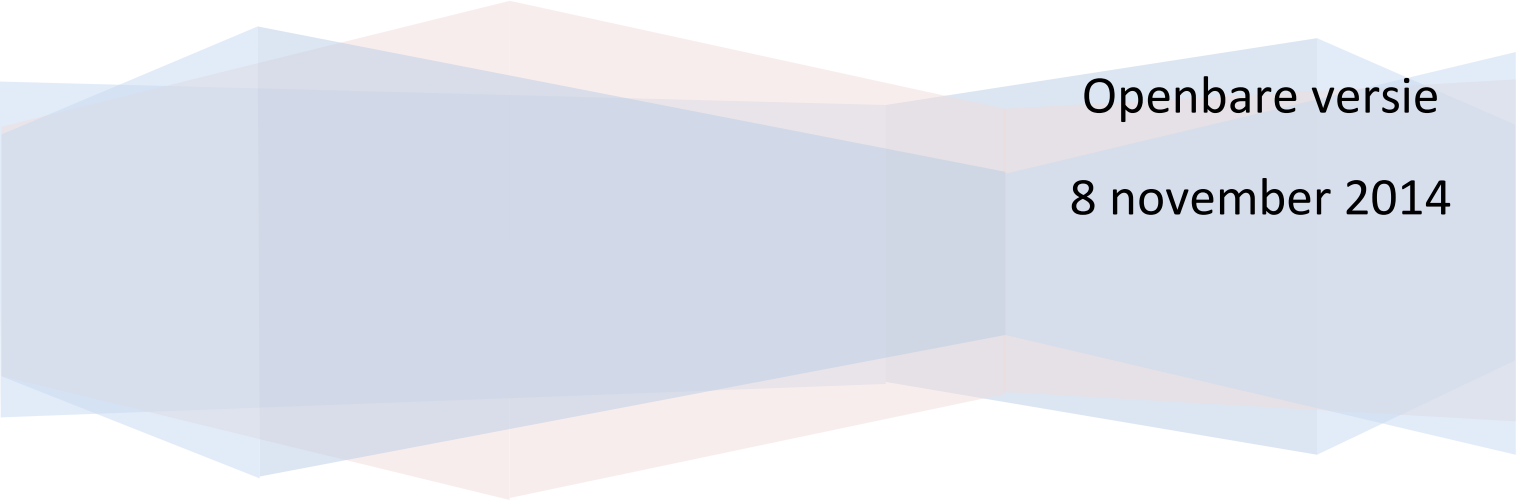


Een adequaat ontwerp van het magazijn van VDL ETG

Bastiaan van den Broek



Openbare versie

8 november 2014



UNIVERSITEIT
TWENTE.

Een adequaat ontwerp van het magazijn van VDL ETG



Begeleiders VDL Enabling Technologies Group

H. Wind

E. Kneppers

UNIVERSITEIT
TWENTE.

Begeleider Universiteit Twente

Dr. P.C. Schuur

Ir. H. Kroon

8 november 2014

Door:

Bastiaan van den Broek

s1096079

b.f.j.vandenbroek@gmail.com

Voorwoord

Voor mijn studie technische bedrijfskunde aan de Universiteit Twente heb ik een onderzoek gedaan over het ontwerp van het nieuwe magazijn van VDL ETG te Almelo. Dit drie maanden durende stage heeft mij in staat gebracht de in de collegebanken geleerde theorie toe te passen in de praktijk. Ik heb ontzettend veel geleerd en graag wil ik dan ook gebruik maken van de mogelijkheid om een aantal mensen te bedanken.

Ten eerste wil ik mijn begeleiders van VDL ETG, Herman Wind en Erik Kneppers bedanken. Met hun waardevolle feedback hebben zij mijn onderzoek tot een hoger niveau getild. Daarnaast wil graag de andere medewerkers van VDL ETG bedanken die mij van de nodige informatie hebben voorzien. Bovendien waren zij altijd bereid om tijd vrij te maken op het moment dat ik weer met nieuwe vragen kwam opdagen.

Ten tweede wil ik ook graag Peter Schuur bedanken voor zijn feedback. Zijn level van expertise op het gebied van magazijn beheer heeft duidelijk bijgedragen aan het onderzoek. Bovendien wil ik Peter Schuur graag bedanken voor het in contact brengen met VDL ETG. Ten slotte wil ik Henk Kroon bedanken voor zijn objectieve mening over het onderzoek.

Bastiaan van den Broek

Management summary

Op dit moment bevindt een groot deel van de magazijnen zich in de kelder. Vanwege onnodige verticale goederenstromen, de lage kelders en gebrek aan daglicht zijn deze magazijnen niet meer gewenst. Bovendien liggen andere magazijnen op externe locaties wat de transportstromen onnodig lang maakt. Vandaar dat VDL ETG drie nieuwe magazijnen wil plaatsen op het terrein van VDL ETG. Van deze drie magazijnen is er één, het expeditiemagazijn, reeds bestaand en zullen er twee, parts en montagemagazijn nieuw worden gebouwd. Dit onderzoek heeft zich gericht op het ontwerp van het montagemagazijn. Hierbij is de volgende onderzoeksvraag opgesteld en beantwoord:

“Wat is het meest adequate ontwerp van het montagemagazijn van VDL ETG zodat aan de gestelde eisen wordt voldaan?”

Ten eerste is de huidige situatie in kaart gebracht. De huidige magazijnen, montage - en productieafdelingen en andere afdelingen die een rol spelen in het ontwerp van het montagemagazijn zijn aan het licht gebracht. De magazijnen zijn de volgende: magazijn 635-639, magazijn 605, magazijn 685, partsmagazijn, magazijn 606, VLM, Huzinkhallen, varianthal, oude lakspuiterij, Planthofsweg, Einsteinstraat. Daarnaast zijn er bij VDL ETG de volgende fabricage - en assemblage afdelingen: parts manufacturing, cleanroom montage hal 1, cleanroom montage hal 2, Pamela, Huzinkhal 1, Huzinkhal 2. Verdere belangrijke afdelingen zijn de goederenontvangst en de keurafdeling. Bovendien is in dit hoofdstuk naar voren gekomen wat de totale capaciteit is van de huidige magazijnen.

Vervolgens is de gewenste situatie in kaart gebracht. Er is uitgelegd wat de daadwerkelijke eisen van VDL ETG zijn. Hieronder vallen de uitgangspunten, de randvoorwaarden en de criteria van het montagemagazijn. De uitgangspunten bestaan uit:

- Drie nieuwe magazijnen
 - o Montagemagazijn
 - o Partsmagazijn
 - o Expeditiemagazijn
- Locatie van de magazijnen is bepaald
- Onderzoek gericht op montagemagazijn
- Grootst mogelijke afmetingen bekend
- Indeling van de goederen per magazijn

Als er wordt gekeken naar de randvoorwaarden dan komt naar voren dat de volgende randvoorwaarden van belang zijn:

- Groei van 33% mogelijk
- Vaste afdelingen die in montagemagazijn worden geplaatst
 - o Laaddocks
 - o Tochtsluis
 - o Uitpak afdeling
 - o Keurafdeling
 - o Transportbaan langs de muren en door het midden van het magazijn
- Mogelijkheid tot VMI
- Geen rekening houden met fasering

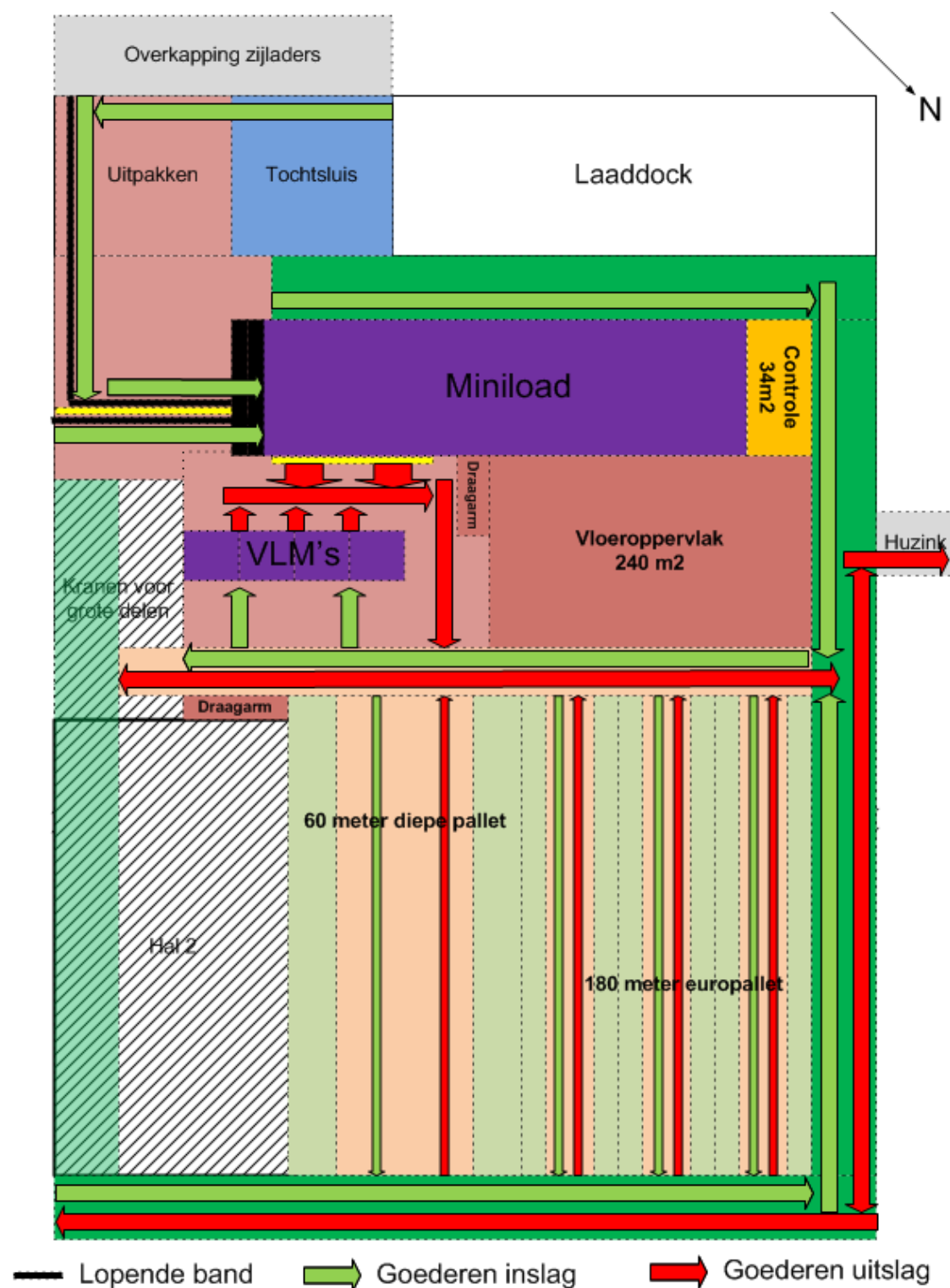
De criteria die zijn meegenomen in dit onderzoek zijn hieronder beschreven:

- Financieel
- Fit met lean cultuur
- Performance
- Initiële implementatie
- Flexibiliteit
- Lay-out totale oplossing

Daarna is aan de hand van de literatuur een ontwerpproces gekozen dat is doorlopen voor het ontwerp van het montagemagazijn. Uit dit proces zijn drie verschillende alternatieven naar voren gekomen. Deze alternatieven verschillen alleen van elkaar op de manier waarop de kleine goederen worden opgeslagen. De alternatieven zijn in onderstaande tabel te zien.

<u>Alternatief A: Traditionele stellingen</u>	<u>Alternatief B: Miniload</u>	<u>Alternatief C: Additionele VLM's</u>
Vloeroppervlak	Vloeroppervlak	Vloeroppervlak
Traditionele stellingen voor grote pallets	Traditionele stellingen voor grote pallets	Traditionele stellingen voor grote pallets
Traditionele stellingen voor kleine pallets	Traditionele stellingen voor kleine pallets	Traditionele stellingen voor kleine pallets
Draagarmstellingen voor goederen langer dan 3m	Draagarmstellingen voor goederen langer dan 3m	Draagarmstellingen voor goederen langer dan 3m
Huidige VLM's	Huidige VLM's	Huidige VLM's
Traditionele stellingen voor kleine goederen	Miniload	Additionele VLM's

Tenslotte is uit deze drie alternatieven de meest adequate optie gekozen met behulp van de AHP analyse. De criteria gebruikt voor de AHP analyse komen overeen met bovengenoemde criteria. Als alleen wordt gekeken naar de totale kwaliteit is alternatief B het aantrekkelijkst. Op basis van de financiële analyse is alternatief A het aantrekkelijkst. Gebaseerd op beide aspecten samen blijkt dat alternatief B het meest adequate ontwerp is. Het ontwerp van dit alternatief is te zien in figuur 1.



Figuur 1. Ontwerp van alternatief B

Inhoudsopgave

Voorwoord	ii
Management summary	iii
Inhoudsopgave	vi
Lijst met figuren.....	viii
Lijst met tabellen	ix
1. Opdrachtschrijving	1
1.1 Bedrijfsomschrijving	1
1.2 Onderzoeksmotivatie	1
1.3 Doelstelling & hoofdvraag.....	2
1.4 Subvragen.....	2
1.5 Afbakening.....	2
1.6 Plan van aanpak.....	3
2. Huidige situatie.....	4
2.1 Magazijnen	6
2.2 Fabricage & Assemblage afdelingen	8
2.3 Goederenontvangst en keurafdeling.....	9
2.4 Goederensoorten	10
2.5 Dimensionering	11
2.6 Conclusie	12
3. Gewenste situatie.....	13
3.1 Uitgangspunten	13
3.2 Randvoorwaarden	14
3.3 Criteria	16
3.4 Conclusie	18
4. Theoretisch kader.....	19
4.1 Govindaraj et al (2000).....	20
4.2 Rouwenhorst et al. (2000).....	20
4.3 Hassan (2002)	23
4.4 Bodner et al. (2002).....	23
4.5 Gu (2005).....	24
4.6 Rushton et al. (2006)	26
4.7 Baker et al. (2007)	26

4.8	Keuze van te gebruiken model	27
4.9	Conclusie	28
5.	Alternatieve oplossingen.....	29
5.1	Strategische beslissingen.....	29
5.2	Algemene tactische beslissingen.....	35
5.3	Tactische beslissingen alternatief A	38
5.4	Tactische beslissingen alternatief B	42
5.5	Tactische beslissingen alternatief C	45
5.6	Operationele beslissingen	48
5.7	Conclusie	48
6.	AHP analyse.....	49
6.1	AHP analyse van de totale kwaliteit	51
6.2	AHP analyse van het financiële aspect.....	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
6.3	Conclusie	55
7.	Conclusies & aanbevelingen.....	57
7.1	Conclusies.....	57
7.2	Aanbevelingen.....	58
8.	Bibliografie.....	59
9.	Appendices	60
9.1	Appendix A. plattegronden begane grond, kelder & externe locaties.....	60
9.2	Appendix B: Huidige ongespecificeerde goederenstromen.....	62
9.3	Appendix C: Telling totale opslag	63
9.4	Appendix D: Literatuur vergaring	64
9.5	Appendix E: Berekening aantal miniload bakken alternatief B.....	65
9.6	Appendix F: Berekening aantal VLM plateaus alternatief C.....	66
9.7	Appendix G: FTE analyse	67
9.8	Appendix H: AHP analyse van de totale kwaliteit	iv
9.9	Appendix I: Berekening van de terugverdientijd, ncw en het rendement.....	- 7 -
9.10	Appendix J: AHP analyse van het financiële aspect	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

Lijst met figuren

Figuur 1. <i>Ontwerp van alternatief B</i>	v
Figuur 2. <i>Plattegronden van de terreinen van VDL ETG</i>	5
Figuur 3. <i>Hoeveelheid opslag van verschillende magazijnen</i>	12
Figuur 4. <i>Locaties van de nieuwe magazijnen</i>	13
Figuur 5. <i>Afmetingen + vaste afdelingen montagemagazijn</i>	15
Figuur 6. <i>Model van Govindaraj et al.</i>	20
Figuur 7. <i>Strategisch niveau van het model van Rouwenhorst</i>	21
Figuur 8. <i>Tactisch niveau van het model van Rouwenhorst</i>	22
Figuur 9. <i>Operationeel niveau van het model van Rouwenhorst</i>	22
Figuur 10. <i>Stappen van het model van Bodner et al.</i>	23
Figuur 11. <i>Beslissingen van het model van Gu</i>	24
Figuur 12. <i>Beslissingen van het model van Gu schematisch weergegeven</i>	25
Figuur 13. <i>'Equipment selection' model van Mantel</i>	31
Figuur 14. <i>'Order-picking systems' model van Koster</i>	33
Figuur 15. <i>Aantal picks per uur in de huidige situatie</i>	36
Figuur 16. <i>Benodigde opslagcapaciteit voor alternatief A</i>	38
Figuur 17. <i>Lay-out voor alternatief A</i>	40
Figuur 18. <i>Capaciteiten controle alternatief A</i>	41
Figuur 19. <i>Hoeveelheid benodigde Miniload bakken bij alternatief B</i>	42
Figuur 20. <i>Lay-out van alternatief B</i>	43
Figuur 21. <i>Capaciteiten controle alternatief B</i>	44
Figuur 22. <i>Hoeveelheid benodigde VLM plateaus bij alternatief C</i>	45
Figuur 23. <i>Lay-out van alternatief C</i>	46
Figuur 24. <i>Capaciteiten controle alternatief C</i>	47
Figuur 25. <i>Aanpak AHP analyse</i>	50
Figuur 26. <i>Boomstructuur AHP analyse van de totale kwaliteit</i>	51
Figuur 27. <i>Resultaten AHP analyse van de totale kwaliteit</i>	52
Figuur 28. <i>Bouwkosten</i>	53
Figuur 29. <i>Financiële criteria t.o.v. de kwalitatieve analyse</i>	55

Lijst met tabellen

Tabel 1: Goederensoort per magazijn.....	14
Tabel 2: Score tabel voor het te kiezen model.....	27
Tabel 3: Opslagtypes per alternatief	32
Tabel 4: 'Order-pick methode' per opslagalternatief.....	33
Tabel 5: Resultaten AHP analyse van de totale kwaliteit	52
Tabel 6: Besparing per alternatief	54
Tabel 7: Initiële investering per alternatief.....	54
Tabel 8: Terugverdientijd, NCW en IRR per alternatief.....	54

1. Opdrachtschrijving

Voor mijn bacheloropdracht van Technische Bedrijfskunde op de Universiteit Twente heb ik een onderzoek gedaan bij VDL Enabling Technology Group (ETG) te Almelo. Dit onderzoek heeft zich gericht op de optimalisatie van het ontwerp van het nieuwe magazijn van VDL ETG. In dit hoofdstuk is eerste een korte omschrijving van VDL ETG gegeven. Daarna de reden achter dit onderzoek en vervolgens zijn de hoofdvraag en subvragen geformuleerd. Omdat dit onderwerp een tamelijk breed onderwerp is, wordt in dit hoofdstuk ook een afbakening gegeven. Tenslotte is het plan van aanpak geschreven met daarin hoe dit onderzoek is opgebouwd.

