



# Warehouse Planning & Control

Jeroen van den Berg Consulting

*Magazijnen en distributiecentra kunnen flinke besparingen realiseren door het gebruik van intelligente planningsmethoden. Jeroen van den Berg ontwikkelde in zijn proefschrift wiskundige methoden voor de organisatie van bulk- en grijpvoorraad, het maken van een ABC-indeling en het bepalen van efficiënte pickvolgordes in geautomatiseerde magazijnen. Welke besparingen mogelijk zijn, wordt gedemonstreerd aan de hand van een praktijkcase bij het Europese distributiecentrum van Yamaha te Schiphol.*

Jeroen van den Berg Consulting

Concorde 11  
4116 HA Buren  
Nederland

Telefoon: +31 (0)30 850 60 55  
Info@Jvdbconsulting.com



**JeroenvandenBerg**  
consulting

**K**leinere voorraden, kortere levertijden, meer orders en een grotere verscheidenheid aan producten: bedrijven stellen steeds hogere eisen aan magazijnen en distributiecentra. Dit maakt de besturing van de logistieke processen in magazijnen complex.

Het proefschrift *Planning and Control of Warehousing Systems* beschrijft nieuwe methoden voor een betere organisatie en een optimale aansturing van de werkzaamheden in magazijnen. De titel van het proefschrift is tweeledig. Aan de ene kant onderscheiden we *planningsmethoden*. Dit zijn methoden die de magazijnprocessen op de middellange termijn (maand, jaar) beïnvloeden. Voorbeelden van planningsmethoden zijn: voorraadbeheer en locatietoewijzing. Aan de andere kant onderscheiden we *besturingsmethoden* (Engels: *control*). Deze methoden zorgen voor de aansturing op de korte termijn (minuten, uren). Voorbeelden zijn het bepalen van een route door het magazijn voor een orderverzamelaar, het bepalen van een volgorde van de opdrachten van een geautomatiseerde kraan in een hoogbouwmagazijn, of het vormen van batches van orders.

### Handelingen orderverzamelaar

Tabel 1 geeft een overzicht van de handelingen die plaatsvinden bij het *orderverzamelen*. We kunnen onderscheid maken tussen man-naar-de-goederensystemen en goederen-naar-de-mansystemen. Bij de eerste categorie moet u denken aan een magazijn waarin orderverzamelaars met orderverzameltrucks, verzamelkarren of rolcontainers langs de stellingen rijden om de gevraagde producten op te halen. Een goederen-naar-de-mansysteem is een geautomatiseerd opslagsysteem waar pallets of bakken met

producten naar de orderverzamelaar worden toegebracht waarna deze de gevraagde producten kan verzamelen. Voorbeelden zijn geautomatiseerde hoogbouw-magazijnen met stellingbedieningsapparaten, paternosters en carroussels.

Uit tabel 1 blijkt dat in een man-naar-de-goederensysteem veel tijd gaat zitten in het rijden. Bij een goederen-naar-de-mansysteem brengen de orderverzamelaars een aanzienlijk deel van hun tijd door met wachten. In beide situaties kunnen we de productiviteit significant verhogen door de rijtijd te minimaliseren. Dit komt tot uitdrukking in een besparing van de arbeidskosten, een grotere verwerkingscapaciteit, kortere responstijden voor het in- en uitslaan van goederen en minder te late leveringen.

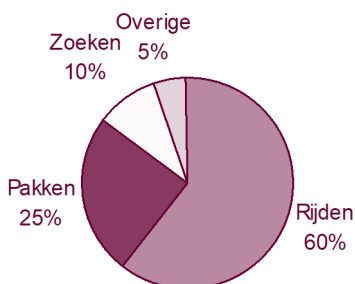
### Stappenplan

Belangrijk bij de planning van magazijnprocessen zijn voorraadbeheer en locatietoewijzing. De planning bepaalt welke producten in welke hoeveelheden waar worden opgeslagen. Het volgende stappenplan geeft aan welke planningsbeslissingen we achtereenvolgens moeten nemen om tot een effectieve planning van de magazijnwerkzaamheden te komen.

