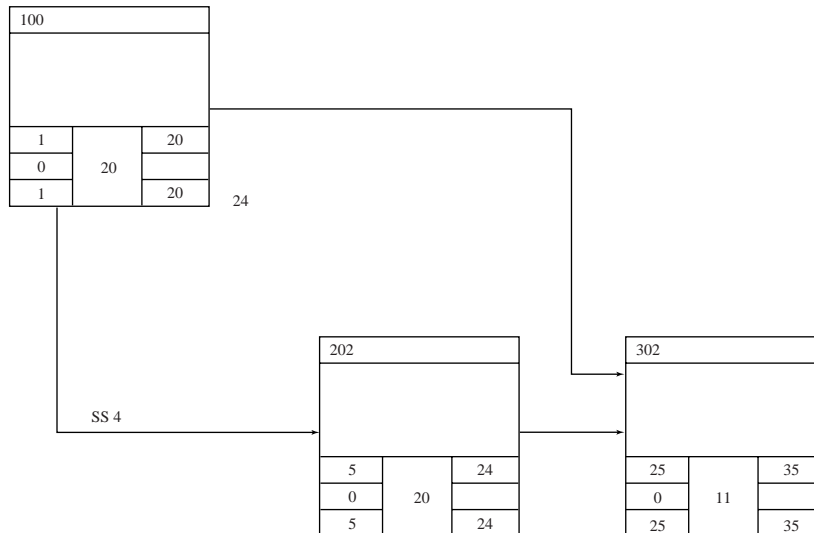
Tijden na het plaatsen van TC op act 200 en TS op act 300.

| | | | | | | | |
|-----|---|----|----|----|----|----|---|
| 100 | 4 | 4 | 7 | 6 | 9 | 2 | 3 |
| 102 | 2 | 9 | 10 | 8 | 9 | -1 | |
| 200 | 2 | 11 | 13 | 10 | 11 | -1 | 6 |
| 300 | 2 | 19 | 20 | 19 | 20 | 0 | |

Tabel 2.



Figuur 26.



Figuur 27.

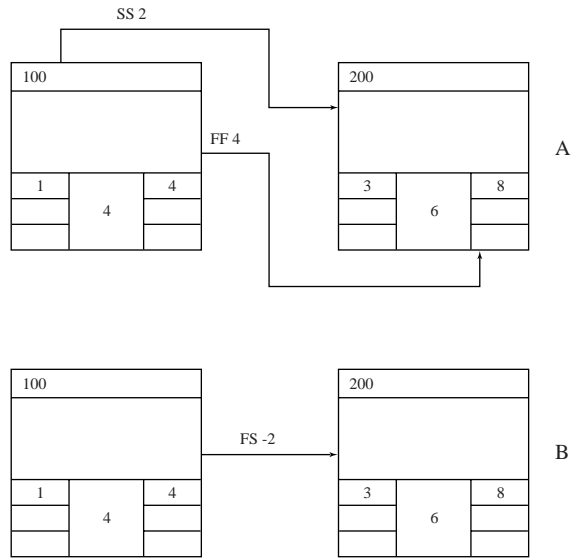
Deze combinaties zijn eveneens een gevolg van de Precedence-methode. Het laatste einde van activiteit 100 dient men handmatig te veranderen van dag 24 in dag 20. Indien het softwarepakket dit niet kan zijn er twee mogelijkheden:

- De tijdsduur van activiteit 100 veranderen in 24 dagen.
 - Activiteit 100 splitsen in twee activiteiten met de nummers 100 en 200 en het aanbrengen van 3 eind-begin relaties en wel 100-200, 100-302, en 200-302. De eind-begin relatie 100-302 en de begin-begin relatie 100-202 moeten dan vervallen. Activiteit 100 duurt 4 dagen en activiteit 200 duurt 16 dagen.
- Gebruik de juiste relaties (zie fig. 28 A en B).