1.1 Bedrijfsomschrijving

VDL ETG is onderdeel van de Van Der Leegte Groep. De VDL Groep is een familiebedrijf dat tegenwoordig 81 werkmaatschappijen bezit, verspreid over 18 verschillende landen met meer dan 9100 werknemers. Het motto van de VDL Groep is: “Kracht door samenwerking”. Dit is herkenbaar in de vlakke organisatiestructuur met korte beleidslijnen. Een sterke no-nonsense cultuur zorgt dan ook voor informele, persoonlijke en open communicatie.

De belangrijkste producten van de VDL groep zijn:

- Halffabricaten
- Bussen
- Overige eindproducten

VDL ETG te Almelo is voornamelijk als toeleverancier gespecialiseerd in ‘mechatronische systemen en module bouw’. Toeleveranciers produceren halffabricaten die vervolgens door andere bedrijven worden gebruikt in hun eindproduct. Door hun hoge kwaliteit en servicegraad bij de levering wil VDL ETG de verwachtingen van haar klanten overtreffen.

1.2 Onderzoeksmotivatie

De assemblage lijnen van VDL ETG bevinden zich allemaal op de begane grond. Echter is een groot deel van de magazijnruimte gesitueerd in de kelder. De ligging is ongewenst gezien de onnodige verticale goederenbewegingen, de geringe hoogte en het gebrek aan daglicht. Om deze redenen wil VDL ETG de magazijnen verhuizen. Daarnaast huurt VDL ETG op dit moment veel externe opslagruimte wat extra kosten met zich meebrengt. Ook dit ziet VDL ETG graag anders. Het is tenslotte bekend dat een efficiënt magazijn niet onnodig groot mag zijn. (Bartholdi & Hackman, 2011). Een groot magazijn (of zoals bij VDL ETG meerdere magazijnen) leidt in de praktijk tot overbodige voorraad en langere transporttijden. Dit resulteert in een lagere efficiëntie van het magazijn.

Vandaar dat VDL ETG de keuze heeft gemaakt de opslagcapaciteiten volledig nieuw gestalte te geven. Dit zal gebeuren door middel van twee nieuw te bouwen magazijnen en één reeds bestaand magazijn.

1.3 Doelstelling & hoofdvraag

Het doel van VDL ETG is om de huidige magazijnen in de kelder en de externe magazijnen te combineren tot drie uiteindelijke magazijnen:

- Montagemagazijn (Centraal magazijn)
- Expeditiemagazijn
- Partsmagazijn

Dit onderzoek richt zich op het ontwerp van het montagemagazijn. Het doel van dit onderzoek is dan ook om het ontwerp van het montagemagazijn van VDL ETG te optimaliseren. Hierbij is de volgende hoofdvraag geformuleerd:

“Wat is het meest adequate ontwerp van het montagemagazijn van VDL ETG zodat aan de gestelde eisen wordt voldaan?”

1.4 Subvragen

Bij deze hoofdvraag zijn de volgende subvragen geformuleerd:

1. Hoe ziet de huidige situatie van VDL ETG eruit?
 - a. Welke magazijnlocaties kunnen onderscheiden worden?
 - b. Welke productieafdelingen kent VDL ETG?
 - c. Wat voor andere afdelingen zijn er waar rekening mee gehouden moet worden?
 - d. Hoe kunnen de goederen gecategoriseerd worden?
 - e. Wat is de totale opslagcapaciteit?
2. Wat zijn de eisen van VDL ETG aan het montagemagazijn?
 - a. Wat zijn de uitgangspunten van VDL ETG?
 - b. Wat zijn de randvoorwaarden van VDL ETG?
 - c. Wat zijn de criteria van VDL ETG?
3. Hoe ziet een optimaal ontwerpproces er volgens de literatuur uit?
4. Wat zijn de meest aannemelijke alternatieven?
 - a. Welke strategische beslissingen moeten worden genomen?
 - b. Welke tactische beslissingen moeten worden genomen?
 - c. Welke operationele beslissingen moeten worden genomen?
5. Welk alternatief is het meest optimaal aan de hand van de eisen, wensen en voorwaarden van VDL ETG?

1.5 Afbakening

Het ontwerpen van een magazijn is een enorm complex en breed proces. Echter zijn de drie maanden die voor dit onderzoek staan niet genoeg om daadwerkelijk alle aspecten van het ontwerpproces uitgebreid te bespreken. Om die reden zijn niet alle onderwerpen aangehaald en is er zelfs een aantal dat volledig buiten de scope valt van dit onderzoek.

Zoals later duidelijk zal worden is het montagemagazijn één van de drie magazijnen dat zal worden gebruikt in de toekomst. Dit onderzoek focust zich echter alleen op het ontwerp van het montagemagazijn. De andere magazijnen zullen volledig buiten beschouwing worden gelaten.

Het volgende aspect dat niet is meegenomen in dit onderzoek zijn de operationele beslissingen. In dit stadium van het ontwerp van het montagemagazijn is het nog niet van belang om de operationele beslissingen al volledig uit te werken.

Daarnaast valt de manier van picken grotendeels buiten dit onderzoek. Het valt er niet volledig buiten omdat er een manier van picken moet worden gekozen om het aantal FTE te kunnen inschatten. Daarom is ervoor gekozen om de huidige manier van picken aan te houden maar is er verder geen onderzoek gedaan of er een optimalere manier van picken bestaat. Mocht uit een dergelijk onderzoek blijken dat 'discrete order picking' niet de meest geschikte optie is voor VDL ETG dan moeten bijbehorende beslissingen zoals de manier van sorteren ook worden uitgezocht.

Tenslotte is er geen volledige goederenindeling in de alternatieven gedaan binnen dit onderzoek. De eerste reden hiervoor is dat de indeling vrij vanzelfsprekend is. De goederentypen die naar dezelfde assemblage afdeling gaan, moeten bij elkaar in de buurt worden opgeslagen. Bovendien moeten deze ook dicht bij de uitgang naar de betreffende assemblage afdeling komen. Een goederen specifieke analyse is niet gebeurd. De analyse om goederen specifiek in te delen in het magazijn is simpelweg te groot en wordt daarom dus ook niet meegenomen.

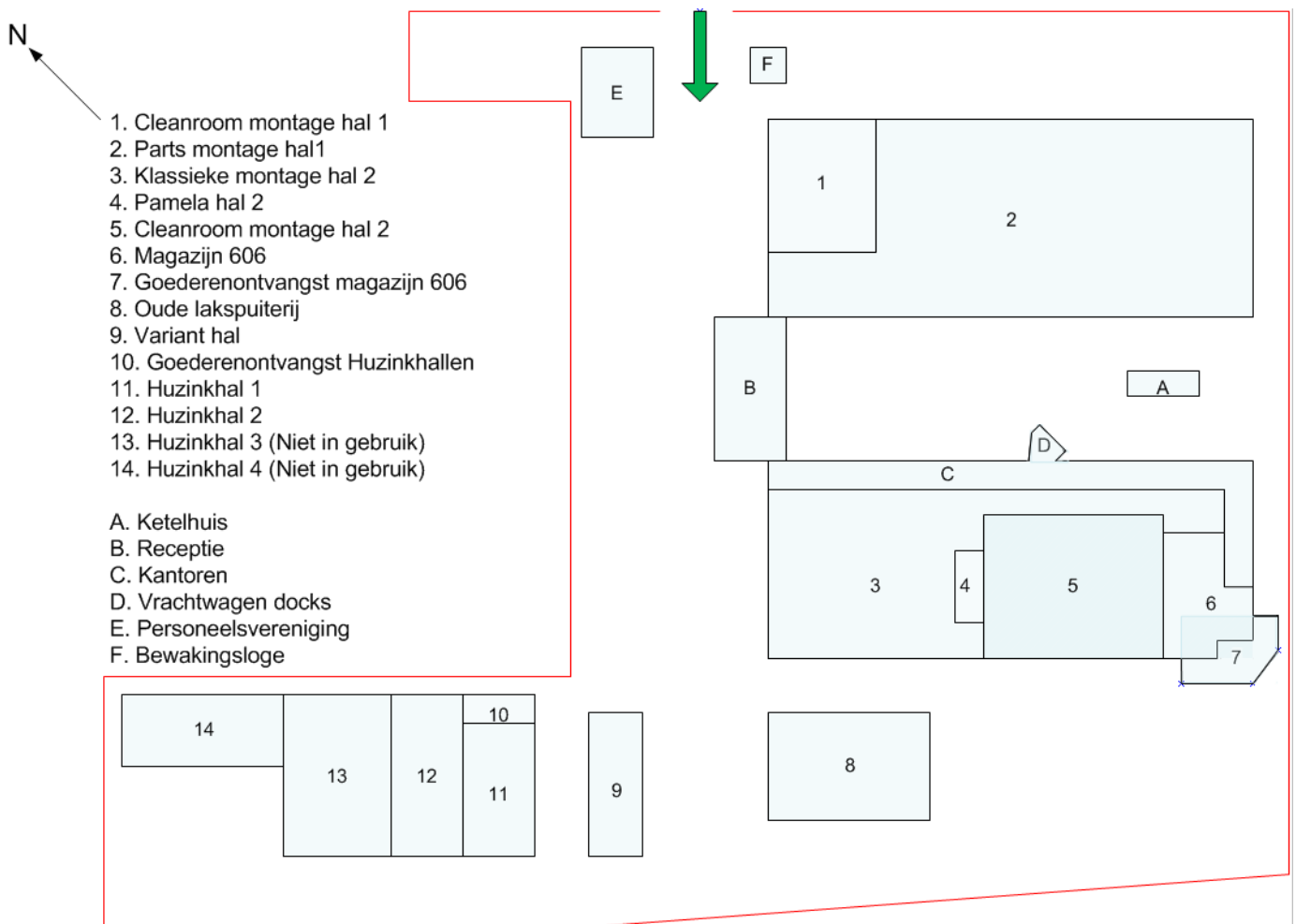
1.6 Plan van aanpak

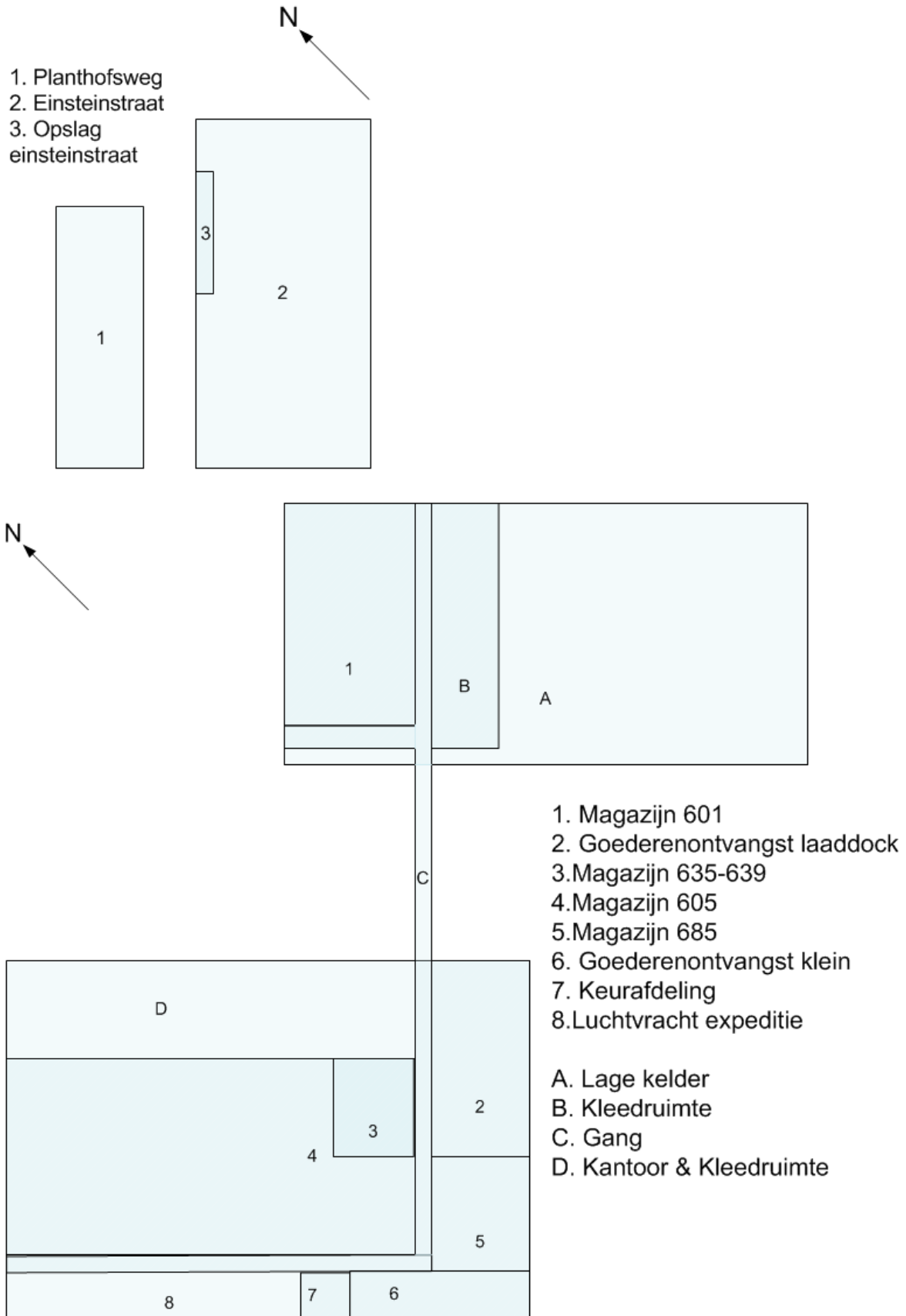
Bij het maken van dit verslag zullen de richtlijnen van de Algemene Bedrijfskundige Probleemaanpak (ABP) worden gebruikt (Heerkens, 2005). Complexe en multidisciplinaire problemen worden met behulp van deze aanpak opgelost. In dit geval kunnen we spreken van complexe en multidisciplinaire problemen. Het is multidisciplinair aangezien het verschillende gebieden betreft. Zo moeten we denken aan inkoop, verkoop en productie maar vooral ook HRM. Bovendien zal er een financieel aspect aan gebonden worden. Ten tweede spreken we van een complex probleem. We zullen verschillende factoren bekijken waaronder de goederenstromen en de opslagcapaciteit. Bij de ABP worden verschillende stappen doorlopen. Het begint met de probleemidentificatie. Dan komt het formuleren van de probleemaanpak. Deze twee stappen zijn beschreven in het eerste hoofdstuk. Vervolgens wordt er een probleemanalyse gedaan. Deze probleemanalyse bestaat uit de beschrijving van de huidige situatie en de omschrijving van de ideale situatie. De huidige situatie is in kaart gebracht door middel van het benoemen van alle magazijnen, assemblage -, fabricage en andere noemenswaardige afdelingen. Vervolgens zijn de goederentypen en de verschillende opslagsoorten bepaald en aan de hand daarvan is de totale opslag bepaald van de huidige magazijnen. Dit is in kaart gebracht in hoofdstuk twee. De ideale situatie is uitgelegd in hoofdstuk drie aan de hand van de uitgangspunten, de randvoorwaarden en de criteria gegeven door VDL ETG. In hoofdstuk vier is een literatuuronderzoek uitgevoerd om het juiste ontwerpproces te achterhalen. Daarna zullen de alternatieve oplossingen worden omschreven in hoofdstuk vijf. De alternatieve oplossingen zijn gevonden aan de hand van een ontwerpproces verkregen uit de literatuur. Van deze oplossingen wordt dan een alternatief worden gekozen met behulp van de AHP analyse. Dit is een hiërarchisch analytisch proces om alle niveaus van de beslissing te bekijken. Het maken van de keuze gebeurt in hoofdstuk zes. Aan de hand van deze keuze zal een aantal conclusies worden getrokken en zullen aanbevelingen worden gedaan. Hoofdstuk zeven zal de conclusies en aanbevelingen bevatten. De laatste stappen, de implementatie en evaluatie van het geheel, zal ik niet meemaken. De reden hiervoor is de bouw van het magazijn nog moet geschieden. Het is zeer moeilijk om dan nu al een implementatieplan te schrijven en de evaluatie is pas mogelijk op het moment dat het ontwerp is geïmplementeerd.

2. Huidige situatie

Op het moment dat een nieuw magazijn moet worden ingericht, zal eerst de huidige situatie in kaart moeten worden gebracht. Dit gebeurt in dit hoofdstuk en hiermee wordt deelvraag 1 met bijbehorende subvragen beantwoord.