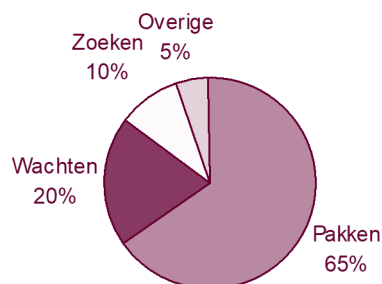
#### Stap 1. Voorraad beperken

Vaak zijn er in magazijnen meer goederen opgeslagen dan strikt genomen nodig is om aan de lopende vraag te kunnen voldoen. Door de productieplanning en inkoop af te stemmen op de vraag (*just-in-time*) kunnen we de grootte van het voorraad beperken en toch een voldoende servicegraad (percentage van de orders dat uit voorraad kan worden geleverd) garanderen. Kleinere voorraden zorgen niet alleen voor lagere

**Verdeling van de arbeidstijd in een man-naar-de-goederensysteem**



**Verdeling van de arbeidstijd in een goederen-naar-de-mansysteem**



Tabel 1. Verdeling van de arbeidstijd voor verschillende verzamelmethoden, bron Frazelle [2].

voorraadkosten (rente, ruimte en risico), maar verhogen ook de efficiëntie van het orderverzamenen doordat de rijtijden afnemen.

### Stap 2. Bulk- en grijpvoorraad scheiden

We kunnen de voorraad scheiden in een bulk- en een grijpvoorraad. De grijpvoorraad wordt gebruikt voor efficiënt orderverzamenen, de bulkvoorraad voor het aanvullen.

### Stap 3. Goederen clusteren die vaak tezamen worden gevraagd

Door clusters te maken van goederen die vaak tezamen worden gevraagd en goederen behorende tot een cluster bij elkaar in de buurt op te slaan, kan rijtijd worden bespaard bij het orderverzamenen. Voorbeelden zijn: Componenten van dezelfde leverancier of artikelen van dezelfde maat of kleur. Ook kunnen we historische ordergegevens bestuderen om na te gaan welke producten vaak samen in een order voorkomen.

### Stap 4. De activiteit over het magazijn balanceren

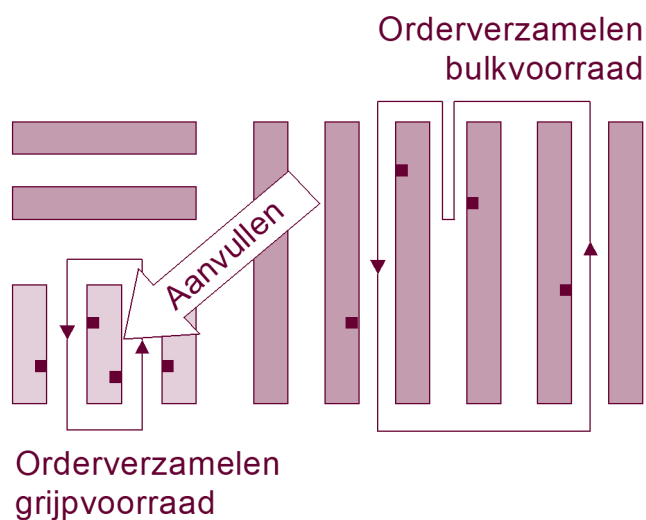
Als snellopende producten worden opgeslagen op centrale locaties, dan kan dit tot opstoppingen leiden. Het is dus zaak de snellopers te verspreiden over een voldoende groot gebied, zonder dat de rijtijden aanzienlijk toenemen. Een strategie om opstoppingen te voorkomen, is om het magazijn op te delen in *zones*. In iedere zone werkt een beperkt aantal orderverzamelaars..

