

DIE GEBRUIK VAN SIMULASIE BY DIE OPERASIONELE ONTWERP  
VAN DIE INNAMESTELSEL VAN 'N GRAANSILO.

N D DU PREEZ

M.Ing.(Stellenbosch), B.Ing.(Stellenbosch)  
Departement Bedryfsingenieurswese, Banhoekweg,  
Universiteit van Stellenbosch, Stellenbosch 7600,  
Suid-Afrika

OPSOMMING

Lang toue by landbouaanlegte is toe te skryf aan eiesoortige aankomstempo's asook té lae dienstempo's. Simulasiemodelle is gebruik om sekere operasionele ontwerpsnorme te bepaal. Die uitleg sowel as dienstempo's van dienskanale is van belang.

ABSTRACT

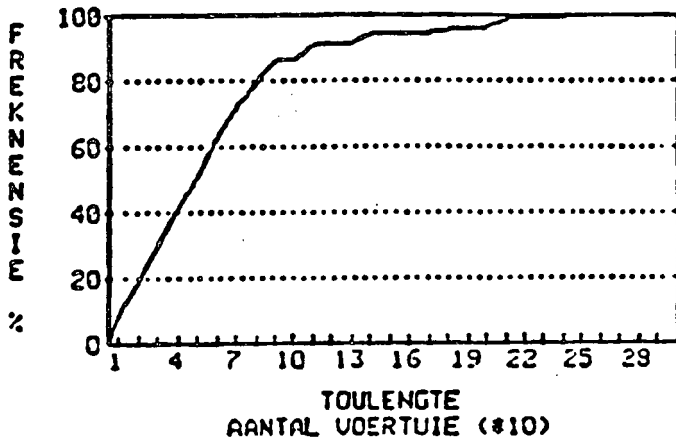
Unique arrival patterns as well as low service rates are the main causes for long queues at processing plants for agricultural products. Simulation is used to determine operational design standards for both the layout as well as service capacities of such plants.

## 1. INLEIDING

Waglyne en toustaan vorm 'n inherente deel van die meeste van ons se daaglikse roetine. Die landboubedryf met sy groot komponent van willekeurigheid, veral wat produksiehoeveelhede betref, het ook te make met hierdie lastige verskynsel. Lang toue voertuie vorm tydens piektye by opbergings- en prosesseringsaanlegte.

Vanweë die aard van beide die aankomsproses asook die onderskeie diensprosesse, is 'n analitiese ontleding van die probleem kompleks. Die gebruik van eenvoudige simulasiemodelle maak dit egter moontlik om ontwerpparameters vir die innamefasiliteite te bepaal. Die doel van die referaat is om 'n opsomming te gee van die werk wat in hierdie veld gedoen is asook om moontlike verdere navorsingswerk kortliks uit te lig.

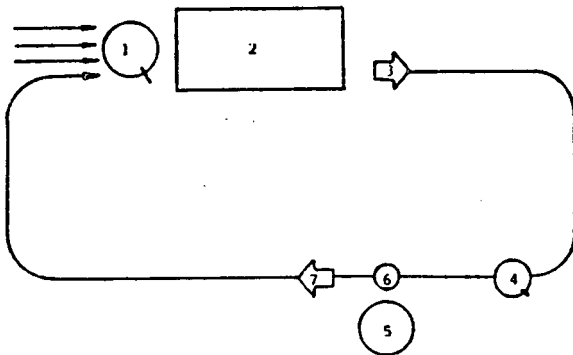
Die behoefte aan navorsing word tot 'n mate uitgewys deur die kumulatiewe verdeling van maksimum toulengtes by silo's in die R.S.A. gedurende die 1980/81 seisoen, soos getoon in figuur 1.



Figuur 1 - Maksimum toulengteverdeling van voertuie by Silo's

Tou lengtes van langer as 55 voertuie is by meer as die helfte van die silo's waargeneem terwyl 15% van die silo's 'n maksimum tou lengte van meer as 100 voertuie tydens die piekdag gehad het. Hierdie resultaat dui op innamestelsels met 'n hoë mate van verstopping en 'n lae benutting van voertuie asook ernstige verkeersprobleme.