Er wordt gekeken naar de huidige magazijnen, de productieafdelingen, andere belangrijke werkstations en de goederensoorten. Deze gegevens samen met de verschillende opslagtypes zullen worden gebruikt om de totale opslagcapaciteit te berekenen. Onderstaand is een plattegrond ter oriëntatie toegevoegd met alle begrippen en gebouwnamen van zowel de kelder als de begane grond.





Figuur 2. Plattegronden van de terreinen van VDL ETG

2.1 Magazijnen

Binnen VDL ETG zijn er ontzettend veel verschillende magazijnen. Echter zijn niet al deze magazijnen van belang als je kijkt naar het ontwerp van het nieuwe magazijn. Veel magazijnen, waaronder bijvoorbeeld de administratieve magazijnen, hebben geen invloed op hoe het montagemagazijn van VDL ETG ontworpen zal worden. Voor dit onderzoek zullen slechts de relevante magazijnen in beschouwing worden genomen. Uiteindelijk zal ook duidelijk worden dat niet alle onderstaande magazijnen van belang zijn voor het ontwerp van het montagemagazijn.

De eerste magazijnen die besproken worden, zijn de magazijnen in de kelder van het gebouw. Het draait om de volgende magazijnen:

Magazijn 635-639

Deze magazijnen zijn voor de grijpvoorraad¹. Elk nummer heeft een apart soort producten.

- Magazijn 635 bevat standaard grijpvoorraad
- Magazijn 636 bevat gewassen grijpvoorraad
- Magazijn 637 bevat schoongeblazen grijpvoorraad
- Magazijn 638 bevat UCV gecleande grijpvoorraad (ultra clean)
- Magazijn 639 bevat de verbruikersvoorraad

Magazijn 605

Magazijn 605 grenst aan het grijpvoorraad magazijn. In magazijn 605 liggen vooral goederen voor verschillende projecten. De kleinere goederen liggen in de schappen vooraan in het magazijn. De grotere onderdelen liggen achterin magazijn 605 op pallets opgestapeld. Op basis van binnengekomen orders worden de goederen die nodig zijn gepickt.

Magazijn 685

Magazijn 685 wordt ook wel het expeditiemagazijn genoemd. In dit magazijn liggen onder andere de 'spare parts'. 'Spare parts' zijn bedoeld als een defect onderdeel terugkomt van de klant, dan kan vanuit dit magazijn het reserve onderdeel worden terug gestuurd. Daarnaast heb je in dit magazijn nog de goederen die naar externe partijen worden verzonden voor bewerking. Deze komen na de bewerking terug via de goederenontvangst. Tenslotte staan hier de producten die gereed zijn en wachten op verzending.

Partsmagazijn

Het partsmagazijn, ook wel magazijn 601 genoemd ligt volledig aan de andere kant van de kelder. In dit magazijn liggen de plaatonderdelen die worden gebruikt voor de parts assemblage lijn.

Naast de magazijnen in de kelder is er een magazijn op de begane rond van VDL ETG namelijk:

Magazijn 606

Magazijn 606 ligt direct naast de cleanroom montage. Hier liggen ten eerste de goederen in de legbordstellingen klaar om gepickt te worden. Ten tweede liggen hier de eindproducten die uit de cleanroom montage komen. Naast deze twee goederen liggen hier ook de verpakkingen van de eindproducten. Deze liggen vaak al lang voordat het product klaar is in magazijn 606 te wachten. Tenslotte staan hier de defecte ASML producten die retour zijn gestuurd te wachten totdat ze een inspectie ondergaan en volgende stappen worden ondernomen.

¹ Oorspronkelijk omvatte de grijpvoorraad de kleine onderdelen die veel worden gebruikt en niet veel geld kosten. Tegenwoordig bevat dit echter veel meer maar vooral ook duurdere producten.

VLM

VLM staat voor vertical lift module. Dit houdt in dat goederen op plateaus worden opgeslagen. Deze plateaus worden dan vervolgens met behulp van een lift mechanisme naar de juiste hoogte verplaatst en opgeslagen. Op het moment van uitslag wordt het van de opslag naar beneden getild en zo kan een persoon het van de plateaus afhalen. Dit is een voorbeeld van een parts-to –picker systeem. De VLM staat officieel in magazijn 606 maar deze zal apart worden meegenomen. Dit vanwege het feit dat de VLM in principe een volledig eigen manier van opslaan is met eigen opslagtypen en goederenstromen.

Op het terrein staan nog drie magazijnen die van belang zijn:

Huzinkhallen

In totaal staan er vijf palletstellingen in de Huzinkhallen. Deze dienen voor de opslag van de goederen voor de assemblage van Huzinkhal 1 & 2 die verschillende producten maken. Deze opslag is in de Huzinkhallen omdat de afstand van de huidige magazijnen te groot is om de producten elke keer naar de Huzinkhallen te transporteren.

Varianthal

De varianthal is een gebouw losstaand van het hoofdgebouw. In deze hal ligt een groot deel van de verpakkingen die worden gebruikt voor de retourverzendingen van goederen.

Oude lakspuiterij

Tegenwoordig is de lakspuiterij niet meer in gebruik aangezien het lakspuiten uitbesteed wordt aan externe partijen. Vandaar dat dit losstaande gebouw gebruikt wordt voor opslag. Het probleem is echter dat niet volledig is geregistreerd wat hier is opgeslagen. Bovendien zijn de goederen die wel zijn geregistreerd niet gekoppeld aan een locatie.

Tenslotte zijn er nog twee magazijnen die niet op het terrein van VDL ETG liggen. Dit zijn:

Planthofsweg

Het magazijn aan de Planthofsweg is voornamelijk bedoeld voor de grote producten van VDL ETG. Tevens wordt dit regelmatig gebruikt als opslag voor goederen en producten die niet in de andere magazijnen kunnen worden geplaatst.

Einsteinstraat

In de Einsteinstraat wordt een onderdeel van de 'flight simulator' modules geassembleerd. Omdat dit op een behoorlijke afstand van het terrein ligt wordt ook de voorraad van de producten op de locatie zelf opgeslagen.

2.2 Fabricage & Assemblage afdelingen

Nu de verschillende magazijnen zijn toegelicht wordt er gekeken naar de productieafdelingen. Dit geeft dan meteen antwoord op subvraag 1b.

De productieafdelingen zijn op te delen in twee verschillende categorieën: de productie-afdeling en de assemblage afdeling. De productie-afdeling is verantwoordelijk voor het produceren van verschillende goederen. De assemblage afdeling daarentegen gaat over het monteren van verschillende onderdelen tot één eindproduct. De verschillende soorten afdelingen zijn:

Parts manufacturing

De eerste productielijn is de parts manufacturing. Deze staat in de eerste hal op het moment dat je het terrein van VDL ETG opkomt, hal 1. Zoals de naam al zegt worden hier verschillende onderdelen gemaakt. De onderdelen worden gemaakt door middel van processen zoals onder andere frezen, boren of lasersnijden.

Cleanroom montage hal 1

De cleanroom montage neemt een klein gedeelte van hal 1 in beslag. Cleanroom houdt in dat er maar een maximaal aantal stofdeeltjes per kubieke meter aanwezig mag zijn. De spullen die naar de cleanroom montage gaan zijn dan ook dubbel verpakt. De eerste verpakking wordt in de sluis verwijderd. De tweede verpakking in de cleanroom zelf.

Cleanroom montage hal 2

In de cleanroom assemblage in hal 2 worden alleen maar producten gemaakt voor VDL ETG's grootste afnemer: ASML. In deze hal worden dus aan de ene kant ASML-systemen gebouwd en aan de andere kant worden de relatief nieuwe NXE-systemen gemaakt.

Pamela

De Pamela hal bij VDL ETG bevat een geautomatiseerd systeem dat verantwoordelijk is voor het plaatsen van magneten.

Tenslotte bestaan de assemblage afdeling in de Huzinkhallen. Deze is op dit moment op te delen in twee verschillende hallen: Huzinkhal 1 en Huzinkhal 2.

Huzinkhal 1

In de Huzinkhal 1 staat de productielijn van de NXP, een redelijk nieuw product van VDL ETG. Aangezien dit product nog in de opstartfase zit is deze assemblagelijn niet zeer druk.

Huzinkhal 2

Als Huzinkhal 2 in beschouwing wordt genomen wordt al gauw duidelijk dat hier twee assemblagelijnen zijn. Ten eerste wordt hier voor Philips de Aditi geassembleerd. De Aditi is een beweegbare arm met daarop een röntgenscanner gemonteerd. Aan de andere kant van de hal is de assemblage voor Assembleon, een fabrikant van 'Surface Mount Technology'- apparatuur.

2.3 Goederenontvangst en keurafdeling

Naast de magazijnen en de productie - en assemblageafdelingen zijn er nog twee afdelingen die van belang zijn. Het gaat om de goederenontvangst, de afdeling waar alle goederen binnenkomen, en de keurafdeling, de afdeling waar de binnengekomen goederen worden gecontroleerd. Dit gedeelte beantwoordt vraag 1c.

Goederenontvangst

Binnen de goederenontvangst zijn twee manieren van aankomst van goederen te onderscheiden. De eerste dock is een dock waar de vrachtwagens achterwaarts tegenaan parkeren en via de laadklep de goederen uit de vrachtwagen worden gehaald. De andere manier is op een andere plaats in de fabriek. Hier worden vaak kleinere pakketjes van de vrachtwagens of bestelbusjes afgehaald. Dit gebeurt met de hand of met een heftruck, afhankelijk van de omvang van de pakketten. Vervolgens wordt een selectie gemaakt van grote en kleine pakketten. De grote pakketten gaan gelijk door naar de inboekafdeling. De kleine pakketten worden eerst uitgepakt, op karren gezet en gaan dan pas naar de inboekafdeling.

De inboekafdeling zet de binnengekomen goederen in het systeem en zorgt vervolgens dat uiteindelijk de goederen in het juiste magazijn terecht komen

Keurafdeling

De keurafdeling heeft verschillende manieren om te keuren. De eerste controle die een artikel ondergaat is de visuele controle. Grote schades aan het artikel worden hierbij meteen opgemerkt. Daarnaast worden de meetrapporten bekeken en gecontroleerd. De controle gebeurt door middel van het meten met speciale instrumenten en apparatuur. Bovendien wordt in de keurafdeling bekeken of de goederen die schoon horen te zijn ook daadwerkelijk schoon zijn. Dit wordt de 'particle' inspectie genoemd.

Per artikel worden de eerste vier exemplaren altijd gecontroleerd. Vanaf het vierde exemplaar wordt steekproefsgewijs een controle gedaan. Mocht echter tijdens zo een steekproef een exemplaar worden afgekeurd dan begint de procedure opnieuw en worden wederom de vier eerstvolgend exemplaren gemeten. Mocht een artikel niet worden goedgekeurd in deze afdeling, krijgt dit artikel een storingsrapport. Als het een dergelijk rapport krijgt, dan wordt het geschroot of teruggestuurd naar de klant. Mocht het artikel goedkeuring van de keurafdeling krijgen, gaat het vervolgens naar het voor het artikel bestemde magazijn

Om een beeld te geven is in Appendix B een flowschema van de huidige ongespecificeerde goederenstromen toegevoegd. Hieruit wordt duidelijk dat het nogal onoverzichtelijk is en zijn er veel verschillende stromen van –en naar verschillende montage plaatsen. Voor dit onderzoek is het noodzakelijk om de goederenstromen te specificeren. Dit zal in onderstaand hoofdstuk gebeuren.

2.4 Goederensoorten

In onderstaande paragrafen wordt uitgelegd hoe de goederen gecategoriseerd kunnen worden en uiteindelijk wordt aan de hand daarvan de totale opslagcapaciteit berekend. Dit beantwoordt de laatste deelvragen van vraag 1, 1d en 1e.

Om een goed beeld te krijgen van de goederenstromen van VDL ETG moet bij voorkeur elk artikel apart worden bekeken. Aangezien VDL ETG echter duizenden verschillende goederen kent, moeten deze eerst worden gecategoriseerd in verschillende goederensoorten. Cruciaal hierbij is dat de stromen niet alleen in de huidige situatie worden gespecificeerd maar dat de categorieën zo duidelijk zijn dat deze in de toekomst steeds op dezelfde manier kunnen worden gespecificeerd. Het is voor eventueel verder onderzoek in de toekomst essentieel dat de soorten duidelijk en helder zijn gespecificeerd zo dat men te aller tijd dezelfde indeling kan hanteren.

De soorten zijn tot stand gekomen door te observeren wat de functie van een artikel is. Op het moment dat duidelijk is wat het doel van het artikel is, weet je direct waar het vandaan komt en waar het naartoe moet. Aan de hand van deze observaties kan er geconcludeerd worden dat de volgende belangrijke soorten goederen binnen VDL ETG stromen:

- Eindverpakking cleanroom montage²
- Eindverpakking klassieke montage³
- Rouleerverpakking parts montage⁴
- Voorraad klassieke montage
- Voorraad cleanroom montage
- Tools montage
- Tools Parts
- Magnetische goederen⁵
- Gereed product cleanroom montage
- Gereed product klassieke montage
- Gereed product parts
- Geïnterpreteerde RMA's⁶

Bovendien moeten de zojuist beschreven verschillende soorten goederen nog verder worden onderverdeeld. De reden hiervoor is dat niet alles van de oude magazijnen mee zal worden genomen naar de nieuwe magazijnen. Van de goederen die niet verhuizen naar de drie nieuwe magazijnen hoeft de benodigde opslag natuurlijk niet worden meegenomen in de berekening van de benodigde capaciteit van het nieuwe montagemagazijn. Vandaar dat de volgende categorieën zijn gekozen:

- Goederen die naar de nieuwe magazijnen gaan
- Goederen die niet naar de nieuwe magazijnen gaan

² De cleanroom montage is de montage van alle cleanrooms

³ De klassieke montage is de montage van de Huzinkhallen

⁴ De parts montage is de montage van de parts manufacturing in hal 1

⁵ Gereed product afkomstig van Pamela

⁶ RMA's zijn de return merchandise authorization

2.5 Dimensionering

Tenslotte wordt van elk huidig magazijn apart de opslagcapaciteit bepaald en dit wordt vervolgens bij elkaar opgeteld voor de totale huidige opslagcapaciteit. Echter is één manier van opslag niet specifiek genoeg. Het is zeer moeilijk om alle soorten opslag die binnen VDL ETG bestaan te kwantificeren op basis van één eenheid. Vloeroppervlak is bijvoorbeeld goed te meten in vierkante meters maar de grijpvoorraad is daarin haast onmogelijk uit te drukken. Het zijn verschillende manieren van goederenopslag en ook in het nieuwe montagemagazijn zullen er meerdere manieren bestaan. Vandaar dat ervoor is gekozen om de totale opslagcapaciteit te bepalen aan de hand van de huidige mogelijke opslagsoorten aanwezig bij VDL ETG. Hieruit zijn de volgende manieren van opslag naar voren gekomen:

- Vloeroppervlak
- Grote palletstelling
- Europallet + VDL pallet
 - o Lager dan 50cm
 - o Hoger dan 50cm
- Draagarmstelling
 - o Tot 3m lengte
 - o Langer dan 3m
- Legbordstelling
 - o 20x50x20
 - o 20x100x20
- Legbakken
 - o VDL
 - 35x53x17
 - o Schäfer
 - 20x30x8
 - 10x30x8
 - 15x50x14
 - 30x50x14

Zoals te zien is zijn de maten van de VLM niet apart meegenomen in de opslagsoorten. De reden hiervoor is dat de maten van de VLM overeenkomen met bestaande maten van de legbakken. Omdat deze maten bijna identiek zijn en om de hoeveelheid verschillende maten niet onnodig groot te maken is ervoor gekozen deze bakken niet mee te nemen.

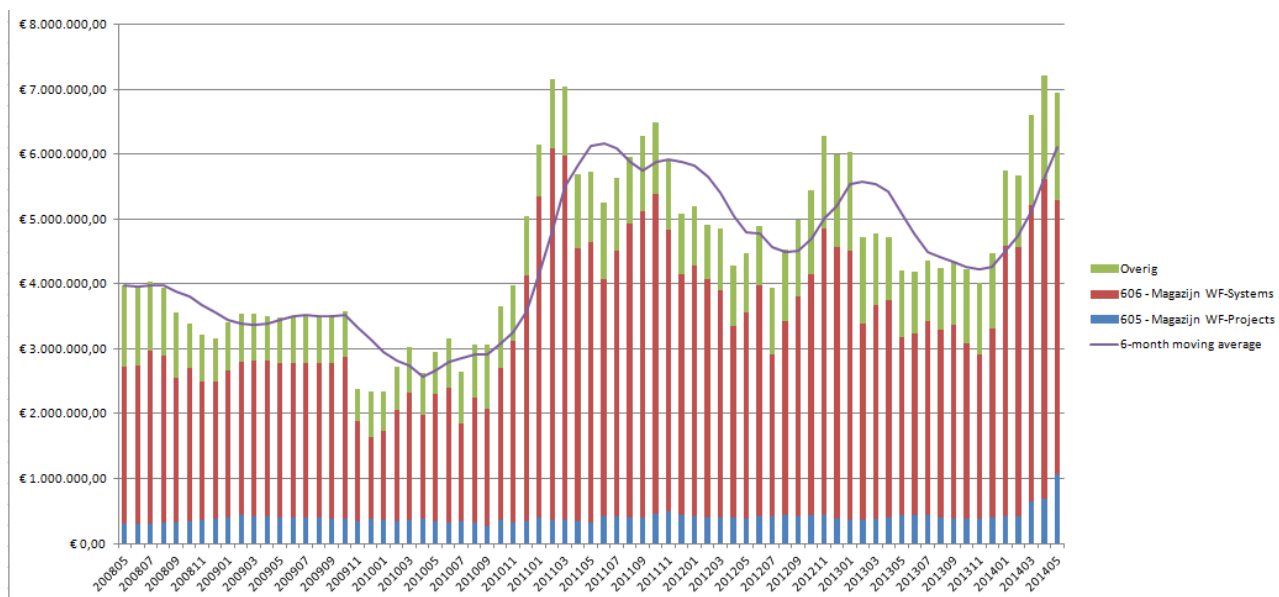
Daarnaast behoeven enkele andere maten nog enige uitleg. In veel gevallen zijn categorieën nogmaals onderverdeeld. Dit is om een zo nauwkeurig mogelijke schatting te kunnen maken van de daadwerkelijke hoeveelheid opslag op dit moment. Tijdens de eerste bezoeken aan de magazijnen is opgevallen dat de hoogte van de goederen op de pallets zeer verschillen. Vandaar dat deze gecategoriseerd zijn om uiteindelijk een op maat gemaakt magazijn te kunnen aanbevelen.