In figuur A zijn de juiste relaties aangebracht. Het vroegste begin van activiteit 200 is dag $3 = 1 + 2$ vanwege de begin-begin relatie met tijdsduur 2. In figuur B is de foutieve relatie aangebracht. Het vroegste begin van activiteit 200 is dag $3 = (4 - 2) + 1$ vanwege de eind-begin relatie met tijdsduur -2 . Hieruit blijkt dat het resultaat van de eerste berekening voor beide figuren gelijk is. Wanneer men echter in figuur B de tijdsduur van activiteit 100 verlengt tot 6 dagen, blijkt dat het vroegste begin van activiteit 200 dag $5 = (6 - 2) + 1$ geworden is. Het vroegste begin is dus twee dagen naar achteren verschoven. Hiermede is nogmaals aangetoond dat men geen tijds-eenheden op een eind-begin relatie moet gebruiken wanneer de wer-

E1020-26 Het werken met de „precedence”-planning

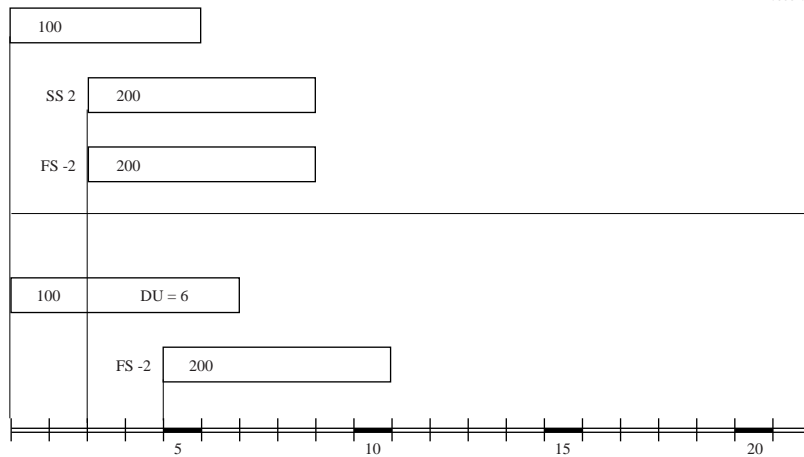
0838-0180



Figuur 28.

kelijkheid dit niet verlangt. Het resultaat is in een staafdiagram weer-
gegeven. Zie figuur 29.

0838-0181



Figuur 29.

– Gebruik maar één eindactiviteit.

Zie figuur 30.

Een eindactiviteit is altijd kritisch. Na de voorwaartse berekening zonder eindactiviteit 402 mee te nemen, heeft men de volgende resultaten:

Activiteit 100 vroegste begin = 1 vroegste einde = 4

Activiteit 200 vroegste begin = 5 vroegste einde = 10

Activiteit 300 vroegste begin = 11 vroegste einde = 18

Activiteit 400 vroegste begin = 19 vroegste einde = 23

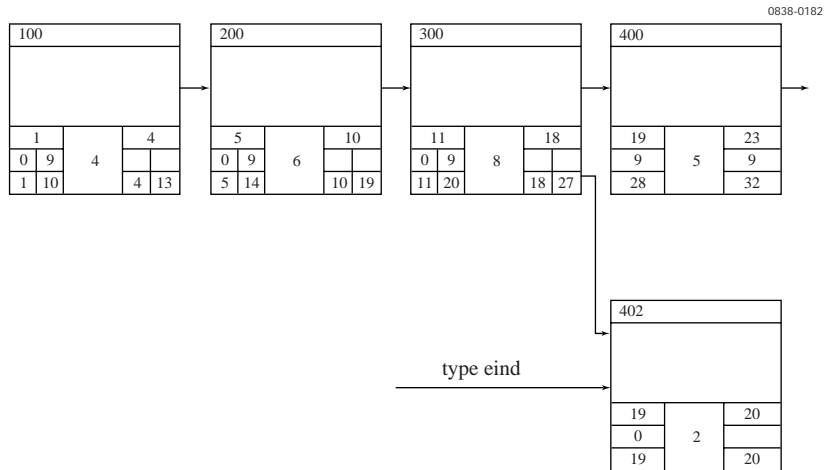
Na de terugwaartse berekening zonder eindactiviteit 402 heeft men de volgende resultaten: De late tijden van activiteit 400 worden bepaald via zijn opvolger (activiteit 500, niet getekend).

Activiteit 400 laatste einde = 32 laatste begin = 28

Activiteit 300 laatste einde = 27 laatste begin = 20

Activiteit 200 laatste einde = 19 laatste begin = 14

Activiteit 100 laatste einde = 13 laatste begin = 10



Figuur 30.