### Stap 5. Snellopers op makkelijk bereikbare locaties plaatsen

Hierbij kan worden gedacht aan een ABC-indeling maar ook aan het plaatsen van snellopers op grijphoogte.

## Bulk- en Grijpvoorraad

Een mogelijkheid tot het verbeteren van de



Figuur 2. Voorbeeld van een magazijn met gescheiden bulk- en grijpvoorraad.

efficiëntie van een orderverzamelstelsel is het aanhouden van gescheiden bulk- en grijpvoorraden. Een relatief klein gedeelte van het magazijn wordt hierbij gereserveerd voor de grijpvoorraad.

Vanwege de compactheid zorgt de grijpvoorraad voor efficiënt orderverzamenen. De bulkvoorraad wordt gebruikt voor het aanvullen van de grijpvoorraad en voor het verzamelen van producten die niet aan de grijpvoorraad zijn toegewezen (Figuur 2). Wanneer de bulkvoorraad wordt gebruikt voor orderverzamenen, is het verstandig om deze weer onder te verdelen in een apart gedeelte voor orderverzamenen en een apart gedeelte voor aanvullen.

Het is niet noodzakelijk dat alle producten een plaats in de grijpvoorraad krijgen. Een afweging tussen de arbeidsbesparing op het orderverzamenen en het extra werk voor het aanvullen, bepaalt of producten wel of niet in de grijpvoorraad worden geplaatst.

Aanvullen van de grijpvoorraad kan gebeuren in rustige periodes. Daardoor hoeven tijdens drukke periodes minder producten te worden aangevuld. Een ander voordeel is dat er minder voertuigen in de grijpvoorraad rondrijden, wat opstoppingen vermindert.

## Wiskundige methode

Het proefschrift beschrijft een methode voor het bepalen welke producten aan de grijpvoorraad worden toegewezen en in welke hoeveelheden. Als voorbeeld beschouwen we de volgende situatie. Alle producten zijn op pallets opgeslagen. Het aanvullen vindt plaats met behulp van vorkheftrucks met één pallet tegelijk. Het magazijn levert iedere dag orders uit gedurende acht uur. Men heeft de mogelijkheid om enkele werknemers een uur eerder te laten beginnen om de grijpvoorraad alvast aan te vullen. Het magazijn bevat 200 verschillende producten en heeft 200 locaties. De tijd voor het picken van een product uit de grijpvoorraad wordt geschat op 1 minuut; de tijd voor het picken van een product uit de bulkvoorraad wordt geschat op 2 minuten en de tijd voor het aanvullen wordt geschat op 5 minuten. Er komen drie typen pallets voor in het magazijn, die een ruimte innemen van respectievelijk één, twee en vier locaties.

De in het proefschrift ontwikkelde methode bepaalt aan de hand van historische vraag- en voorraadgegevens welke producten aan de grijpvoorraad moeten worden toegewezen, zodanig dat de verwachte hoeveelheid werk wordt geminimaliseerd. Om na te gaan welke

tijsbesparingen met deze methode mogelijk zijn, hebben we de methode vergeleken met methoden die in de praktijk veel worden gebruikt. Eén zo'n methode is om ieder product dezelfde hoeveelheid ruimte te geven, bijvoorbeeld één of twee stellinglocaties. Een andere veel gebruikte methode is om aan ieder product een hoeveelheid ruimte toe te wijzen die voldoende is om aan de vraag te voldoen gedurende eenzelfde vaste periode. Deze methoden maken echter niet volop gebruik van de voordelen van een gescheiden bulk- en grijpvoorraad. We vergelijken de gevonden oplossingen ten opzichte van een magazijn zonder grijpvoorraad, waarin alle producten dus rechtstreeks uit de bulkvoorraad worden verzameld.