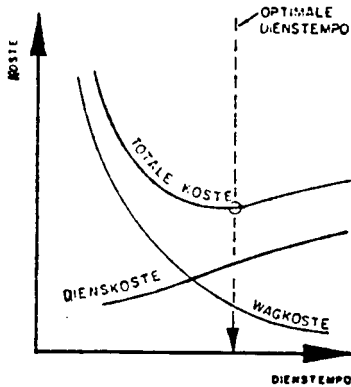
Aangesien die leweringstelsel 'n substelsel is van die oesstelsel as 'n geheel, het groot vertraging ook 'n nadelige invloed op die oesproses en dus die benutting van die komponente van die oesstelsel. Die vertraging verhoog ook die risiko van die afgradering van die produk a.g.v. onder meer die invloed van hael en reën omdat die oesproses vertraag word. Die onderlinge afhanklikheid van die oes- en leweringstelsels word uitgebeeld in figuur 2.



- |                           |                      |
|---------------------------|----------------------|
| 1. Tou voor Innamestelsel | 5. Stroper           |
| 2. Innamestelsel          | 6. Oorlaai van Graan |
| 3. Leë voertuig           | 7. Vol voertuig      |
| 4. Wag vir Stroper        |                      |

Figuur 2 - Onderling afhanklike oes- en innamestelsels

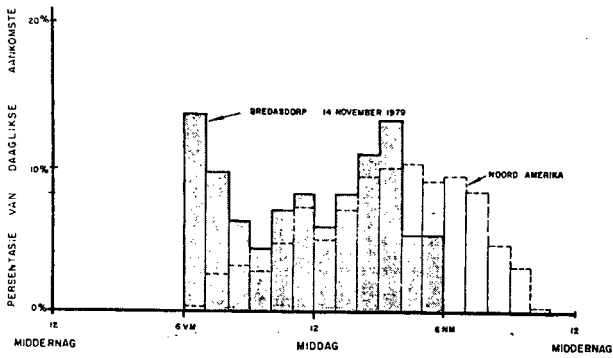
Die bepaling van 'n ekonomiese optimale dienstempo van 'n silo is dus aktueel. Mits die koste van wag by die silo, sowel as die koste van diens, as funksie van dienstempo uitgedruk kan word, kan 'n optimale dienstempo soos getoon in figuur 3 bepaal word.



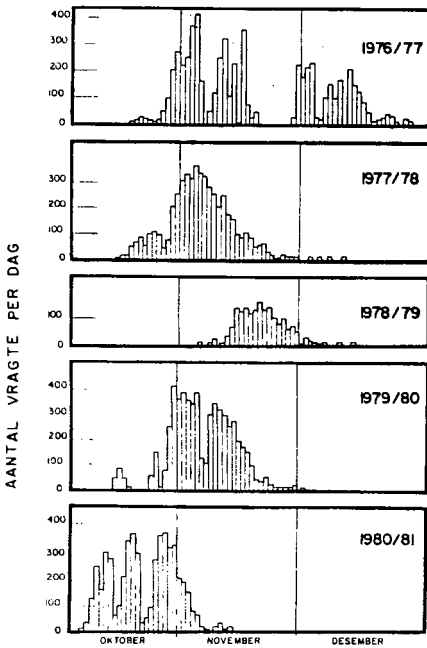
Figuur 3 - Totale koste versus dienstempo

## 2. DIE AANKOMSPROSES

Die eiesoortigheid van die leweringsproses van landbouprodukte is veral gesetel in die tweeledige seisoenaliteit van die aankomsteperke. Eerstens bereik die aankomste per dag 'n piek ongeveer in die middel van die oesseisoen. Tweedens het die piekdag ten opsigte van uurlikse aankomste ook een of twee prominente pieke. Die resultate van 'n ondersoek deur Du Preez en Van der Meulen [1] soos vervat in figure 4 en 5 illustreer beide hierdie verskynsels. Hierdie resultate strook met dié van Bouland [2] en Whitney [3].