Uit deze resultaten volgt dat alle activiteiten een totale speling van 9 dagen hebben en activiteit 400 tevens een vrije speling van 9 dagen heeft. Deze resultaten staan ook hier weer in de rechterzijde van de hokjes.

In het navolgend voorbeeld zal blijken, dat bij het gebruik van een 2e eindactiviteit (402) na de voorwaartse berekening geen veranderingen zijn ontstaan in de vroege tijden van de activiteiten 100, 200, 300 en 400.

E1020-28 Het werken met de „precedence“-planning

Activiteit 100 vroegste begin = 1 vroegste einde = 4
Activiteit 200 vroegste begin = 5 vroegste einde = 10
Activiteit 300 vroegste begin = 11 vroegste einde = 18
Activiteit 400 vroegste begin = 19 vroegste einde = 23
Activiteit 402 vroegste begin = 19 vroegste einde = 20

Na de terugwaartse berekening heeft men de volgende resultaten:
Activiteit 400 heeft zijn late tijden via zijn opvolger.
Activiteit 400 laatste einde = 32 laatste begin = 28
Activiteit 402 laatste einde = 20 laatste begin = 19
Activiteit 300 laatste einde = 18 laatste begin = 11
Activiteit 200 laatste einde = 10 laatste begin = 5
Activiteit 100 laatste einde = 4 laatste begin = 1

Deze resultaten staan ook hier weer in de linkerzijde van de hokjes. Uit deze resultaten volgt dat activiteiten 100, 200 en 300 geen speling meer hebben, terwijl activiteit 400 de totale speling en de vrije speling van voorheen behouden heeft.

Door het gebruik van een tweede eindactiviteit heeft men dus 3 extra activiteiten kritisch gemaakt. Verder blijkt dat de speling van voorheen slechts verborgen is (activiteit 400 niet verandert).

Het gebruik van een streefdatum $TC = 20$ op activiteit 402 (type eind dan weglaten) geeft hetzelfde resultaat. Deze methode wordt wel eens toegepast om speling te verkleinen. Ook hier wordt de speling dus alleen maar verborgen. Hieruit volgt dat zowel het gebruik van twee of meer eindactiviteiten, als wel een streefdatum TC op een tussenliggende activiteit ten strengste moet worden afgeraden.

Door het gebruik van meerdere eindactiviteiten is het niet meer mogelijk om via een streefdatum TC op de „werkelijke“ eindactiviteit het „laatste“ vroegste begin van een netwerk te berekenen.

Nadat alle datums gecontroleerd zijn, worden deze met de projectleider besproken. In overleg met hem worden te grote spelings door middel van een streefdatum TS gereduceerd. Wanneer de projectleider het netwerk heeft goedgekeurd worden de originele tijden vastgehouden. Het netwerk wordt dan zogenaamd bevroren. De bevroren datums kunnen in een later stadium als referentiedatums gebruikt worden bij het maken van voortgangsrapportages. Zie paragraaf 5.2 laatste alinea.

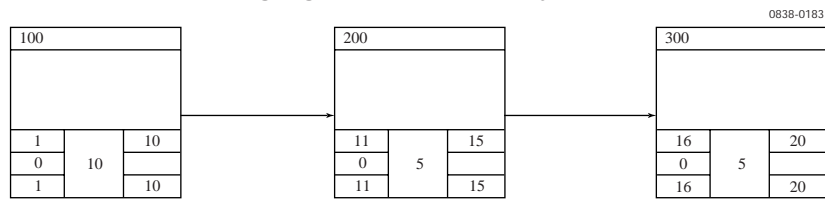
5. Voortgang in het algemeen

Wanneer een netwerk bevroren is zal men periodiek voortgang moeten opnemen en verwerken (bijv. periodes van 1 week, 1 maand of 4 weken).

5.1. Verwerken van de voortgang

Na het verwerken van de voortgang dient men voordat men met de berekening begint eerst de „status per” datum aan te passen. „Status per” datum = „Timenow” in veel softwarepakketten. Deze datum is meestal een maandag, omdat een gangbare tijdseenheid de week is en deze op maandag begint en op vrijdag eindigt. Zaterdag en zondag worden meestal beschouwd als vrije dagen.

Als voorbeeld wordt het netwerk van figuur 31 gebruikt. Men kan op 3 manieren voortgang verwerken namelijk:



Figuur 31.