## Tijdsbesparing

De eerste kolom in tabel 3 geeft de gemiddelde benodigde arbeidstijd in minuten weer gedurende de orderverzamelperiode voor verschillende toewijzingsmethoden. We zien dat de nieuwe methode hier een tijdsbesparing geeft van 42% ten opzichte van een magazijn zonder grijpvoorraad. De 'gelijke ruimte'-methode bekort de arbeidstijd met 18% en de 'gelijke tijd'-methode met 30%. Als we uitgaan van een effectieve productiviteit voor de magazijnmedewerkers van 80%, dan komen we uit op  $0,8 \times 8 \times 60 = 384$  effectieve minuten per persoon per dag. Als we nu de grijpvoorraad inrichten volgens de nieuwe methode, dan hebben we gemiddeld 4,4 mandagen werk. Dit betekent dat men waarschijnlijk met vijf magazijnmedewerkers kan volstaan. De 'gelijke ruimte'-methode geeft gemiddeld 6,3 mandagen werk; de 'gelijke tijd'-methode geeft 5,3 mandagen werk en een magazijn zonder grijpvoorraad geeft 7,7 mandagen werk. Per saldo bespaart de nieuwe methode hier dus één tot drie arbeidskrachten ten opzichte van de andere methoden.

Om te zien waar deze besparing vandaan komt, beschouwen we de overige kolommen in tabel 3. De tweede en derde kolom geven respectievelijk

het aantal picks uit de grijp- en bulkvoorraad. We zien dat de nieuw ontwikkelde methode picks uit de bulkvoorraad toestaat. Er zal dus bij gebruik van onze methode iets meer werk in het daadwerkelijke orderverzamelen gaan zitten dan bij de andere twee methoden. De grote besparing zit echter in het geringe aantal aanvulacties omdat producten met weinig picks en relatief veel aanvulacties zijn weggelaten uit de grijpvoorraad. Daarnaast maken deze producten plaats voor extra pallets van snellopende producten, waardoor het aantal aanvulacties verder afneemt.

Tabel 4 geeft de gemiddelde benodigde arbeidstijd voor enkele andere magazijnsituaties. We zien dat de nieuwe methode in alle voorbeelden beter presteert dan de andere methoden. De 'gelijke ruimte'-methode en de 'gelijke tijd'-methode ontlopen elkaar niet veel. Een opvallende constatering is dat de besparingen van deze twee methoden ten opzichte van het magazijn zonder grijpvoorraad opvallend klein zijn. In één voorbeeld is een magazijn zonder grijpvoorraad zelfs efficiënter.

## Klassenindeling

Een ander planningsprobleem is het vinden van een juiste klassenindeling, waarbij de aanwezige voorraad en de magazijnruimte in een aantal klassen worden ingedeeld. Doel is de tijd voor het orderverzamelen te minimaliseren door de klasse van producten met de hoogste vraag toe te wijzen aan de eenvoudigst bereikbare locaties. Dit zijn doorgaans de locaties die dichtbij het ontvangst- en verzendgebied liggen, in een handmatig magazijn, die op grijphoogte liggen. Binnenkomende goederen worden op een lege locatie in de bijbehorende klasse opgeslagen. Als er geen lege locatie beschikbaar is in de klasse, dan worden de goederen bij voorkeur zo dicht mogelijk in de buurt van de klasse opgeslagen.

Het proefschrift beschrijft een methode voor de bepaling van een klassenindeling in een magazijn. Dit gebeurt aan de hand van de gemiddelde vraag

	Arbeidstijd (minuten)	Aantal picks grijpvoorraad	Aantal picks bulkvoorraad	Aantal aanvulacties
Nieuwe methode	1705	1314	159	15
Gelijke ruimte	2405	1473	0	186
Gelijke tijd	2048	1473	0	115
Geen grijp	2946	0	1473	0

Tabel 3. Gemiddelden voor een probleemsituatie met een orderverzamelperiode van acht uur in een magazijn met tweehonderd verschillende producten en tweehonderd locaties in de grijpvoorraad.

Tabel 4. Gemiddelde arbeidstijd in minuten gedurende een orderverzamelperiode voor vier verschillende situaties.