Figuur 4 - Uurlikse aankomstempo's



Figuur 5 - Seisoensinvloed op Aankomstempo's

Dit blyk duidelik uit hierdie resultate dat 'n stelsel-ontwerp, gebaseer op gemiddelde aankomstempo's, gedurende piektye van die seisoen ernstige verstoppings tot gevolg kan hê.

### 3. DIE DIENSPROSESSE

Die inname van graan behels vier diensprosesse nl:

- 1) Weeg van vol voertuig
- 2) Monsterneming en Gradering
- 3) Aflaai van voertuig
- 4) Leegweeg en dokumentasie

Tesame hiermee geskied die uitreik van 'n vragbrief en ander dokumentasie. Die globale dienstempo van 'n stelsel word onder meer bepaal deur:

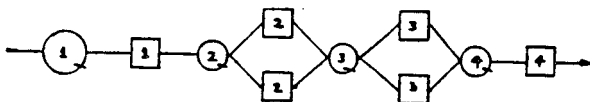
- i) Die dienstempo's van die onderskeie dienssentra.
- ii) Die uitleg van die innamestelsel. (Touruimtes tussen dienssentra.)
- iii) Die toudisipline van veral die leë voertuie in die geval waar beide vol sowel as leegweeg by dieselfde skaal geskied.

### 4. DIE SIMULASIE MODEL

Vir eksperimentering met die onderskeie parameters van die innamestelsel, is 'n simulasiemodel ontwikkel m.b.v. die SLAM II rekenaarpakket. Die model maak dit moontlik om entiteite met tydafhanklike tussenaankomstye te genereer wat dan deur 'n stel dienskanale beweeg met dienste wat Erlangverdeel is. Die parameters van die model (diagrammatiese voorstelling in figuur 6) wat verstel kan word, is:

- 1) Tydafhanklike aankomstempo's ( $\lambda(t)$ )
- 2) Gemiddelde dienste asook vorm van dienstydverdelings ( $\mu_i, k$ )

- 3) Die aantal paralelle dienskanale van elke fase.  $(n_i)$
- 4) Die touruimtes voor elke fase.  $Q_i$
- 5) Die aanvangstou.  $Q_0$



Aktiwiteite	Weeg	Gradeer	Aflaai	Leegweeg
Aankoms	$(t)$			
Toue	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	$Q_4$
Dienssentra	$1^n$	$2^n$	$3^n$	$4^n$
	$1 \ 1$	$2 \ 2$	$3 \ 3$	$4 \ 4$

Figuur 6 - Diagrammatiese voorstelling van rekenaarmodel

## 5. SCENARIO'S VIR EKSPERIMENTERING

### 5.1 Die Blokkeringsinvloed

Om te bepaal wat die invloed van blokkering is op die deurset van die stelsel, is 'n model met konstante gemiddelde aankomstempo oor die verloop van die dag gebruik. Individuele tussenaankomstye word uit 'n negatiewe eksponensiële verdeling gegenerereer, maar die gemiddeld van die vergelyking ( $\lambda$ ) bly konstant oor die verloop van die dag. Dienstyverdelings is Erlang met variansie  $S^2 = 1/(4\mu^2)$ . Hierdie model is gebruik om die invloed van verskillende touruimtes op die globale dienstempo of deurset van die stelsel as geheel te ondersoek.

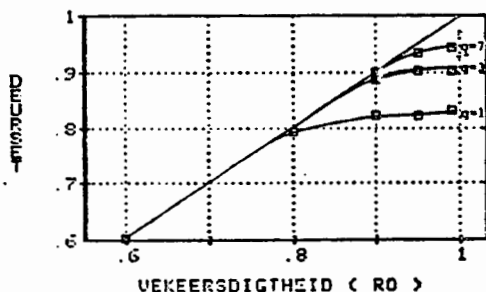
## 5.2 Die tydafhanklike model

Die tydafhanklike model maak gebruik van aankomste uit 'n negatief eksponensiële verdeling met 'n gemiddelde aankomstempo wat afhanklik is van die tyd van die dag. Hierdie model is gebruik om die verband tussen omkeertyd en globale dienstempo by die silo te ondersoek. Tweedens is die model gebruik om die geldigheid van 'n vereenvoudigde grafies-deterministiese model te toets.