- het gebruik van de werkelijke begindatum van een activiteit;
- het gebruik van de resterende tijdsduur;
- het gebruik van percentage gereed.

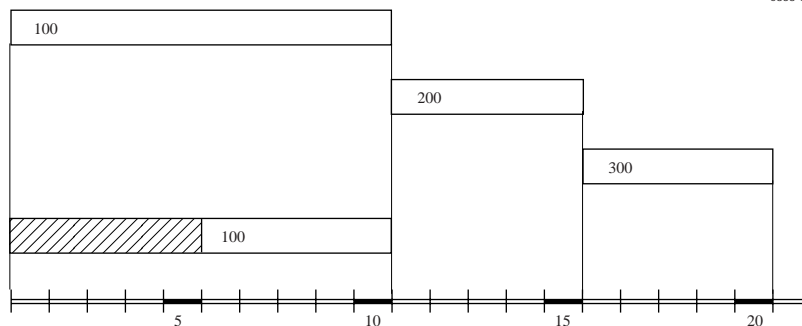
Bij alle drie de methodes zal men bij het gereed zijn van een activiteit gebruik maken van de werkelijke gereed-datum. In softwarepakketten is dit vaak AF (actual finish).

5.1.1. Werkelijke begindatum

In softwarepakketten is dit vaak AS (actual start). Dit is de beste manier om voortgang te verwerken.

In figuur 32 is het originele staafdiagram weergegeven + de staaf van activiteit 100 met voortgang.

„Status per” datum is dag 6 en de werkelijke begindatum is dag 1. Uit de gearceerde staaf is niet op te maken, op welke wijze de voortgang is verwerkt. Voor alle 3 methodes geldt een „status per” datum = 6. Men zou hier zowel werkelijk begin dag 1, resterende tijdsduur 5 of percentage gereed 50% gebruikt kunnen hebben.



Figuur 32.

5.1.2. Resterende tijdsduur

In softwarepakketten is dit vaak RDU (remaining duration). Resterende tijdsduur = 5 wil zeggen dat de genoemde activiteit nog 5 dagen vanaf „status per” datum nodig heeft om gereed te komen. Nadeel van deze manier is dat men niet kan zien wat er vóór „status per” datum gebeurd is.

5.1.3. Percentage gereed

In softwarepakketten is dit vaak PC (percentage complete). Percentage gereed = 50 wil zeggen dat de activiteit de helft van zijn tijdsduur verbruikt heeft. Ook hier heeft men het nadeel dat men niet kan zien wat er vóór „status per” datum gebeurd is.

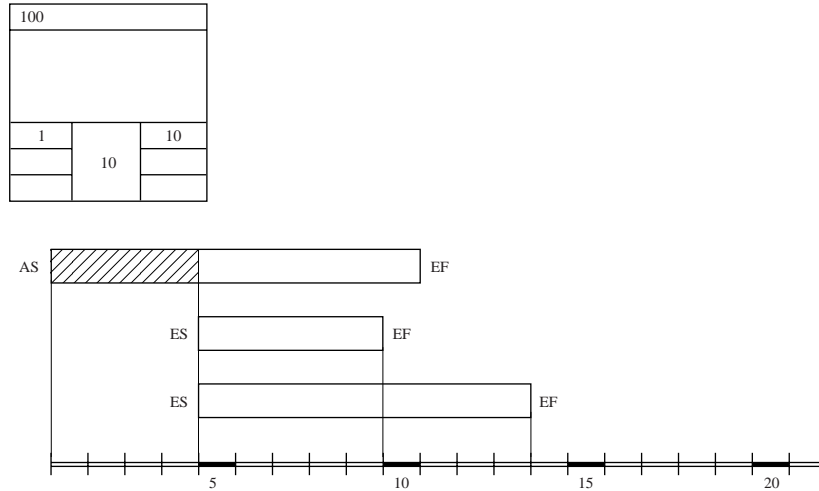
Het verwerken van voortgang met percentage gereed is niet aan te bevelen, daar opgegeven percentages bedoeld zijn als waarde werk gereed van een activiteit en niet als percentage van de tijdsduur. Het waarom volgt uit navolgende verklaring (zie fig. 33).

Bovenste staaf met werkelijk begin dag 1 en „status per” datum is dag 5. Vroegste einde is dag 10 = (1 + 10) - 1.