Tenslotte zijn de draagarmstellingen opgedeeld in “kleiner dan drie meter” of “groter dan drie meter”. De optie is namelijk aanwezig dat de huidige VLM’s in het montagemagazijn (her)gebruikt zullen worden. Aangezien de maximale lengte van de VLM drie meter bedraagt is bovenstaande categorisatie gekozen, om de optie open te houden om lange delen in de VLM op te slaan.

Nu alle goederen zijn verdeeld in goederensoort, de categorie blijven of niet en het opslagtype, kan de totale huidige capaciteit worden weergegeven. Dit gebeurt in Appendix C.

In totaal is maar er één telling geweest voor de opslagcapaciteit. Echter, zoals te zien is in figuur 3 is het magazijn bijna nooit zo gevuld geweest als op dit moment. Bovendien is door medewerkers van de magazijnen meermaals verteld dat ze kampen met een te vol magazijn. Vandaar dat de aanname

kan worden gedaan dat op basis van deze telling een goede schatting kan worden gemaakt met betrekking tot de gewenste capaciteit van het nieuwe magazijn.



Figuur 3. Hoeveelheid opslag van verschillende magazijnen

2.6 Conclusie

In dit hoofdstuk is de huidige situatie van VDL ETG in kaart gebracht. In het begin van dit hoofdstuk zijn alle magazijn; productie - en assemblage afdelingen, de goederenontvangst en de keurafdeling beschreven, belangrijke locaties die ook een rol zullen gaan spelen in het montagemagazijn. Om een beeld te geven van alle locaties is er in Appendix A een plattegrond toegevoegd met alle belangrijke locaties.

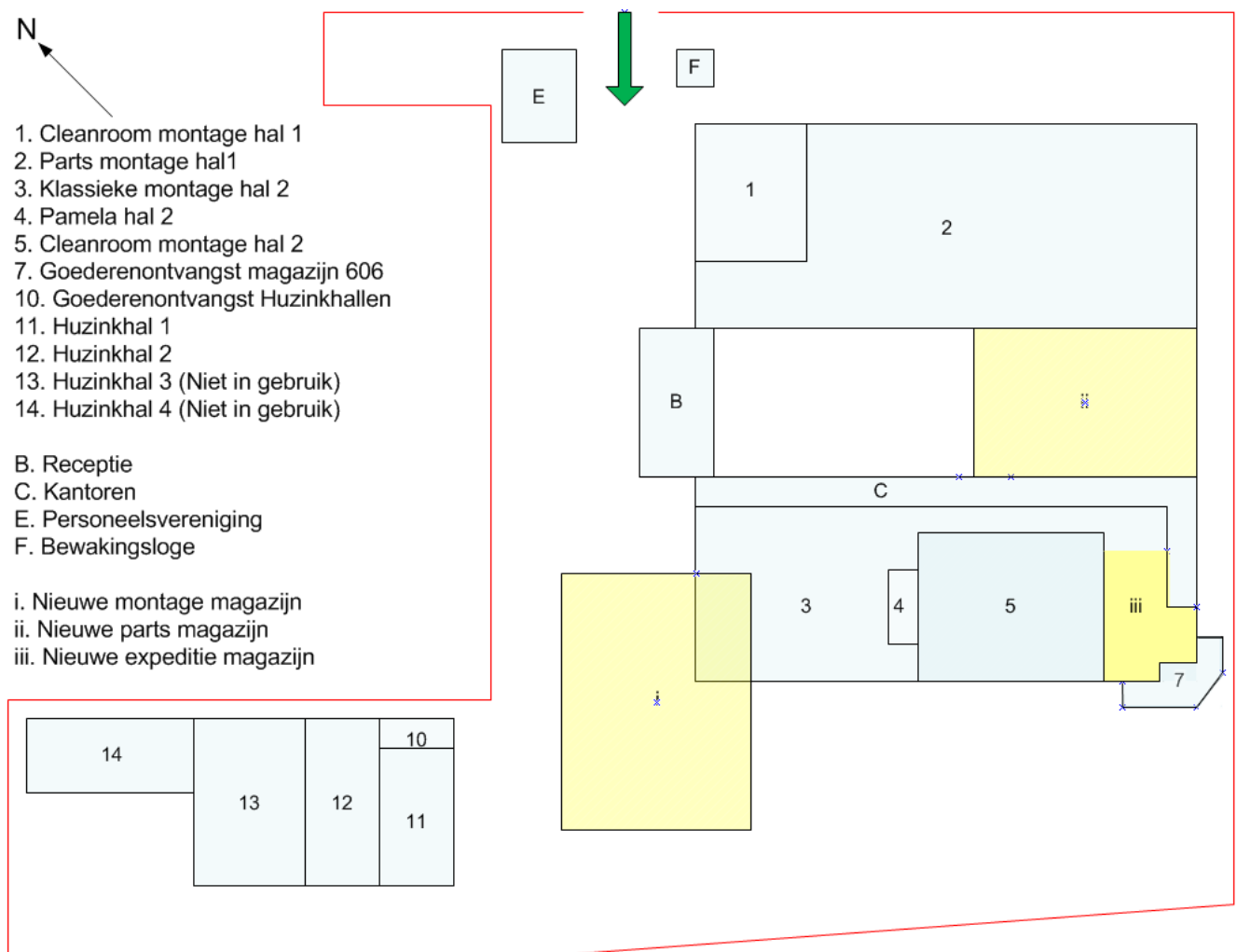
Om een nieuw magazijn te kunnen ontwerpen moet ten eerste duidelijk zijn wat er allemaal moet worden opgeslagen in dat magazijn. Dit is gebeurd aan de hand van een telling van de goederen in de verschillende magazijnen. Om de telling goed te laten verlopen zijn alle goederen van tevoren ingedeeld in verschillende goederensoorten. Vervolgens is gecategoriseerd welke van deze goederensoorten behouden moeten blijven en naar het montagemagazijn zullen verhuizen. Tenslotte is aan de hand van de opslagtypes een totale telling opgesteld. De uiteindelijke totale telling is te zien in Appendix C. Met behulp van deze telling zal verder gewerkt worden.

3. Gewenste situatie

Bij een investering van deze grootte moet over alles goed worden nagedacht. Alle aspecten moeten nauwkeurig worden belicht om uiteindelijk een weloverwogen keuze te kunnen maken. Het is namelijk essentieel dat de nieuwe magazijnen voor VDL ETG een lange-termijnoplossing zijn. Vandaar dat VDL ETG verschillende uitgangspunten, voorwaarden en criteria heeft geformuleerd waaraan moet worden voldaan bij dit onderzoek. Hiermee wordt deelvraag 2 beantwoord.

3.1 Uitgangspunten

Ten eerste moet worden benadrukt dat uit alle huidige magazijnen drie nieuwe magazijnen gevormd worden. Het montagemagazijn, het partsmagazijn en het expeditiemagazijn. Op figuur 4 is te zien waar deze magazijnen op het terrein van VDL ETG zullen worden gevestigd. De getallen 6,8 en 9 die op de plattegrond van de huidige situatie staan zijn weg gelaten om verwarring te voorkomen. De afdelingen die blijven houden de nummers die ze op de oorspronkelijke plattegrond ook hadden. Zoals goed te zien is ligt het montagemagazijn centraal op het terrein van VDL ETG. Dit is essentieel want zo staat het centraal tussen de klassieke en de cleanroom montage. De klassieke montage vindt namelijk plaats in hallen 11-14. De cleanroom montage gebeurt in de hallen 3-5.



Figuur 4. Locaties van de nieuwe magazijnen

Dit onderzoek gaat over het montagemagazijn. De locatie van het magazijn is al vastgelegd. De grootst mogelijke afmetingen die kunnen worden gerealiseerd op het terrein van VDL ETG staan ook vast. Als het kleiner kan, is dat wenselijk, maar groter is absoluut geen mogelijkheid. Bovendien is een gedeelte van het montagemagazijn reeds bestaande bouw en wordt een deel gereserveerd voor kranen die grote delen zullen verplaatsen.

Voordat het magazijn kan worden ingericht, moet er natuurlijk duidelijkheid bestaan over de goederen die in het montagemagazijn zullen worden opgeslagen. Dit is gegeven door VDL ETG en is te zien in onderstaande tabel.

Montagemagazijn	Partsmagazijn	Expeditiemagazijn
Voorraad cleanroom montage	Rouleerverpakking parts	Eindverpakking cleanroom montage
Voorraad klassieke montage	Tools parts	Eindverpakking klassieke montage
Tools montage	Gereed product parts	Gereed product cleanroom montage
Magneten & halffabricaten		Gereed product klassieke montage
Geïntegreerde RMA's		

Tabel 1: Goederensoort per magazijn

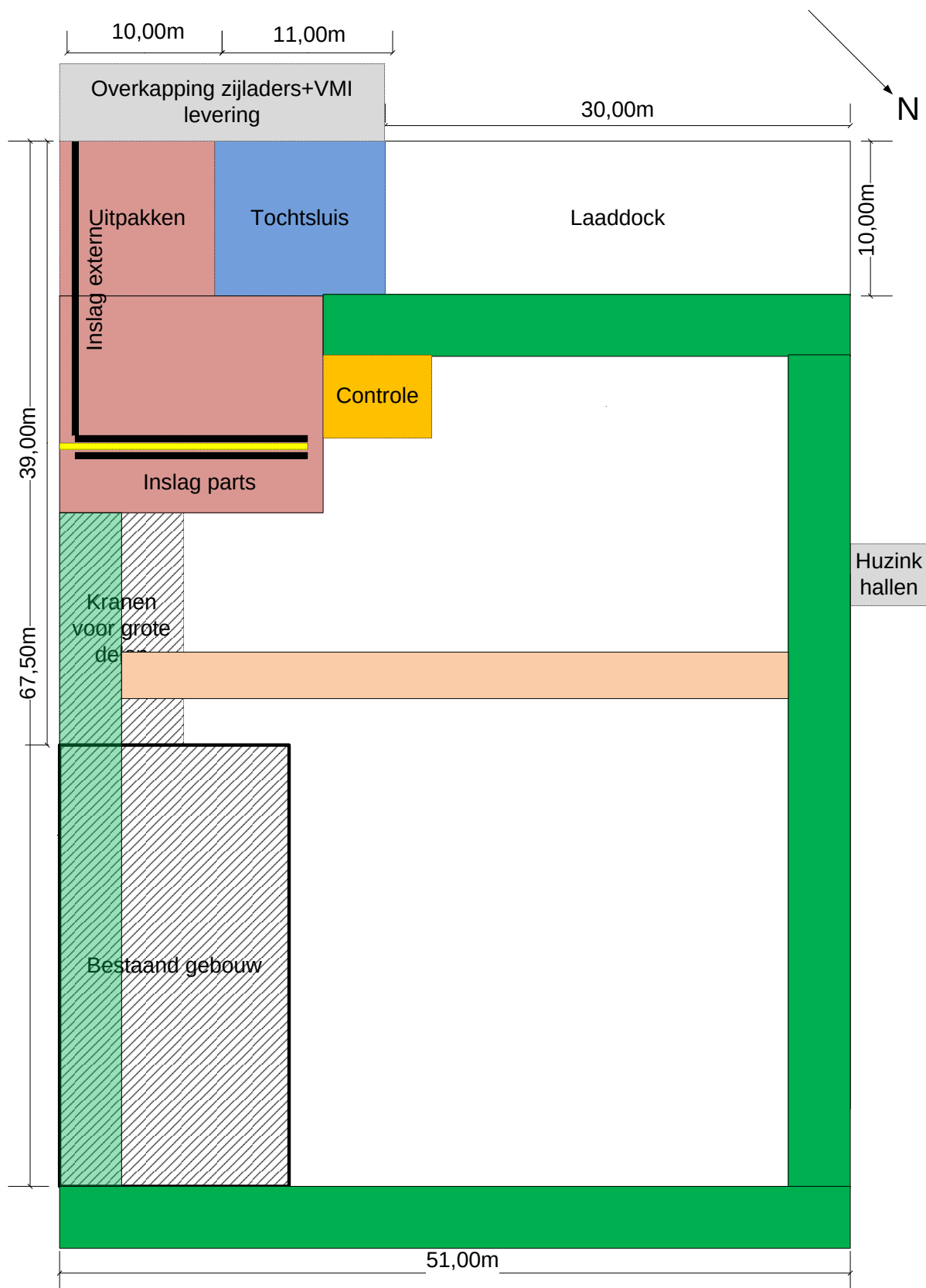
3.2 Randvoorwaarden

Vervolgens worden de randvoorwaarden die VDL ETG stelt aan het nieuw te bouwen magazijn bekeken. Ten eerste is het essentieel dat bij het ontwerp rekening wordt gehouden met eventuele groeimogelijkheden. VDL ETG heeft aangegeven 33% groei te willen kunnen realiseren.

Een aantal afdelingen in het montagemagazijn moet uiteraard sowieso aanwezig zijn. De laaddock voor de vrachtwagens is hiervan een goed voorbeeld. Het is zelfs al vastgelegd waar ze komen om het simpel manoeuvreren van de vrachtwagens op het terrein van VDL ETG te bevorderen. Daarnaast moet in er in ieder geval een tochtsluis, een uitpak afdeling en een keurafdeling in het montagemagazijn komen. Ook zal er een transportbaan langs de binnenmuren van het magazijn lopen voor de eenvoudige transportbewegingen van en naar de klassieke assemblage en de cleanroom montage. Het ontwerp met de afmetingen van het magazijn dat VDL ETG heeft vastgelegd gecombineerd met de vaste afdelingen is in figuur 5 te zien. De transportbaan in het midden is om de lengte van de transportpaden te minimaliseren.

Zoals op de overkapping te zien is wil VDL ETG ook dat er een mogelijkheid is tot 'Vendor managed inventory' (VMI). Dit houdt in dat de leveranciers de voorraad van VDL ETG beheersen en controleren en wanneer nodig goederen komen leveren.

Ook zijn er op het moment dat de oude magazijnen worden afgebroken veel goederen die tijdelijk geen opslagruimte hebben. Dit kan opgelost worden door tijdelijk externe ruimte te huren of het nieuwe magazijn groter te maken voor die goederen. Dit wordt ook wel fasering genoemd. Echter heeft VDL ETG duidelijk aangegeven dat tijdens dit onderzoek geen rekening gehouden hoeft te worden met fasering.



Figuur 5. Afmetingen + vaste afdelingen montagemagazijn

3.3 Criteria

Tenslotte wordt gekeken naar de criteria die van belang zijn voor VDL ETG. De criteria zijn door VDL ETG bepaald en zijn verdeeld in hoofdcriteria die vervolgens zijn onderverdeeld in subcriteria. De hoofdcriteria zijn:

1. Financieel
2. Fit met Lean cultuur
3. Performance
4. Initiële implementatie
5. Flexibiliteit
6. Lay-out totale oplossing

Het financiële aspect speelt natuurlijk een cruciale rol bij de bouw van het montagemagazijn. Deze analyse is gebaseerd op drie aspecten binnen VDL ETG. Ten eerste is de initiële investering van groot belang bij deze analyse. De baten daarentegen zijn de reductie in FTE en de reductie van inhoud van de alternatieven. Alternatief A, zoals beschreven in hoofdstuk 5 wordt als uitgangspunt en vanuit alternatief A wordt vergeleken met de andere alternatieven. De reden hiervoor is dat alternatief A weliswaar geen initiële investering heeft, maar wel het grootste aantal FTE en kubieke meter heeft. Met behulp van de initiële investering, de reductie van FTE en de reductie van het aantal kubieke meter worden vervolgens voor de criteria berekend voor de financiële analyse. Deze criteria zijn de volgende:

- 1.1 Interne - opbrengstvoet (IRR) na 5 jaar
- 1.2 Interne - opbrengstvoer (IRR) na 10 jaar
- 1.3 Netto contante waarde (NCW) na 5 jaar
- 1.4 Netto contante waarde (NCW) na 10 jaar
- 1.5 Terugverdiëntijd
- 1.6 Initiële investering

Onder het criterium Fit met Lean cultuur vallen de volgende criteria:

- 2.1 Reductie processtappen
- 2.2 Reductie complexiteit
- 2.3 Operationele beheerslast
- 2.4 Minimaliseren wachttijd personeel

Met het criterium Fit met Lean cultuur worden alle aspecten bedoeld waardoor de waarde voor de klant maximaal is tegen minimale verspilling. Dit betekent dus dat alle processen zo efficiënt mogelijk moeten verlopen en dat het aantal processtappen wordt gereduceerd. Deze reductie van het aantal processtappen is meteen het eerste criterium. Het tweede subcriterium is de reductie van de complexiteit van het magazijn. Ten derde moet de operationele beheerslast van de alternatieven zo klein mogelijk zijn. Onder de operationele beheerslast telt bijvoorbeeld herinrichting van de VLM's of consolidatie van bakken. Tenslotte speelt wachttijd een rol. Het personeel moet zo kort mogelijk hoeven te wachten bij stappen als inslag en uitslag van goederen.