## 6. RESULTATE

### 6.1 Blokkering

Die resultate van die tussentouruimte-ondersoek word getoon in figuur 7. Hieruit blyk dit dat die effektiewe dienstempo van die stelsel as geheel verhoog van 83% van die teoretiese maksimum tot 95% as die tussentouruimtes vergroot word van 1 tot 7 plekke. Hierdie resultaat stem goed ooreen met die analitiese verwantskap van Hunt [4] waar die invloed van blokkering by 2 dienspunte met negatief eksponensiële dienste en geen touruimte die effektiewe deurvoertempo verlaag tot ongeveer 67,7% van die teoretiese maksimum van die individuele diensentra.



Figuur 7 - Invloed van touruimte  $q$  op behaalbare deurset



Die uitleg van 'n innamestelsel moet dus minstens 6 - 7 touruimtes voorsien tussen opeenvolgende dienssentra. Indien die standaard geld, kan die netwerk van serie geskakelde dienskanale as 'n Jacksonnetwerk beskou word (Giffin [5]). Die deurvoertempo van die stelsel as geheel kan dan vir praktiese doeleindes bereken word as 95% van die diensfase met die laagste deurvoertempo. Hierdie deurvoertempo is belangrik aangesien dit tot 'n groot mate die omkeertyd van voertuie in die stelsel bepaal.

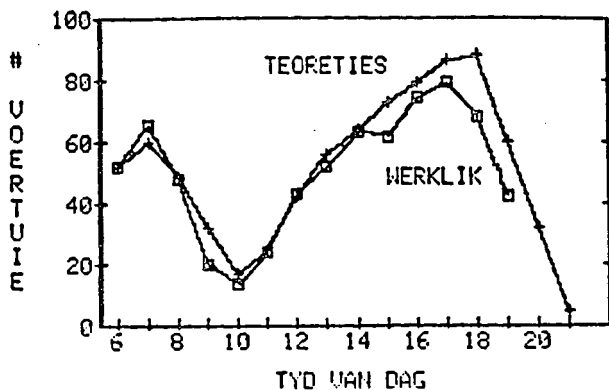
## 6.2 Die Grafies-deterministiese Model

Die silo waarvoor die nie-stationere model ontwikkel is, het onder swaar verkeersdigtheidstoestande gefunksioneer. Tweedens was die aanvangstoulengthe meer as 50 voertuie. Die stelsel as geheel het dus vir die hele tydperk onder verkeersdigtheidstoestande van een gefunksioneer. Op grond hiervan, sowel as die resultate van die simulاسie, is 'n grafies-deterministiese model ontwikkel wat die aantal voertuie in die eerste tou skat. Die model berus op die volgende beginsels:

i) Die kumulatiewe deurset (95% van die teoretiese deurset van die knelpunt dienssentrum) word geplot teenoor tyd van dag.

ii) Die kumulatiewe aankomste word op dieselfde assestelsel geplot.

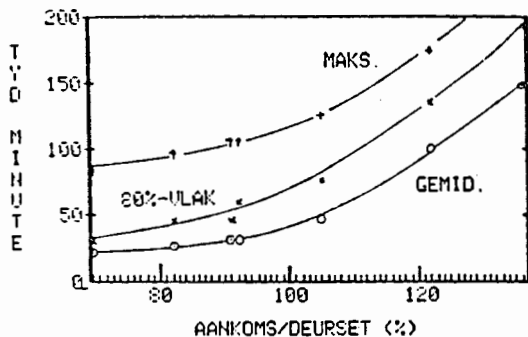
iii) Die verskil tussen die kurwes is 'n skatter van die toulengthe voor die eerste dienspunt. Die resultate verkry met hierdie model lewer aanvaarbare eerste orde oplossings. Sien figuur 8.