Middelste staaf percentage gereed = 50%. Activiteit heeft dus nog 5 dagen te gaan en heeft dus een vroegste einde van 9 = (5 + 5) - 1 en zal dus 1 dag eerder gereed zijn.

Onderste staaf percentage gereed = 10%. Activiteit heeft dus nog 9 dagen te gaan en heeft dus een vroegste einde van 13 = (5 + 9) - 1 en zal dus 3 dagen later gereed zijn.

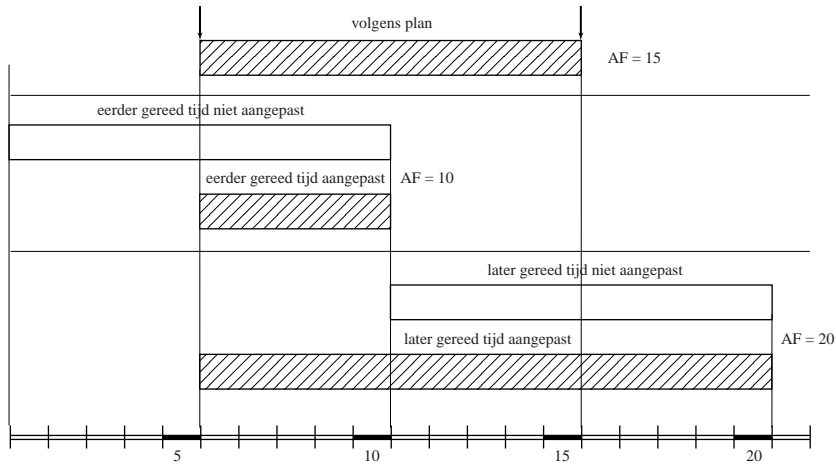
Voortgang verwerken met percentage gereed zal dus steeds staven laten zien die langs de tijdsschaal heen en weer schuiven. Dit is voor een juiste rapportage niet acceptabel. Uit een en ander mag blijken dat de beste manier van voortgangsverwerking het gebruik van de werkelijk begindatum is.



Figuur 33.

5.2. Aanpassen tijdsduur

Indien bij het verwerken van voortgang blijkt dat de nieuwe tijden afwijken ten opzichte van de tijden van de vorige rapportagedatum dient men te allen tijde de tijdsduur aan te passen (zie fig. 34).



Figuur 34.

De pijlen stellen de originele begindatum = 6 en de originele einddatum = 15 voor (bevroren datums). De bovenste staaf is dus exact volgens plan verlopen. Stel dat dezelfde activiteit eerder is gereed-

gekomen (werkelijk einde = 10) en de tijdsduur wordt niet aangepast. De niet-gearceerde staaf die dan getekend wordt, zal dan op dag 1 begonnen moeten zijn daar alleen het werkelijk einde en de tijdsduur bekend zijn. Dit strookt niet met de werkelijkheid, daar het werk in een kortere tijdspanne gedaan is. Na het aanpassen van de tijdsduur blijkt dat de juiste staaf getekend wordt en wel van dag 6 t/m 10.

Stel dat dezelfde activiteit later gereedgekomen is (werkelijk einde = 20) en de tijdsduur wordt niet aangepast. De niet-gearceerde staaf die dan getekend wordt, zal dan op dag 11 begonnen moeten zijn daar alleen het werkelijk einde en de tijdsduur bekend zijn. Dit strookt eveneens niet met de werkelijkheid, daar het werk langer geduurd heeft. Na het aanpassen van de tijdsduur blijkt dat de juiste staaf wordt getekend en wel van dag 6 t/m 20.

Staafdiagrammen met het gebruik van onder andere pijlen noemt men „slipping barcharts“. Deze worden veelvuldig gebruikt voor management rapportages. „Slipping barcharts“ vertonen de vergelijking van de oorspronkelijke (bevroren) en de huidige (actuele) datums.

6. Optimaliseren van een netwerk bij het gebruik van schaarse middelen

Bij het gebruik van „schaarse middelen“ (resources) op activiteiten kan het voorkomen dat men activiteiten niet gelijktijdig kan uitvoeren door gebrek aan „middelen“. Om uit te zoeken welke activiteit als eerste moet worden uitgevoerd (men wil namelijk zo weinig mogelijk tijdverlies) heeft men 2 mogelijkheden:

- het gebruik van „scheduling“;
- door aggregatie in het netwerk.