Met het criterium Performance worden onderstaande subcriteria bedoeld:

- 3.1 Response tijd
- 3.2 Doorlooptijd en verwerkingscapaciteit inslag
- 3.3 Verwerkingscapaciteit uitslag
- 3.4 Betrouwbaarheid
- 3.5 Kwaliteit inslag & uitslag
- 3.6 Toepasbaarheid m.b.t. automatiseren goederenontvangst
- 3.7 Toepasbaarheid partijenadministratie

Ten eerste is de response tijd uitermate belangrijk. Dit houdt de tijd in die wordt benodigd voor het leveren van een artikel op het moment dat deze wordt aangevraagd vanuit de productieafdeling. Ten

tweede telt de doorlooptijd en de verwerkingscapaciteit van de inslag. Hoeveel goederen kan het systeem per tijdseenheid inslaan. Ditzelfde geldt voor de uitslag. De hoeveelheid aan goederen die kan worden ingeslagen of uitgeslagen is van essentieel belang. Daarnaast weegt betrouwbaarheid ook mee. De mate waarin het systeem gevoelig is voor storingen. Ook telt de kwaliteit van de in - en uitslag. Als fout wordt ingeslagen worden ook de verkeerde onderdelen gepickt. Dit moet uiteraard zo min mogelijk gebeuren. Bovendien speelt de automatische goederenontvangst ook een grote rol. In hoeverre is het systeem in staat om automatische goederenontvangst handhaven. Tenslotte wordt er gekeken naar de mate van toepasbaarheid van partijenadministratie. Partijenadministratie is cruciaal om defecte onderdelen terug te kunnen traceren naar de leveranciers.

Bij de initiële implementatie komen een paar subcriteria kijken. Dit zijn:

- 4.1 Integratie huidige systemen
- 4.2 Impact bouw en constructie
- 4.3 Inspanning onderzoek inrichting
- 4.4 Training medewerkers

De integratie met het huidig systeem moet zo soepel mogelijk verlopen. Daarnaast wordt gekeken naar de impact die de bouw en de constructie van het ontwerp zullen hebben. Onder de initiële implementatie telt ook de inspanning voor analyses en onderzoek naar optimale goedereninrichting. Tenslotte speelt de mate waarin de medewerkers trainingen moeten ondergaan voordat ze het systeem onder de knie hebben een belangrijke rol.

Met de flexibiliteit wordt het aanpassingsvermogen van het alternatief in de toekomst bedoeld. Hieronder vallen de volgende vier subcriteria:

- 5.1 Product karakteristieken
- 5.2 Toe/afname bewerkingscapaciteit
- 5.3 Groei/Krimp vraag
- 5.4 Overgang nieuwe software

Ten eerste de flexibiliteit voor het geval de karakteristieken van de producten veranderen. Als ineens veel goederen op pallets in plaats van in bakken moeten worden opgeslagen, hoe makkelijk kan VDL ETG dan het magazijn aanpassen. Ten tweede het aanpassingsvermogen ten opzichte van de hoeveelheid picks. Welk alternatief is het meest flexibel als de bewerkingscapaciteit ineens daalt dan wel stijgt. Ten derde de flexibiliteit in geval van groei of krimp. Mocht de vraag ineens sterk dalen of stijgen, welk alternatief kan hier dan het beste mee omgaan. Het laatste subcriterium houdt de flexibiliteit bij de overgang naar een nieuw software - systeem in. Hiermee wordt onder andere de ERP koppeling met andere systemen bedoeld.

Bij het laatste criterium, de lay-out van de totale oplossing gelden de deze subcriteria:

- 6.1 Mate van innovatie
- 6.2 Afmeting magazijn
- 6.3 Lengte van transportpaden
- 6.4 Kruisende transportstromen
- 6.5 Visuele beoordeling totale lay-out

Ten eerste geldt als subcriterium bij de lay-out van de totale oplossing de mate van innovatie. Hoe vernieuwend is het ontwerp van de alternatieven. Ten tweede geldt de afmeting van het magazijn. Deze moeten geminimaliseerd worden en verschillende alternatieven kunnen dus verschillende scores genereren. Het derde subcriterium is de lengte van de transportpaden. Hierbij komt ook kijken dat er een minimum aan kruisende transportstromen moet zijn bij de alternatieven. Tenslotte is de visuele beoordeling van de totale lay-out van belang.

3.4 Conclusie

In dit hoofdstuk zijn de eisen die VDL ETG heeft gesteld naar voren gekomen. Als eerste zijn de uitgangspunten belicht. Het is duidelijk geworden dat er drie nieuwe magazijnen komen waarbij de focus op het montagemagazijn ligt. Hiervan zijn dan ook gelijk de locatie en de afmetingen verduidelijkt. Bovendien is duidelijk geworden welke goederensoorten in de toekomst in het montagemagazijn zullen worden opgeslagen. Vervolgens zijn de randvoorwaarden aan bod gekomen. Onder andere is in kaart gebracht dat VDL ETG een groei van 33% aan wil kunnen, dat VDL ETG geen rekening houdt met fasering en dat een aantal vaste afdelingen terug zal komen in het montagemagazijn. Tenslotte zijn de criteria naar voren gekomen. Voorbeelden van de criteria die van belang zijn om een score uit te kunnen delen zijn onder andere het financiële aspect, het service level of de initiële implementatie. Deze zijn vervolgens weer verder onderverdeeld in subcriteria. Het beste alternatief zal uiteindelijk worden gekozen aan de hand van de door VDL ETG gestelde criteria.

4. Theoretisch kader

Dit hoofdstuk dient om deelvraag 3 te beantwoorden. Verschillende processen worden besproken en uiteindelijk wordt er een keuze gemaakt welk ontwerpproces gebruikt wordt om het montagemagazijn van VDL ETG te ontwerpen. De literatuur is verkregen via Google scholar of andere artikelen. In Appendix D is duidelijk te zien welke trefwoorden zijn gebruikt.

Het ontwerpen van een magazijn is een complex probleem. Er zijn vele beslissingen en overwegingen die gemaakt dienen te worden. Bovendien moeten deze overwegingen worden gemaakt op een gestructureerde manier. In de loop der jaren hebben veel auteurs zich gewaagd aan het schrijven over het ontwerpen van een magazijn. In 1973 begon Heskett et al. met de nog steeds gebruikte hoofdaspecten van het ontwerpproces. Deze werden uitgebreid door Apple (1977), Firth (1988), Hatton (1990), Mulcahy (1994), Oxley (1994), Rowley (2000), Rushton (2000, 2006), Rouwenhorst et al. (2000), Govindaraj et al. (2000), Bodner et al. (2002), Hassan (2002), Waters (2003), Gu (2005) en Baker et al (2007), allemaal genoemd in “Warehouse design: a structured approach” (Baker et al., 2007). Zij beschrijven verschillende kaders om subproblemen van het ontwerpproces op te lossen.

Echter zijn er binnen al deze modellen duidelijke overeenkomsten te vinden. Ten eerste is erkend dat een ontwerpproces van een magazijn een complex proces is. Deze complexiteit moet worden “getackled” door het probleem stap voor stap aan te pakken. Bovendien zijn deze stappen onderling gerelateerd en moeten deze stappen in zekere mate worden herhaald, het is dus een iteratief proces. Tenslotte, voor elk van de doorlopen stappen van het model zijn er vaak meerdere (bijna)optimale opties. De kans is daarom zeer aanwezig dat er voor het uiteindelijke probleem niet meer dan één optimale oplossing kan worden gevonden.

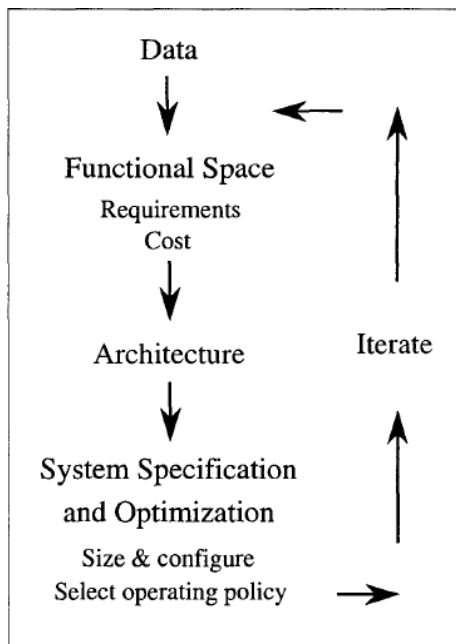
Omdat er door de jaren heen zo veel verschillende opvattingen en modellen zijn geweest over het ontwerpproces van een magazijn moet er een keuze gemaakt worden welk model uiteindelijk gebruikt zal worden in dit verslag. VDL ETG een technologisch hoogstaand bedrijf met zeer moderne producten. Daarom is ervoor gekozen om ook met de keuze van het model niet te ver terug te gaan in de tijd. Dit houdt in dat de modellen die van voor 2000 zijn zullen worden verworpen. Bovendien zijn alleen de goederen gebruikt die via de licenties van de UT te verkrijgen waren. Hieruit is de volgende selectie gekomen:

- Design of warehousing and distribution models (Govindaraj, 2000)
- Warehouse design and control: Framework and literature review (Rouwenhorst et al., 2000)
- A framework for the design of warehouse layout (Hassan, 2002)
- A process model and support tools for warehouse design (Bodner et al., 2002)
- The forward reserve warehouse sizing and dimensioning problem (Gu, 2005)
- The handbook of logistics and distribution management (Rushton et al., 2006)
- Warehouse design: A structured approach (Baker et al., 2007)

De verschillende modellen zijn hieronder verder toegelicht.

4.1 Govindaraj et al (2000)

Volgens Govindaraj bestaat een ontwerpproces uit twee actoren. De analist en de ontwerper. De analist is gespecialiseerd in magazijnen en kan de benodigde data extraheren uit de database. De expertise van de ontwerper ligt in het ontwerpen en verbeteren van het magazijn. Het proces begint met de analist die data verkrijgt uit de database en deze evalueert. Deze data worden dan gepresenteerd aan de ontwerper. De ontwerper gaat hiermee aan de slag en bepaalt de opslagsystemen, de eisen en de bijbehorende kosten. Vervolgens zal de ontwerper een initieel ontwerp maken. Daarna worden de systeem specificaties vastgelegd en geoptimaliseerd. Dit geheel is een iteratief proces en is te zien in figuur 6.



Figuur 6. Model van Govindaraj et al.

4.2 Rouwenhorst et al. (2000)

Volgens Rouwenhorst bestaan de volgende stappen die moeten worden doorlopen:

1. Concept
2. Data acquisitie
3. Functionele specificaties
4. Technische specificaties
5. Selectie van de middelen
6. Lay-out
7. Selectie van planning en controle beleid

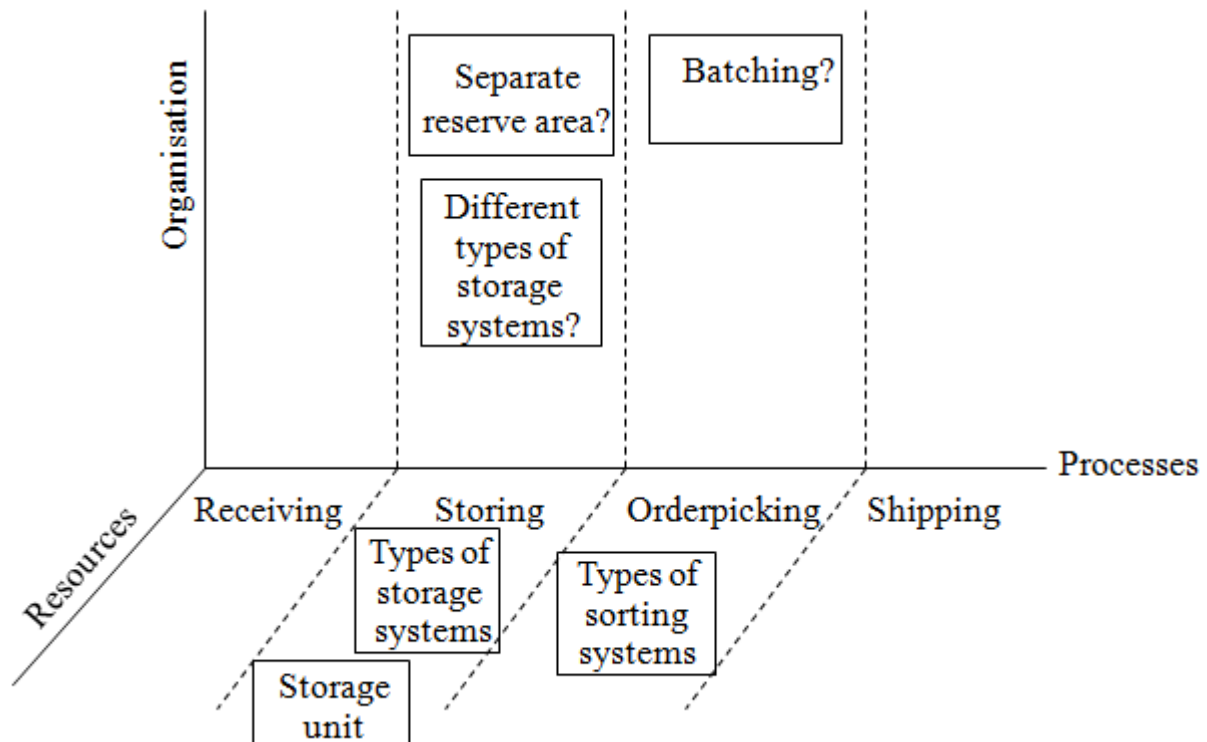
Deze stappen worden echter niet stap voor stap doorlopen maar worden per verschillend niveau samengevoegd. Deze set aan subproblemen zal dan vervolgens worden geoptimaliseerd. De niveaus waarop dit gebeurt zijn het strategisch niveau, tactisch niveau en het operationeel niveau. De soort beslissingen worden gemaakt aan de hand van de volgende drie factoren:

- Processen: De beslissingen die moeten worden gemaakt met betrekking tot inslag, opslag, uitslag en verzenden van de producten
- Middelen: De beslissingen ten opzichte van opslag systemen, uitslag systemen maar ook personeel
- Organisatie: De beslissingen over de "process flow" en het organisatorisch beleid

Dit model hanteert het top-down approach. Dit houdt in dat er eerst een ruige schets wordt gemaakt en naarmate er meer beslissingen zijn genomen het ontwerp steeds meer vorm krijgt.

Strategisch niveau

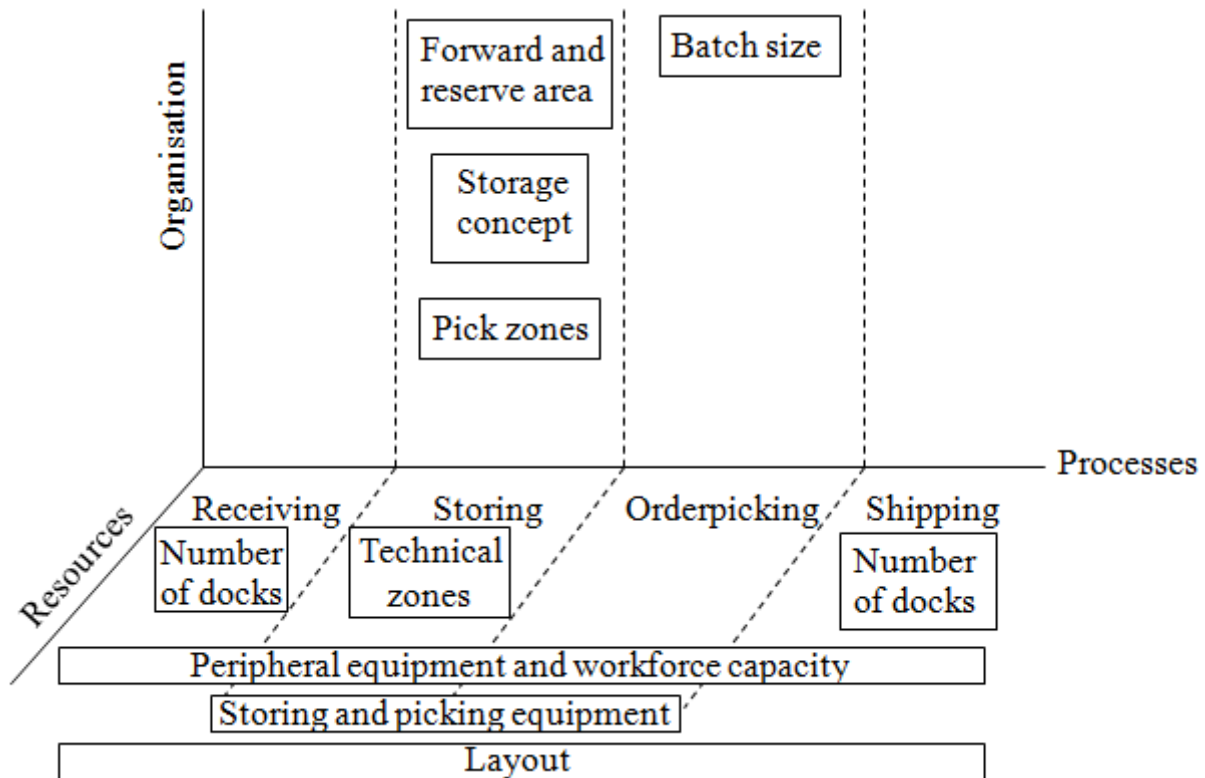
De beslissingen op strategisch niveau zijn lange termijn beslissingen. Deze beslissingen houden grotendeels de proces flow en o.a. de selectie van de te gebruiken opslag systemen in. Een groot aandeel van de kapitaal investering hangt hiervan af. In figuur 7 zijn de strategische besluiten te zien die gemaakt moeten worden.