Periode (uur)	Aantal locaties	Aantal producten	Nieuwe methode	Gelijke ruimte	Gelijke tijd	Geen grijp
16	400	50	810	1036	823	1548
16	400	100	1823	2431	2335	2872
40	800	100	4617	6151	5923	7181
40	1600	400	22720	32258	32452	29928

van ieder product, de beschikbare hoeveelheid magazijnruimte en de rijtijden. De inslag en uitslag van goederen vindt plaats middels enkelspelen. Dit betekent dat de pallets worden ingeslagen en uitgeslagen met behulp van voertuigen die slechts één pallet tegelijk kunnen vervoeren en waarbij per rondrit slechts één inslag of één uitslag wordt uitgevoerd. Voorbeelden van dergelijke magazijnen zijn geautomatiseerde hoogbouwmagazijnen met stellingbedieningsapparaten of palletmagazijnen met vorkheftrucks of reachtrucks. De methode kan ook goed worden gebruikt voor magazijnen waarin dubbelspelen plaatsvinden (dat wil zeggen één inslag *en* één uitslag in dezelfde rondrit). Wanneer er doorgaans meer verschillende producten in dezelfde rondrit worden verzameld, is de ontwikkelde methode niet van toepassing.

De methode verdeelt de producten over klassen en bepaalt voor iedere klasse de ruimtebehoefte. Aangezien het voorraadniveau fluctueert in de tijd, willen we voor iedere klasse een zodanige ruimte reserveren dat deze *vrijwel* altijd groot genoeg is.

### Yamaha

We hebben de methode getest op het geautomatiseerde hoogbouwmagazijn in het spareparts distributiecentrum van Yamaha Motor Co. te Schiphol. Het hoogbouwmagazijn bestaat uit zes gangen met in iedere gang een kraan. Binnenkomende goederen mogen in iedere gang worden opgeslagen. We bepalen een klassenindeling voor alle producten en alle locaties in de zes gangen tegelijk.

De invoer- en uitvoerstations bevinden zich beneden aan het begin van de gangen. Het hoogbouwmagazijn bevat hooguit één pallet van ieder product. De snellopende producten zijn gemiddeld 95% van de tijd aanwezig. Dit gemiddelde loopt terug tot 85% voor de langzaamlopende producten. De verdeling van de omloopsnelheden is zodanig dat 20% van de producten, 78% van de vraag representeert.

We hebben de nieuwe methode zo ingesteld dat de ruimte per klasse gedurende 99% van de tijd groot genoeg is. In tabel 5 geven we de gemiddelde rijtijd

per enkelspel en het benodigde aantal locaties voor optimale klassenindelingen die bestaan uit één tot twintig klassen. We zien dat de gemiddelde rijtijd aanzienlijk afneemt als het aantal klassen toeneemt van één naar zes klassen. Echter van tien naar twintig klassen neemt de gemiddelde rijtijd nauwelijks nog af. Het benodigde aantal locaties wordt geleidelijk groter, bij een toenemend aantal klassen. Figuur 6 geeft een voorbeeld van klassenindelingen met respectievelijk drie en zes klassen.

Yamaha hanteert momenteel een klassenindeling met vier klassen. Er worden in totaal 5940 locaties voor de producten gereserveerd en de gemiddelde rijtijd per enkelspel is 21,8 seconden.

Als we de door de nieuwe methode bepaalde indeling met 4 klassen zouden gebruiken, dan zou dit een besparing van bijna 11% op de gemiddelde rijtijd per enkelspel opleveren. Tabel 7 geeft aan hoe de producten over de klassen zijn verdeeld in de huidige indeling en in de optimale indeling. Het valt met name op dat de A-klasse, dus de klasse met de snellopers, in de optimale klassenindeling erg klein is. Slechts 2,4% van de producten bevindt zich in deze klasse. Op basis van deze resultaten is dan ook besloten om de A-klasse in te krimpen.