Figuur 8 - Werklike en berekende toulengte voor Innamestelsel

### 6.3 Omkeertyd by die Silo

Vir bepaling van 'n ekonomies optimale dienstempo, is die verband tussen omkeertyd en dienstempo by die silo uitgedruk in terme van Aankoms:Deurset (A:D) verhouding. Hierdie resultaat word getoon in figuur 9. Die voordeel van 'n verbetering in die dienstempo op gemiddelde omkeertyd blyk duidelik uit hierdie resultaat. Die maksimum omkeertyd is egter minder sensitief vir 'n verlaging in die A:D verhouding. Die lang aanvangstou word beskou as die hoof oorsaak hiervan.



Figuur 9 - Stelseltyd teenoor Aankoms:Deurset verhouding

#### 7. AANBEVELINGS TEN OPSIGTE VAN DIE A:D VERHOUDING BY 'N SILO

'n Volledige ekonomiese ontleding van optimale A:D verhouding by 'n silo word tans gedoen. Voorlopige resultate dui egter daarop dat 'n omkeertyd van 2 uur as maksimum toelaatbaar beskou behoort te word. Dit stem ooreen met oorsese praktyke - Reinecke [6]. Op grond hiervan word aanbeveel dat 'n innamesstelsel ontwerp word vir 'n effektiewe A:D verhouding kleiner as een met in agname van toekomstige groei in piekdaglewering sowel as voertuiggrootte. Indien die A:D verhouding groter as 1 is, lei dit tot groot aanvangstoue sowel as ernstige verstoppings.

Vir die proefdag onder beskouing het 'n A:D verhouding van 136% gegeld. Die 212 voertuie in die stelsel het gemiddeld 1,99 vragte per voertuig gelewer oor 'n 14 uur werkdag met 'n gemiddelde siklustyd van 7 uur per vrag. 'n Lopie waarin die A:D verhouding verbeter is tot 122% het die benodigde aantal voertuie verminder met 49 wat 'n verlaging in kapitaalbelegging van R1,47 miljoen verteenwoordig! Verbetering van die globale deurset van 'n stelsel kan lei tot 'n aansienlike verhoging in benutting van voertuie.

## 8. OPSOMMEND

Die volgende gevolgtrekkings kan gemaak word uit bogenoemde resultate:

8.1 Die nie-stasionêre aard van die innamestelsel by landbouprodukte, sowel as die kompleksiteit van die innameproses, regverdig die gebruik van eenvoudige simulasiemodelle vir ontwerpsdoeleindes.

8.2 Vanweë die dinamiese aard van die innameproses moet gewaak word teen oormodellering.

8.3 Elke stelsel is uniek. Dus moet veralgemeende resultate met omsigtigheid gebruik word.

8.4 Touruimtes van minstens 6-7 plekke behoort toegelaat te word, veral voor en na die knelpunt dienssentrum.

8.5 'n Aankoms: Effektiewe deurset verhouding van 1 tydens die piekdag lewer aanvaarbare omkeertye.

8.6 Voorkeur aan leë voertuie by die weegaktiwiteit by enkelskaal stelsels lei tot korter totale siklustye.

VERWYSINGS

- [1] Du Preez, N.D. en van der Meulen, G.J.R., "Oes en Lewering van graan met verwysing na die Winter-reënstreek". SAILI Simposium 1981, Vol. 15, No. 1, p. 39-43.
- [2] Bouland, A.D., "Truck Queues at Country Grain Elevators". Operations Research, Vol. 15, No. 4 (1967), pp. 649 - 659.
- [3] Whitney, R.W., "Field to process queues" (ongepubliseerde Ph.D. tesis), Oklahoma State University, Mei 1972.
- [4] Hunt, G.C. "Sequential Arrays of Waiting lines", Operations Research, Vol. 4., p. 674 - 683, 1956.
- [5] Giffin, W.C., "Queuing: Basic Theory and Applications", p. 215 - 233, GRID, Ohio, 1978.
- [6] Reinecke, R., "Die Opberging en vervoer van Graan in Suid-Afrika. Verslag 2: Die Amerikaanse Stelsel en Kostestruktuur". Verslag van die IBI, Universiteit van Stellenbosch, Desember 1983.