Figuur 7. Strategisch niveau van het model van Rouwenhorst

Tactisch niveau

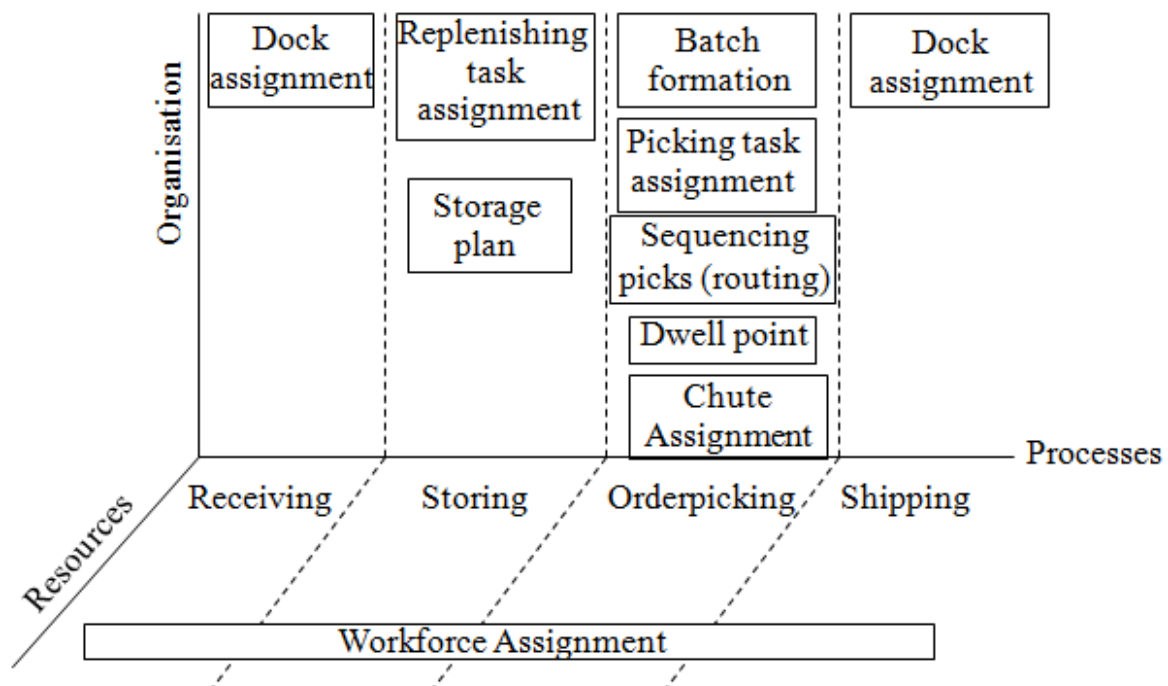
Op tactisch niveau worden de zogenoemde 'medium term decisions' gemaakt. Dit houdt in dat het over een kortere periode gaat dan de strategische besluiten. Onder de tactische besluiten worden de keuzes van de middelen en het ontwerp van een lay-out verstaan. Verdere oordelen die geveld moeten worden staan in figuur 8.



Figuur 8. Tactisch niveau van het model van Rouwenhorst

Operationeel niveau

Tenslotte zal er uitsluitend moeten komen over de operationele dilemma's. De duur hiervan bedraagt ongeveer een jaar. Deze besluiten dienen zoals in figuur 9 te zien is om de puntjes op de i te zetten als het gaat om het beleid van de organisatie.



Figuur 9. Operationeel niveau van het model van Rouwenhorst

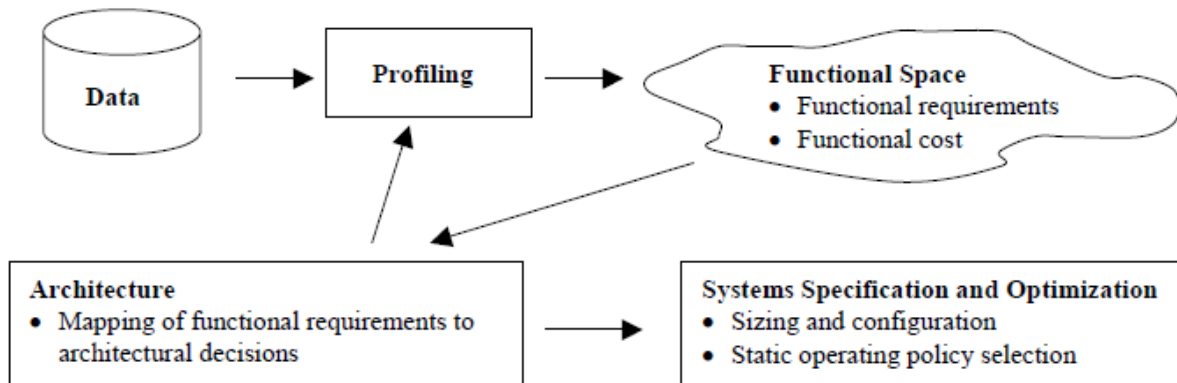
4.3 Hassan (2002)

Het model van Hassan heeft een complete kijk op het ontwerpproces. Het model vertolkt zowel de rol van manager als ook de rol van ontwerper. Het ziet er als volgt uit:

1. Specificeer het type en het doel van het magazijn
2. Voorspel en analyseer de verwachte vraag
3. Bepaal het beleid met betrekking tot alle handelingen van het magazijn
4. Bepaal de voorraad
5. Klasseer de producten
6. Splits je magazijn op in afdelingen en maak een eerste lay-out
7. Verdeel je opslag afdeling
8. Ontwerp van material handling, opslag en de sorteer systemen
9. Ontwerp de gangpaden
10. Bepaal de hoeveelheid benodigde ruimte en grootte van het magazijn
11. Bepaal het aantal I/O points.
12. Bepaal de hoeveelheid en de locatie van de docks
13. Wijs producten hun opslagplaats toe
14. Verdeel het uitslaggebied in zones

4.4 Bodner et al. (2002)

Het ontwerpproces van Bodner is zeer vergelijkbaar met het proces van Govindaraj. De eerste stap is het verkrijgen van de benodigde data. Deze data wordt vervolgens geanalyseerd en geëvalueerd. In het artikel wordt dit beschreven als 'profiling'. The resultaten van deze evaluatie worden gebruikt door de ontwerpers om functionele eisen en kosten op te stellen. Deze worden dan vervolgens gebruikt voor het bouwkundig ontwerp (architectural design) genoemd. Het bouwkundig ontwerp moet expliciet worden gespecificeerd en tenslotte wordt de focus verschoven naar specificaties van de optimalisatie van het systeem zoals bijvoorbeeld de keuze van het opslag systeem. Ook dit proces is net als dat van Govindaraj een iteratief proces. In figuur 10 is dit schematisch weergegeven.



Figuur 10. Stappen van het model van Bodner et al.

4.5 Gu (2005)

Volgens Gu bestaat het ontwerpproces uit twee onderdelen:

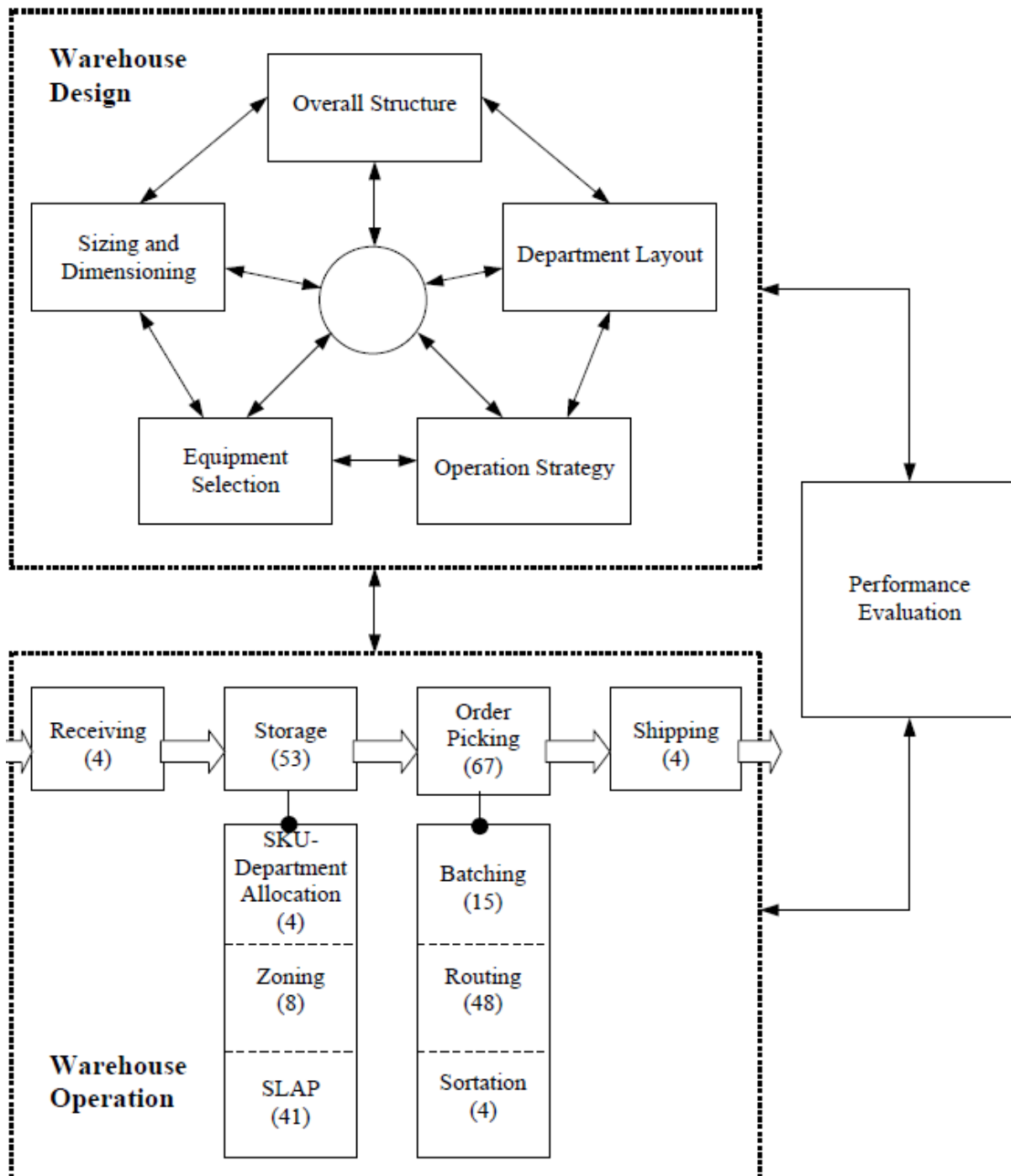
- De handelingen van het magazijn
- Het ontwerp van het magazijn

Binnen deze twee categorieën is er een aantal beslissingen dat moet worden gemaakt. Deze beslissingen zijn te zien in figuur 11.

Design and Operation Problems			Decisions
Warehouse Design	Overall Structure		• Material flow • Department identification • Relative location of departments
	Sizing and Dimensioning		• Size of the warehouse • Size and dimension of departments
	Department Layout		• Pallet block-stacking pattern (for pallet storage) • Aisle orientation • Number, length, and width of aisles • Door locations
	Equipment Selection		• Level of automation • Storage equipment selection • Material handling equipment selection (order picking, sorting)
	Operation Strategy		• Storage rule selection • Order picking method selection
Warehouse Operation	Receiving & Shipping		• Truck-dock assignment • Order-truck assignment • Truck dispatch schedule
	Storage	SKU-Department Assignment	• Assignment of items to different warehouse departments • Space allocation
		Zoning	• Assignment of SKUs to zones • Assignment of pickers to zones
		Storage Location Assignment	• Storage location assignment • Specification of storage classes (for class-based storage)
	Order Picking	Batching	• Batch size • Order-batch assignment
		Routing & Sequencing	• Routing and sequencing of order picking tours • Dwell point selection (for AS/RS)
		Sortation	• Order-lane assignment

Figuur 11. *Beslissingen van het model van Gu*

De beslissingen in bovengenoemde afbeelding zijn schematisch weergegeven in onderstaand figuur .



Figuur 12. Beslissingen van het model van Gu schematisch weergegeven

4.6 Rushton et al. (2006)

Het ontwerpproces van Rushton et al. is wederom net als vele modellen een iteratief proces en bevat de volgende stappen:

1. Definieer de bedrijfseisen en ontwerp beperkingen
2. Verzamel data
3. Stel een planning op
4. Definieer de operationele principes
5. Evalueer hardware mogelijkheden
6. Maak interne en externe lay-outs
7. Teken belangrijke procedures en informatiesysteem eisen uit
8. Evalueer ontwerp flexibiliteit
9. Bereken hardware kwantiteit
10. Bereken benodigd personeel
11. Bereken kapitale en operationele kosten
12. Zet het ontwerp uit tegen de eisen en de beperkingen
13. Realiseer het favoriete ontwerp

4.7 Baker et al. (2007)

Het stappenplan van Baker is gebaseerd op twee verschillende punten. Ten eerste spelen de modellen die reeds door anderen zijn opgesteld een belangrijke rol. Daarnaast zijn de bevindingen gedaan door bedrijven die het op hun eigen manier hebben gedaan meegenomen in het model van Baker. Het bestaat uit de volgende stappen:

1. Definieer de systeem eisen
2. Definieer en verzamel data
3. Analyseer data
4. Stel de laadeenheid vast
5. Bepaal handelingsprocedures en methoden (batching e.d.)
6. Overweeg de te gebruiken hardware en bijbehorende karakteristieken
7. Bepaal capaciteiten en hoeveelheden van de uitrusting
8. Definieer diensten en ondergeschikte functionaliteiten
9. Bereid mogelijke lay-outs voor
10. Evalueer en beoordeel
11. Bepaal het favoriete ontwerp

4.8 Keuze van te gebruiken model

Nu alle modellen duidelijk zijn beschreven moet er een overwogen keuze gemaakt worden welk model gedurende dit onderzoek de leidraad zal vormen. Dit gebeurt aan de hand van bepaalde criteria. Het eerste criterium wat een rol zal spelen is toepasbaarheid. Om een weloverwogen keuze te maken is het van groot belang dat het model eenvoudig toe te passen is op de situatie van VDL ETG. Het model dat wordt gekozen moet een duidelijke structuur hebben om het ontwerpproces te doorlopen met letterlijk beschreven wat de volgende stap is die gezet moet worden. Ten tweede zal gebruik worden gemaakt van het criterium gelaagdheid. Dit criterium is uitermate belangrijk in de keuze van het model. Het model dat gebruikt gaat worden moet bedacht zijn op alle aspecten van het ontwerpproces. Beslissingen moeten worden begeleid op verschillende niveaus. Bij een goed gelaagd model is de kans dan ook groter dat het een compleet model is dan bij een slecht gelaagd model. Tenslotte zal er rekening worden gehouden met het aanpassingsvermogen van het model. Een ontwerpproces is voor elk magazijn een unieke kwestie. Het model dat gebruikt wordt moet kunnen inspelen op de situatie van het te ontwerpen magazijn. Het moet waar nodig mogelijk zijn om beslissingen te kunnen toevoegen of weg te laten.

Zojuist genoemde modellen zullen in onderstaande tabel voor elk criterium een score krijgen.

	<u>Toepasbaarheid</u>	<u>Gelaagdheid</u>	<u>Aanpassingsvermogen</u>
Govindaraj (2000)	-	+	+
Rouwenhorst et al. (2000)	+	++	+
Hassan (2002)	++	+	-
Bodner et al. (2002)	-	+	+
Gu (2005)	-	++	+
Rushton et al. (2005)	++	-	-
Baker et al. (2007)	++	+	-

Tabel 2: Score tabel voor het te kiezen model

Bij alle gemaakte keuzes zal een korte uitleg worden gegeven om het geheel te verduidelijken.

Govindaraj (2000)

Alhoewel bij het model van Govindaraj een stappenplan naar voren komt hoe het ontwerpproces moet verlopen zijn dit meer grove richtlijnen dan daadwerkelijk uitgelegde handelingen. Het model scoort negatief omdat er niet duidelijk wordt uitgelegd welke stappen moeten worden uitgevoerd. Daarentegen neemt het model van Govindaraj wel duidelijke aspecten van verschillende niveaus mee. Er wordt gekeken naar de functionele beslissingen maar ook het totale plaatje. Tenslotte is het een model dat redelijk simpel kan aangepast worden. Door het feit dat er richtlijnen zijn gegeven en geen keiharde beslissingen is de ruimte voor eigen invulling groot. Dit betekent dat waar nodig zonder problemen beslissingen kunnen worden toegevoegd.

Rouwenhorst et al. (2000)

Het model van Rouwenhorst et al. scoort goed op alle criteria. Ondanks het feit dat zoals bij het model van Hassan, Rushton et al. of Baker et al. de stappen niet in zo een specifieke volgorde staan zijn ze duidelijk genoeg dat je weet wat je te doen staat. Op zowel strategisch als tactisch als operationeel niveau worden de beslissingen bekeken. Op deze niveaus worden ze uitgezet tegen de middelen, de processen en de organisatorische beslissingen. Bovendien is dit model goed in staat zich aan te passen. Mocht het nodig zijn dan kunnen beslissingen worden genomen die niet in het model staan of juist andersom.

Hassan (2002)

Op het criterium toepasbaarheid scoort het model van Hassan de volle punten. Het model beschrijft precies welke stappen moeten worden doorlopen en daarbij in welke volgorde. Dit gaat echter wel ten koste van het aanpassingsvermogen. Omdat de beslissingen een resultaat zijn van eerder genomen beslissingen kunnen er geen stappen worden weggelaten. De gelaagdheid wordt ook vrij snel duidelijk in het artikel. Het komt naar voren dat het model zowel de rol van manager als ook de rol van ontwerper vertolkt.

Bodner et al. (2002)

Zoals eerder genoemd lijkt het model van Bodner et al. bijzonder veel op het model van Govindaraj. Vandaar dat de beoordelingen hetzelfde zijn als bij Govindaraj om dezelfde reden als beschreven in dat onderdeel.