### WMS

Om de ontwikkelde methoden in de praktijk te kunnen toepassen, is het noodzakelijk dat historische vraag- en voorraadgegevens en posities van goederen in het magazijnsysteem worden geregistreerd. Hiervoor maken bedrijven meer en meer gebruik van warehouse-managementsystemen. Een volgende stap zal zijn om deze systemen te combineren met de methoden voor planning en besturing van magazijnprocessen, zoals die in het proefschrift beschreven staan, om te komen tot een intelligent decision support systeem voor het magazijnmanagement. Dit zal weer verdere besparingen en een betere performance met zich meebrengen.

Tabel 5. Gemiddelde rijtijden en benodigde aantal locaties voor optimale klassenindelingen met 1 tot 20 klassen.

Aantal klassen	Gemiddelde rijtijd (sec.)	Aantal locaties
1	40,7	5556
2	24,2	5568
3	20,8	5580
4	19,5	5580
5	18,9	5604
6	18,6	5604
7	18,4	5616
8	18,2	5616
9	18,1	5628
10	18,1	5640
11-12	18,0	5640
13	18,0	5652
14-15	18,0	5664
16	17,9	5664
17-20	17,9	5676

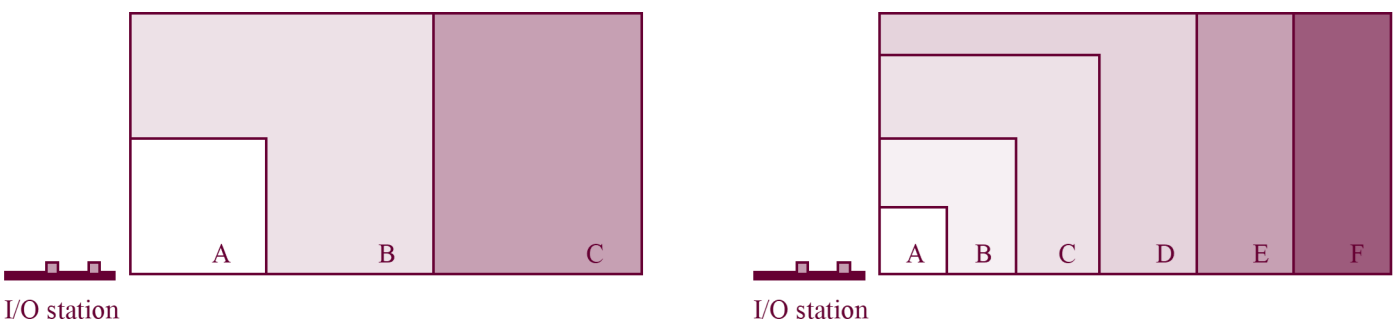
Tabel 7. Percentage van de producten toegewezen aan klasse A, B, C en D voor de huidige en de optimale klassenindeling.

	A	B	C	D
Huidige klassenindeling	7,9%	12,4%	27,7%	57,5%
Optimale klassenindeling	2,4%	11,1%	28,6%	52,4%

## Referenties

Berg, J.P. van den, *Planning and Control of Warehousing Systems*, Proefschrift, Universiteit Twente, Enschede, 1996.

Frazelle, E.H., *The principles of order picking*, Technical report, Material Handling Research Center, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, 1992.



Figuur 6. Vooraanzichten van twee stellingen met klassenindelingen die respectievelijk drie en zes klassen bevatten.

Jeroen van den Berg Consulting is een adviesbureau gespecialiseerd in warehouse en supply chain management. Voor meer informatie kunt u ons bereiken op het onderstaande adres of via onze website.

Jeroen van den Berg Consulting  
 Concorde 11  
 4116 HA Buren  
 Nederland

Telefoon: +31 (0)30 - 850 60 55  
 E-mail: [Info@JvdBconsulting.com](mailto:Info@JvdBconsulting.com)  
 Website: [www.JvdBconsulting.com](http://www.JvdBconsulting.com)