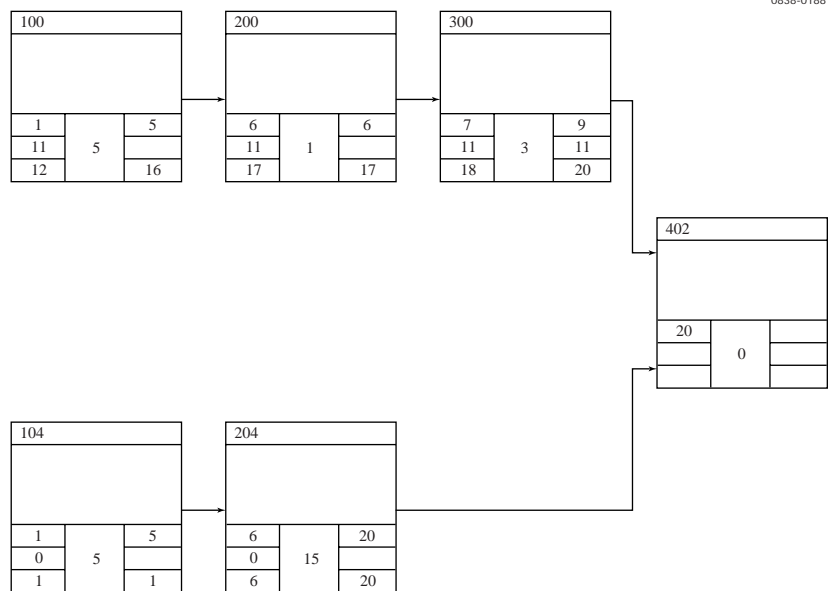
6.1. Scheduling

In veel softwarepakketten heeft men meestal de beschikking over twee opties om te schedulen namelijk:

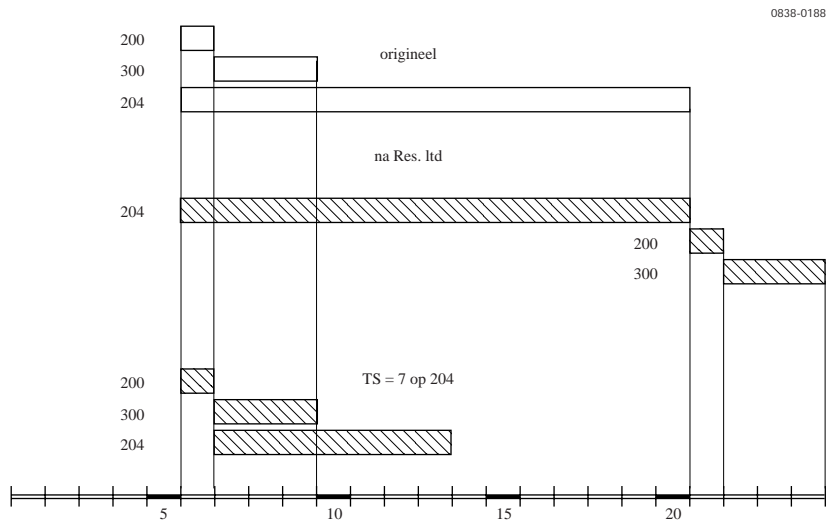
- „Resource limited scheduling“ (Res. ltd.).
- „Time limited scheduling“ (Tim. ltd.).

In het netwerk van figuur 35 hebben de activiteiten 200 en 204 ieder een 400-tons kraan per dag nodig, terwijl maar een kraan per dag beschikbaar is. De tijden die aangegeven zijn, zijn de originele tijden zonder scheduling. Een en ander ook zichtbaar in het staafdiagram van figuur 36 (niet gearceerde staven) en in de datumljst van tabel

36 bovenste vakje.



Figuur 35.



Figuur 36.