Gu (2005)

Dit model is vrij moeilijk toe te passen. Er worden een enorme hoeveelheid beslissingen genoemd maar geen duidelijke structuur in welke volgorde het moet worden aangepakt. Daarentegen door die hoeveelheid aan beslissingen is het wel een zeer compleet model. Zowel naar de handelingen die gebeuren in het magazijn als ook het ontwerp van het magazijn gekeken. Tevens zorg de hoeveelheid aan keuzes ervoor dat niet altijd alle keuzes per se hoeven worden meegenomen. Veel keuzes hebben een overlap dus kunnen er beslissingen weg worden gelaten zonder dat het resultaat daardoor wordt beïnvloedt.

Rushton et al. (2005)

Net als bij Hassans model is ook dit model zeer toepasbaar. De stappen zijn goed beschreven maar de ene beslissing is wederom een gevolg van de vorige. Vandaar weer de negatieve beoordeling op het criterium aanpassingsvermogen. Bovendien is het perspectief van Rushton et al. nogal eenzijdig. Daarom ook op dat criterium negatieve kritiek.

Baker et al. (2007)

Bij dit model zijn de stappen wederom hartstikke duidelijk en is er een duidelijk stappenplan welke beslissing na de andere komt. Aangezien het model gebaseerd is op bevindingen die zijn opgedaan zowel als de reeds bestaande modellen. Dit zorgt voor een complete kijk op het ontwerpproces. Tenslotte is het niet simpel om het model aan te passen. De stappen moeten allemaal worden doorlopen voor een goed ontwerpproces.

4.9 Conclusie

Over het ontwerpen van een magazijn is ontzettend veel literatuur te vinden. Er zijn veel verschillende alternatieven hoe zo een proces er nu daadwerkelijk uit ziet. Vaak zijn er overeenkomsten te vinden zoals het feit dat er een grote kans bestaat dat er uiteindelijk niet één optimale oplossingen maar meerdere (bijna) optimale oplossingen. Een aantal van deze alternatieven zijn belicht in dit hoofdstuk. Van deze verschillende alternatieven is uiteindelijk één model gekozen aan de hand van de drie criteria: toepasbaarheid, gelaagdheid en aanpassingsvermogen. Uiteindelijk is het model van Rouwenhorst et al gekozen. De reden hiervoor is omdat dit model het best scoort op deze drie criteria zoals te zien is in tabel 2.

5. Alternatieve oplossingen

Nu de huidige situatie, de gewenste situatie en het optimale ontwerpproces in kaart is gebracht, is het tijd om de alternatieve oplossingen te bespreken. Dit gebeurt aan de hand van het model van Rouwenhorst et al. Dat betekent dat ten eerste de strategische beslissingen worden gemaakt. Vervolgens worden de tactische beslissingen genomen. Tenslotte komen de operationele beslissingen naar voren. Aan de hand van de gemaakte keuzes worden er één of enkele adequate alternatieve oplossingen gepresenteerd.

5.1 Strategische beslissingen

Aan de hand van de huidige situatie en de gewenste situatie van VDL ETG zullen de alternatieve oplossingen worden beschreven met behulp van het model van Rouwenhorst et al. De eerste stappen die moeten worden ondernomen zijn de strategische beslissingen. De beslissingen die genomen moeten worden zijn laten zien in figuur 7. Uit deze figuur komen de volgende beslissingen naar voren:

- Bij de opslag:
 - Verschillende typen opslag?
 - Welke typen opslag?
 - Welke opslag unit?
 - Aparte 'reserve/forward area'?
- Bij de uitslag:
 - Batching?
 - Type sorteersysteem?

Ten eerste wordt er gekeken naar de 'forward/reserve area'. Eerst zal uitgelegd worden wat dit inhoudt. Als gebruik wordt gemaakt van een 'forward en reserve area' dan maak je verschil de plaats waar een klein aantal SKU ligt en gepickt wordt (forward area) en de totale opslag waar de rest van de SKU worden gepickt (reserve area). De 'forward area' wordt gebruikt voor de goederen waar veel vraag naar is en wordt bijgevuld door de 'reserve area'.

Het feit dat er bij VDL ETG veel volgens het principe 'just in time' gedaan wordt betekent dat een aparte 'forward area' overbodig is omdat dit extra tijd kost door een extra stap. De enige goederen waarvoor op dit moment een 'forward en reserve area' wordt gebruikt zijn de goederen uit de magazijnen 635-638. Deze magazijnen hebben namelijk een kleine forward area op de assemblage afdelingen staan die worden bijgevuld vanaf magazijnen 635-638. Volgens de literatuur wordt bepaald welke SKU⁷ in deze 'forward area' terecht komt door de vraag en de frequentie van bestellen van deze SKU (Kong & Masel, 2008). Echter zijn er binnen magazijn 635-638 teveel goederen om in dit onderzoek deze apart te bekijken. Hier zou een volledig onderzoek voor moeten worden uitgevoerd, vandaar dat de keuze wordt gemaakt om dit buiten de scope van dit onderzoek te laten.

Ook moet verduidelijkt worden of er verschillende opslagtypen worden gebruikt. Zoals eerder genoemd zijn er in de huidige situatie veel verschillende typen opslag. Aangezien alle soorten opslag ook in het montagemagazijn worden gebruikt is de vraag of er meerdere typen opslag worden gebruikt al snel beantwoord. De soorten opslag die zullen worden gebruikt worden nu beschreven.

⁷ Stock keeping unit

Voor het vloeroppervlak is er geen alternatieve opslagmethode. De reden dat goederen op de grond worden opgeslagen is vaak door het gewicht of de grootte waardoor ze niet hoog kunnen worden gestapeld. Vandaar dat in het montagemagazijn een gedeelte voor vloeropslag moet worden gereserveerd.

Daarnaast is het voor de grote palletstellingen al snel duidelijk dat de traditionele palletstellingen gebruikt gaan worden. Er zijn geen andere alternatieven om zulke pallets in op te slaan. Bovendien bieden deze palletstellingen de mogelijkheid om eventueel halve plaatsen te vullen wat wederom ruimte kan sparen. Een andere goederensoort waarvan de opslag al snel duidelijk is, zijn de goederen langer dan 3m. Als ze langer zijn dan 3m passen ze namelijk in geen enkel ander opslagtype behalve draagarmstellingen. Vandaar dat voor deze soort alleen de stelling een optie is.

Naast de grote pallets heeft VDL ETG ook kleine pallets. Hier wordt het al moeilijker om een keuze te maken uit een aantal alternatieven beschreven door R.J. Mantel (Mantel, 2012). Het eerste alternatief is het stapelen van de pallets. De tweede optie is het traditioneel opslaan in de palletstellingen reeds in het bezit van VDL ETG. Daarnaast is een AS/RS⁸ een mogelijkheid. Tenslotte moet het alternatief 'deep lane' palletstellingen ook worden meegenomen in de mogelijk alternatieven.

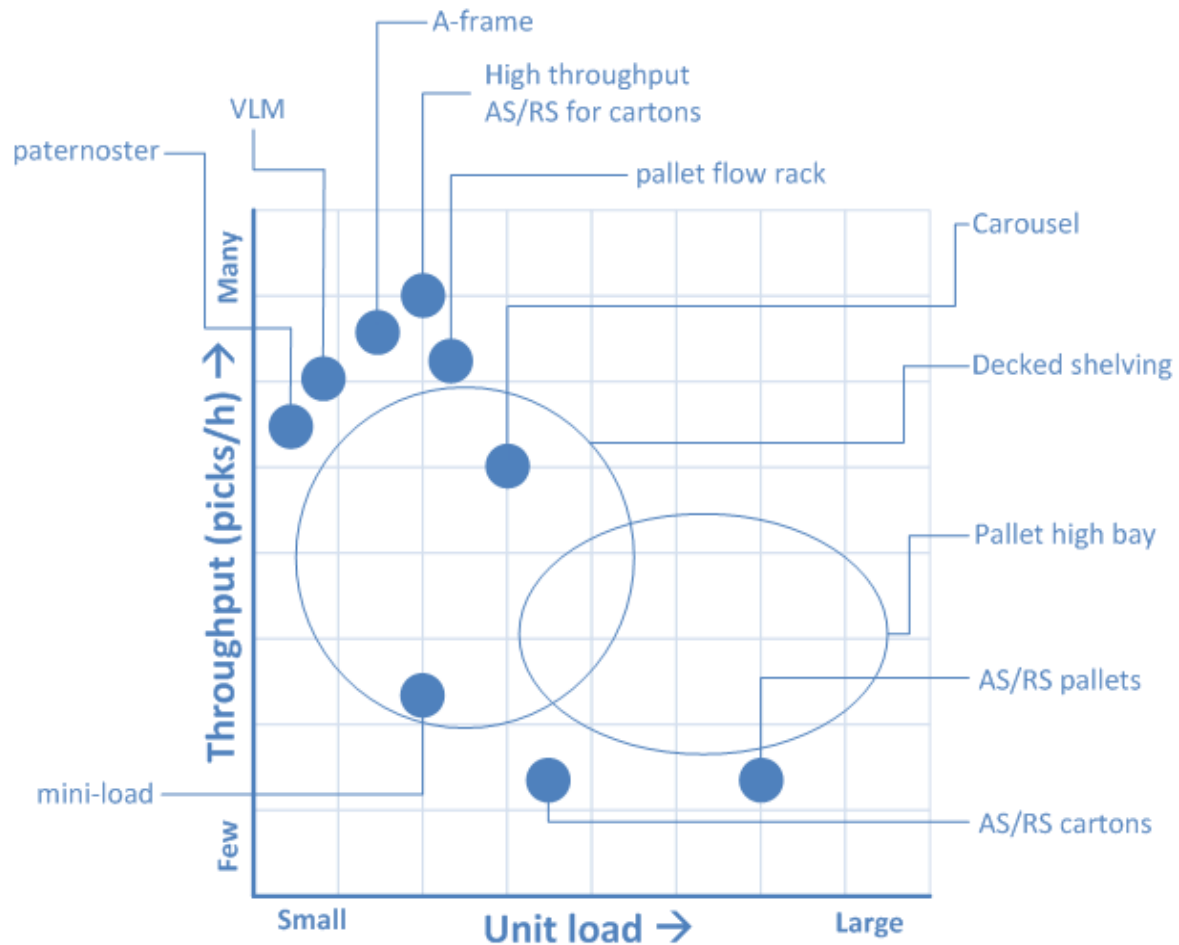
Het stapelen van de pallets kan op voorhand al worden weggestreept als alternatief. De reden voor een overgroot deel van de producten is dat de afmetingen van de producten zodanig zijn dat ze niet op elkaar gestapeld kunnen worden. Het zijn niet allemaal mooie vierkante pallets die simpelweg gestapeld kunnen worden maar juist allerlei diverse maten. De maten van de goederen maken het onmogelijk om te stapelen.

Daarnaast zijn de 'deep lane' palletstellingen ook niet geschikt voor VDL ETG. VDL ETG heeft namelijk ontzettend veel verschillende SKU's op pallets. Maar van deze verschillende SKU's is er vaak maar een zeer klein aantal aanwezig. Dit zou betekenen dat er een enorme hoeveelheid 'deep lane' stellingen zou moeten worden aangeschaft maar deze niet in de diepte kunnen worden gevuld. Zodoende is het hele effect van deze stellingen gelijk kwijt en kan dus worden gesteld dat dit geen geschikte optie is voor VDL ETG.

Tenslotte wordt snel duidelijk dat een AS/RS geen reëel alternatief is. Hét voordeel van een AS/RS is dat er een grote efficiëntie kan worden bereikt door middel van een hoge picksnelheid van het systeem. Echter is de hoeveelheid picks van pallets bij VDL ETG zeer laag. Per week worden er maximaal vijf verschillende producten gemonteerd dus zijn er zeer weinig verschillende goederen op pallets nodig per week. Dit betekent dat de investering niet opweegt tegen het, bij VDL ETG, relatief kleine voordeel van een AS/RS. Vandaar dat het alternatief met traditionele stellingen gekozen is.

Tenslotte moet er worden nagedacht over de opslag van de kleine goederen. Hiermee worden de verschillende soorten legbakken, de legbordstellingen en de draagarmstellingen korter dan 3m bedoeld.

⁸ Automated storage and retrieval system



Figuur 13. 'Equipment selection' model van Mantel

Aan de hand van het model van Mantel te zien in figuur 13 komen de mogelijkheden voor de kleine goederen naar voren. Aan de hand van de doorlooptijd en de aantal verschillende SKU's komt een aantal alternatieven naar voren namelijk:

- Miniload
- Paternoster (Vertical carrousel)
- VLM
- A-frame
- Traditionele stellingen ('Decked Shelving')
- Carrousel

Het alternatief van de carrousel kan echter gelijk weer worden verworpen. VDL ETG heeft gegeven dat er maximaal gebruik moet worden gemaakt van de hoogte van het magazijn aangezien per kubieke meter wordt betaald. Een carrousel maakt dit niet mogelijk. Ditzelfde geldt voor een A-frame. Een A-frame is een systeem dat zeer veel oppervlakte benodigd en niet in de hoogte opslaat. Bovendien vallen de goederen van een A-frame van lage hoogte naar beneden. Bij VDL ETG is een gedeelte van de goederen daar niet tegen bestand en dus absoluut niet geschikt voor een A-frame. Deze twee alternatieven worden dus gelijk weer verworpen. Daarnaast is de Paternoster ook geen geschikte optie. Een Paternoster is zeer vergelijkbaar met een VLM systeem. Aangezien VDL ETG al in het bezit is van een aantal VLM's en hiervoor dus de software en alle benodigdheden al in handen heeft is het een ondenkbare beslissing om van de VLM's af te stappen naar een soortgelijk systeem.

De overgebleven alternatieven zijn dus de miniload, VLM's en de traditionele stellingen. VDL ETG heeft echter gegeven dat het level van mechanisatie minimaal hetzelfde moet blijven. Dat betekent bij het alternatief van de traditionele stellingen de vier VLM's blijven behouden. Echter heeft VDL besloten dat de vier VLM's ongeacht welk alternatief wordt gebruikt in elk geval worden gebruikt.

Zoals de literatuur beschrijft is de kans groot dat er niet één optimale oplossing bestaat maar dat er meerdere bijna optimale oplossingen bestaan (Baker et al., 2007). Omdat de belangrijkste keuzes op strategisch niveau zitten is ervoor gekozen om drie alternatieven allemaal apart volledig uit te werken en aan de hand van het totale ontwerp een keuze te maken wat het beste alternatief is (Rouwenhorst et al., 2000). Juist omdat op dit moment een keuze niet voldoende kan worden onderbouwd worden dus de volgende drie alternatieven uitgewerkt:

- Alternatief A: Huidige VLM's + traditionele stellingen
- Alternatief B: Huidige VLM's + miniload
- Alternatief C: Huidige VLM's + additionele VLM's

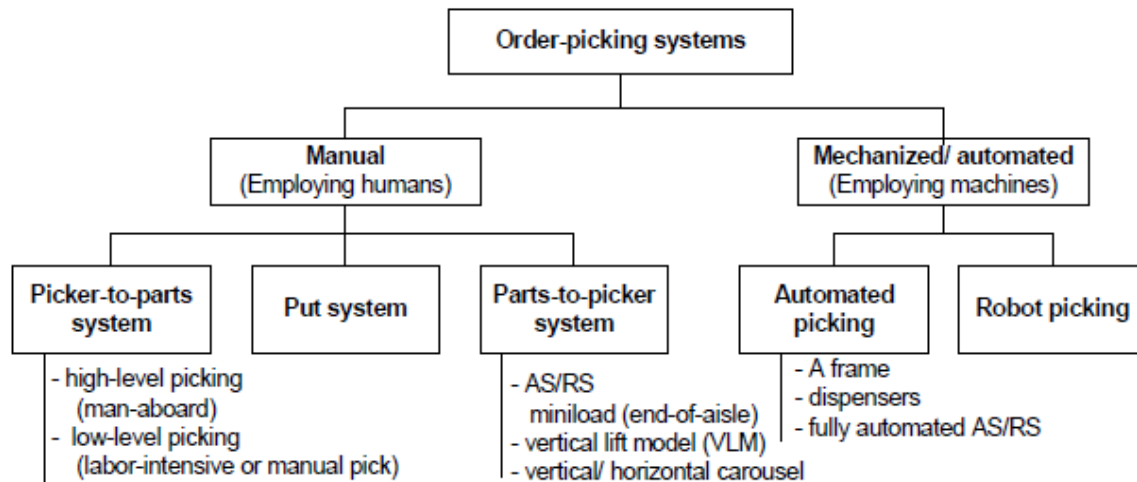
De volledig alternatieven met de verschillende opslagtypes zijn te zien in tabel 3.

<u>Alternatief A: Traditionele stellingen</u>	<u>Alternatief B: Miniload</u>	<u>Alternatief C: Additionele VLM's</u>
Vloeroppervlak	Vloeroppervlak	Vloeroppervlak
Traditionele stellingen voor grote pallets	Traditionele stellingen voor grote pallets	Traditionele stellingen voor grote pallets
Traditionele stellingen voor kleine pallets	Traditionele stellingen voor kleine pallets	Traditionele stellingen voor kleine pallets
Draagarmstellingen voor goederen langer dan 3m	Draagarmstellingen voor goederen langer dan 3m	Draagarmstellingen voor goederen langer dan 3m
Huidige VLM's	Huidige VLM's	Huidige VLM's
Traditionele stellingen voor kleine goederen	Miniload	Additionele VLM's

Tabel 3: Opslagtypes per alternatief

De daadwerkelijke hardware wordt met bovenstaande beredenering gelijk duidelijk. Dit houdt in dat draagarmstellingen, vloeroppervlak, traditionele palletstellingen voor grote en kleine pallets en vier VLM's in ieder geval worden gebruikt in het montagemagazijn. Daarnaast komen er dus eventueel nog additionele VLM's of een miniload bij. Mocht alternatief B of C worden gebruikt dan is de capaciteit van de systemen minimaal zo groot dat de goederen in legbakken, legbordstellingen en draagarmstellingen kleiner dan 3m hierin passen.