E1020-34 Het werken met de „precedence”-planning*Originele tijden.*

| AN | DU | ES | EF | LS | LF | TF | FF |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|
| 100 | 5 | 1 | 5 | 12 | 16 | 11 | 0 |
| 200 | 1 | 6 | 6 | 17 | 17 | 11 | 0 |
| 300 | 3 | 7 | 9 | 18 | 20 | 11 | 11 |
| 104 | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 0 | 0 |
| 204 | 15 | 6 | 20 | 15 | 20 | 0 | 0 |

Tijden na het gebruik van Res.ltd optie.

| | | | | | | | |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|
| 100 | 4 | 1 | 5 | 16 | 20 | 15 | 15 |
| 200 | 1 | 21 | 21 | 21 | 21 | 0 | 0 |
| 300 | 3 | 22 | 24 | 22 | 24 | 0 | 0 |
| 104 | 5 | 1 | 5 | 5 | 9 | 4 | 0 |
| 204 | 15 | 6 | 20 | 10 | 24 | 4 | 4 |

Tijden na het plaatsen van TS-7.

| | | | | | | | |
|-----|----|---|----|----|----|----|----|
| 100 | 5 | 1 | 5 | 13 | 17 | 12 | 0 |
| 200 | 1 | 6 | 6 | 18 | 18 | 12 | 0 |
| 300 | 3 | 7 | 9 | 19 | 21 | 12 | 12 |
| 104 | 5 | 1 | 5 | 2 | 6 | 1 | 1 |
| 204 | 15 | 7 | 21 | 7 | 21 | 0 | 0 |

Tabel 3.

6.1.1. „Resource limited scheduling”

Deze optie zal de beschikbare middelen zo gelijkmatig mogelijk over de tijd verdelen, rekening houdend met de speling. Deze optie kan en mag dus altijd de einddatum van een project laten verschuiven. Wanneer men deze optie toepast zullen de meeste softwarepakketten activiteit 200 achter activiteit 204 plaatsen. Dit is een gevolg van de speling die activiteit 200 heeft. We zien nu dat de einddatum van

het project 4 dagen verschoven is (figuur 36 rechts gearceerde staven) en de datumlijst van tabel 3 middelste vakje.

6.1.2. „Time limited scheduling”

Deze optie laat geen verschuiving van de einddatum van een project toe. Na het gebruik van deze optie zullen eerst de activiteiten met speling verdeeld worden. Indien dit niet meer mogelijk is zullen bij de meeste softwarepakketten de activiteiten weergegeven worden welke middelen tekort hebben (activiteiten zijn in „overload”). Deze weergave is meestal in volgorde van kleinste tijdsduur eerst.

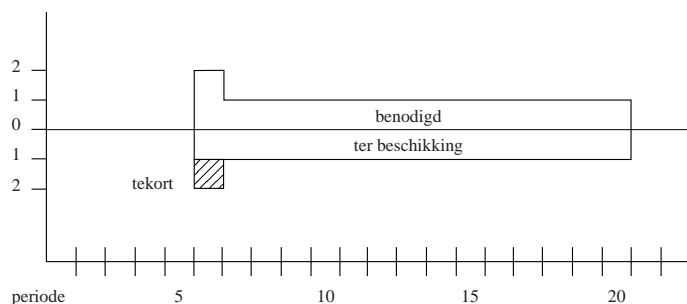
Wanneer men deze optie toepast zullen de meeste softwarepakketten een melding geven dat er voor activiteit 200 geen kraan beschikbaar is aan het begin van dag 6. Men creëert nu door middel van een streefdatum $TS = 7$ op activiteit 204 ruimte voor activiteit 200. Na het berekenen van het netwerk blijkt dat de einddatum van het project maar één tijdseenheid verschoven is (fig. 36 links gearceerde staven) en de datumlijst van tabel 3 onderste vakje.

In dit voorbeeld is het duidelijk dat met „scheduling” en het gebruik van streefdatums een goede oplossing kan worden gevonden.

6.2. Aggregeren

Heeft men een groot netwerk met „schaarse” middelen, dan is het aan te bevelen te aggregeren. Na aggregatie kan men zien in welke periode men middelen te kort of in welke periode men middelen over heeft. Met deze resultaten kan men een tabel of een histogram maken. Uit de gevonden tekorten kan men dan eveneens beslissingen nemen die leiden tot een zo kort mogelijke projectduur verlenging. Zie figuur 37. In deze figuur is een histogram getekend.

Uit dit voorbeeld volgt dat men bij het gebruik van „schaarse middelen” ten minste moet schedulen met de „Tim. ltd.” optie of het netwerk moet aggregeren voordat men het netwerk gaat bevroren.



Figuur 37.