Als er wordt gekeken naar het uitslag proces van een magazijn ontkomt men niet aan het artikel van De Koster et al: 'Design and control of warehouse order picking: A literature review' (Koster, 2006).



Figuur 14. 'Order-picking systems' model van Koster

Omdat de grote onderdelen zoals vloeroppervlak, grote pallets, kleine pallets en draagarm langer dan 3m weinig gepickt worden is al snel duidelijk dat hiervoor een picker-to-parts systeem gehanteerd zal worden. De pickers zullen naar deze goederen gaan om deze op te halen. Een geautomatiseerd systeem heeft bij zo weinig picks geen zin.

Voor de kleine onderdelen geldt bij alle alternatieven dat er gedeeltelijk wordt gedaan aan parts-to-picker. Hiermee worden namelijk de vier VLM's bedoeld die worden behouden bij elk alternatief. Bij alternatief B en C zal er voor de overige kleine onderdelen ook een parts-to-picker systeem worden gebruikt. Echter wordt voor de overige kleine onderdelen bij alternatief A wederom een picker-to-parts methode worden toegepast. De pickers zijn degene die in het traditionele magazijn naar de goederen zullen toelopen.

Voor de duidelijkheid is in tabel 4 te zien welke methode wordt gehandhaafd.

Opslagsoort\uitslagmethode	Picker-to-parts	Put system	Parts-to-picker
Vloeroppervlak	X		
Grote palletstelling	X		
Europallets	X		
Draagarm >3m	X		
Draagarm <3m	X*		X**
Legbakken	X*		X**
Legbordstellingen	X*		X**

Tabel 4: 'Order-pick methode' per opslagalternatief

* Geldt voor alternatief A uitgezonderd de VLM's

** Geldt voor alternatief B en C

In het huidige alternatief wordt geen gebruik gemaakt van batch picking maar van 'discrete order picking'. Per bewerkingsstap in de montage worden alle kleine goederen die daarvoor nodig zijn in een keer gepickt. Er wordt aan 'discrete order picking' gedaan omdat er per product veel verschillende bewerkingsstappen zijn met veel verschillende onderdelen per stap. Aangezien de productie zeer lang duurt zouden onderdelen heel lang bij de montage moeten worden opgeslagen voordat deze kunnen worden gebruikt als er aan batching wordt gedaan.

Voor het montagemagazijn kan er worden gekozen uit zeven verschillende soorten 'manual picking' methoden (Tompkins, Bozer, White, & Tanchoco, 2010). Dit zijn:

1. Discrete order picking
2. Batch picking
3. Zone picking
4. Wave picking
5. Zone - batch picking
6. Zone - wave picking
7. Zone-batch-wave picking

Als objectief wordt gekeken naar de situatie van VDL ETG dan komt naar voren dat 'discrete order picking' een goede optie is. Zoals gezegd is het essentieel dat per bewerkingsstap ineens alle goederen worden gepickt ongeacht hoeveel dit er zijn. Dit brengt met zich mee doordat de order pickers het hele magazijn moeten doorlopen het misschien niet optimaal is maar door 'discrete order picking' wordt er wel zorgvuldig gepickt. Omdat één persoon de hele order pickt is de kans zeer klein dat een onderdeel wordt vergeten.

Daarnaast worden er maar zeer weinig eindproducten per week geassembleerd. Dat betekent dat je veel verschillende onderdelen nodig hebt en daarvan steeds maar een klein aantal. Daarom is 'discrete order picking' een geschikte optie.

Of 'discrete order picking' ook daadwerkelijk de meest optimale optie is voor het nieuwe magazijn is niet duidelijk. Het onderzoek dat ervoor gedaan moet worden om dat te achterhalen is te groot om binnen de gegeven tijd te realiseren dus zal dit aspect niet worden onderzocht. Met de hoeveelheid benodigde FTE voor het montagemagazijn in het achterhoofd zal dan ook de aanname worden gedaan dat deze manier van picken in het montagemagazijn gebruikt gaat worden.

Het sorteren gedurende 'discrete order picking' zal ook blijven zoals de huidige situatie is. Dit betekent dat het principe van 'sort while pick' wordt gehandhaafd. 'Sort while pick' houdt in dat terwijl de onderdelen van een bewerkingsstap worden gepickt, de onderdelen gelijk in verschillende bakken worden verdeeld zodat de monteurs precies weten welk onderdeel ze nodig hebben. Mocht bij vervolgonderzoek echter uit komen dat er een betere manier van picken bestaat naast 'discrete order picking' dan zal uiteraard ook de manier van sorteren moeten worden onderzocht.

5.2 Algemene tactische beslissingen

De te maken beslissingen op tactisch niveau zijn afgebeeld in figuur 8. Echter hoeven niet alle beslissingen die zijn afgebeeld worden gemaakt. De hoeveelheid docks hoeft namelijk bij het nieuwe montagemagazijn van VDL ETG niet meer bepaald te worden. Dit is een gegeven; er komen twee laaddocks. Het aantal docks is gebaseerd op het huidige aantal leveranciers dat bij de fabriek aankomt. Hier is nog een ruime marge genomen voor een eventuele groei. Daarnaast zal er niet worden gekeken naar de 'batch size'. Zoals bij de strategische beslissingen naar voren is gekomen wordt er niet aan batching gedaan. Vandaar dat met deze beslissing geen rekening wordt gehouden. Verder is het niet nodig om pick zones te verdelen. Op het moment dat er wordt gewerkt met 'discrete order picking' moet de degene die de order pickt het hele magazijn doorlopen totdat deze alle onderdelen bij elkaar heeft. Ook zal niet besproken worden wat voor 'peripheral equipment' nodig is. Op het moment dat een magazijn ontworpen moet worden zonder dat er van tevoren een ander magazijn heeft bestaan dan moet dit aspect worden bekeken. Echter op het moment dat er een magazijn komt dat oude magazijnen vervangt kan er vanuit worden gegaan dat het 'peripheral equipment' reeds aanwezig is. Tenslotte is het niet van belang om de 'forward en reserve area' te bekijken. Bij de strategische beslissingen is bepaald dat hier geen gebruik van gemaakt hoeft te worden dus zal hier niet verder naar gekeken worden.

Een aantal beslissingen dat moet worden genomen geldt voor alle alternatieven aangezien ze bij alle alternatieve oplossingen hetzelfde zijn. De eerste keuze is betreffende de 'storing en picking equipment'. Omdat de opslag en het picken op dezelfde manier gebeurt wordt er vanuit gegaan dat er geen aparte middelen nodig zijn voor de afzonderlijke processen. Vandaar dat deze twee zullen worden samengenomen. Voor de verschillende soorten opslag zijn er verschillende middelen benodigd te beginnen bij het vloeroppervlak. Voor het vloeroppervlak zullen de huidige heftrucks worden gebruikt. Er zijn voldoende heftrucks aanwezig om alle in - en uitslag processen goed te laten verlopen. Ditzelfde geldt voor de heftrucks die nodig zijn voor de grote palletstellingen. Deze zijn al in het bezit van VDL ETG en hier hoeven dus geen nieuwe voor worden aangeschaft. Voor de europallet stellingen geldt dit echter niet.

In het magazijn van de europallet stellingen is de gangbreedte namelijk van groot belang. Het doel is om het magazijn zo klein mogelijk te houden dus moeten de gangbreedtes ook geminimaliseerd worden. Als dan wordt gekeken welke heftrucks worden gebruikt dan moet worden meegenomen in de beslissing dat VDL ETG een contract heeft met Jungheinrich, een leverancier van onder andere heftrucks. Na onderzoek op de site van Jungheinrich, www.jungheinrich.nl, wordt al snel duidelijk dat reachtrucks de meest geschikte heftrucks zijn. Deze hebben een namelijk maar een gangbreedte van drie meter nodig.

Verder zal de opslag en het picken van de draagarmstellingen langer dan 3m handmatig gebeuren. De legbordstellingen, de legbakken en draagarmstellingen kleiner dan 3m worden in alternatief A handmatig opgeslagen en gepickt. In alternatief B en C wordt door medewerkers de goederen in de miniload of VLM's gelegd waarna deze de goederen automatisch opslaat.

Over alle opslagsoorten die niet automatisch worden gepickt (grote en kleine palletstellingen, vloeroppervlak, draagarmstellingen langer dan 3m en alle kleine goederen in alternatief A) kan gezegd worden dat er een eigen manier van opslag zal zijn. In bepaalde mate is er namelijk sprake van 'family based storage'. De goederen zullen namelijk worden opgeslagen op basis van hun bestemming. Alle goederen voor de cleanroom montage gaan zo dicht mogelijk bij de cleanroom afdeling en alle goederen voor de klassieke assemblage worden zo dicht mogelijk in de buurt van de klassieke assemblage opgeslagen.

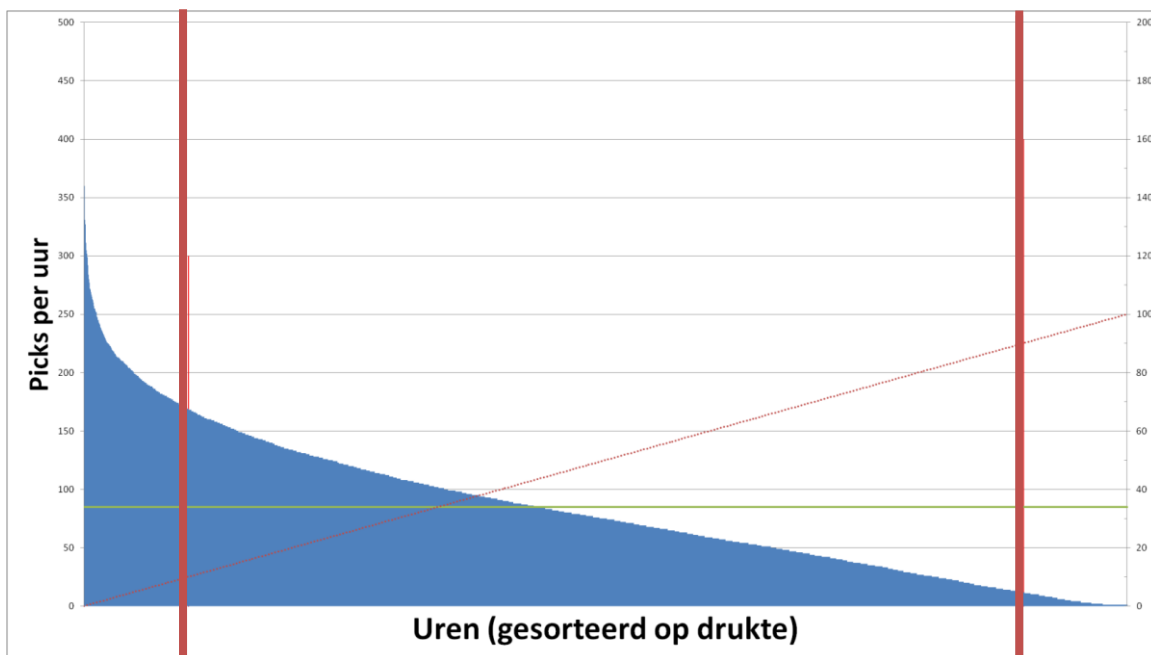
Bij het ontstaan van de lay-outs van de verschillende alternatieven is gekeken waar de grote en de kleine delen moeten worden opgeslagen. Als er wordt gekeken naar figuur 5 dan zie je boven en onder de roze transportbaan in het midden nog grote ruimtes over voor opslag. De grote delen die minder vaak benodigd zijn die worden verder van de uitgangspunten opgeslagen. Zoals te zien in figuur 5 is dit dus onder de roze transportbaan. De kleine goederen die vaak worden benodigd die moeten dus dicht bij de uitgangspunten naar de cleanroom montage en de klassieke assemblage worden opgeslagen. Dit betekent ongeacht naar welk alternatief we kijken worden de kleine onderdelen boven de roze transportbaan opgeslagen.

De overige beslissingen zullen per alternatief apart worden behandeld. Het gaat hier om benodigd personeel, de 'technical zones' en de totale lay-out per alternatief.

Uiteindelijk zal er per alternatief afzonderlijk een capaciteiten controle worden gedaan. Belangrijk is dat de aanname wordt gedaan bij alternatief A dat alles wat op dit moment in de VLM's opgeslagen is in de VLM's blijft. Bij alternatief B zal volledig herontworpen worden en zullen de lange delen in de vier VLM's geplaatst worden en zullen de kleine goederen uit de legbakken en de legbord stellingen in de miniload opgeslagen worden. Bij alternatief C zullen alle VLM's volledig nieuw worden ingericht zodat alle VLM's optimaal kunnen worden ingericht.

Over de hoogte van het magazijn moet ook verheldering worden verschaft. De hoogte waarmee gerekend wordt is de vrije werkhoogte van het magazijn. Dit houdt in als er staat een hoogte van acht meter dat het plafond op acht meter hoogte zal zijn. Zo is ook eenvoudig het aantal kubieke meter van de verschillende alternatieven te berekenen.

Ook zal kort worden uitgelegd hoe de hoeveelheid FTE per alternatief is berekend. Ten eerste is er een inschatting van het aantal picks per uur in de huidige situatie gemaakt aan de hand van data. Dit is zowel voor de inslag als voor de uitslag gebeurd. Zoals in figuur 15 is de drukste en de rustigste 10% buiten beschouwing gelaten. Vervolgens is er een reële schatting gemaakt wat de picksnelheid zal zijn van de verschillende alternatieven. Zodoende is er berekend wat het aantal FTE zal zijn dat benodigd is voor de kleine goederen.



Figuur 15. Aantal picks per uur in de huidige situatie

Tenslotte moet worden uitgelegd hoe de afmetingen tot stand zijn gekomen. Zoals eerder genoemd zijn de maximale afmetingen bekend. Dit is 67,5x51 met onbekende hoogte. Aangezien het aantal kubieke meter geminimaliseerd moet worden moet de beslissing worden gemaakt of je in de lengte, de breedte of de hoogte wilt minimaliseren. Om een inschatting te maken wordt de aanname gedaan dat het magazijn 12 meter hoog wordt. Het totaal aantal kubieke meter is dan $67,5 \times 51 \times 12$ en dat is 41310m^3 . Stel dat het magazijn één meter lager zou worden, dan zou het aantal kubieke meter nog maar 37867.5m^3 zijn. Mocht het magazijn één meter smaller worden is het aantal kubieke meter 40500m^3 . Bij een vermindering van één meter lengte is de inhoud 40698m^3 . Uit deze berekeningen blijkt al snel dat de inhoud het meest vermindert bij een verlaging van één meter van het magazijn. Dit houdt in dat het magazijn het best zo laag mogelijk kan worden gehouden en de afmetingen van 67.5x51 blijven behouden.

5.3 Tactische beslissingen alternatief A

Ten eerste wordt in kaart gebracht wat voor technische zones zullen worden geplaatst. De tochtsluis is daar een belangrijk voorbeeld van. Via de tochtsluis gaan de goederen vanaf de laaddocks door naar de uitpakafdeling. Daarnaast is een keurafdeling benodigd in het montagemagazijn voor de controle van binnenkomende goederen. Bovendien komt er een overkapping zowel aan de kant van het magazijn die naar de klassieke montage wijst als ook boven de goederenontvangst van de zijladers. De overkapping aan de zijkant van het magazijn zorgt voor een droge bevordering van de goederen van het magazijn naar de klassieke montage in de Huzinkhallen. De andere overkapping maakt het droog lossen van goederen via de zijlader van de vrachtwagens mogelijk. Verder is ervoor gekozen om rondom het magazijn een transportbaan te maken. Dit om de bevordering van alle goederen zo simpel mogelijk te maken. Tenslotte zal er in het montagemagazijn gebruik worden gemaakt van een rollenbaan. Deze zorgt voor de bevordering van goederen van de buitenmuur naar de keurafdeling. Bovendien is er een rollenbaan van de afdeling parts ook naar de keurafdeling. Deze zones zijn te zien in de figuur 5 in het hoofdstuk 'randvoorwaarden'.

In de analyse is een aantal variabele parameters opgesteld te zien in figuur 16. Voor de palletstellingen is dit de hoogte palletstellingen is dit de hoogte van het magazijn. Voor de bakken is de parameter het aantal lagen dat op elkaar kan worden gestapeld. Uiteindelijk komt uit de analyse naar voren hoeveel opslag er per opslagtype nodig per opslagtype nodig is. Dit is te zien in Figuur 16. *Benodigde opslagcapaciteit voor alternatief A*

6.

Hoogte magazijn europallets:	8 m		
Lagen kleine bakken	16		
Lagen grote bakken	10		
Lagen VDL bakken	8		
Lagen legbord	8		
Opslagmethode	Eenheid	Capaciteit benodigd huidig	Capaciteit benodigd met groei
Palletmagazijn 50cm	meter stelling	41	57
Palletmagazijn >50cm	meter stelling	61	81
Vloeroppervlak	m ²	125	166
Diepe palletstelling	meter stelling	44	58
Draagarm kort	stellingen	8	12
Draagarm lang	stellingen	3	4
Legbordstelling	meter stelling	41	55
Bakkenmagazijn			
- klein (10x30x8 & 20x30x8)	meter stelling	10	20
- groot (15x50x14 & 30x50x14)	meter stelling	252	341
- VDL (35x53x17)	meter stelling	14	28
Bestaande Kardex VLM's	kasten	4	4

Figuur 16. *Benodigde opslagcapaciteit voor alternatief A*

Dit figuur behoeft enige uitleg. Voor de europallets is er vanuit gegaan dat bij een breedte en een hoogte van één meter er:

- twee pallets tot 50cm hoogte of
- één pallet hoger dan 50cm

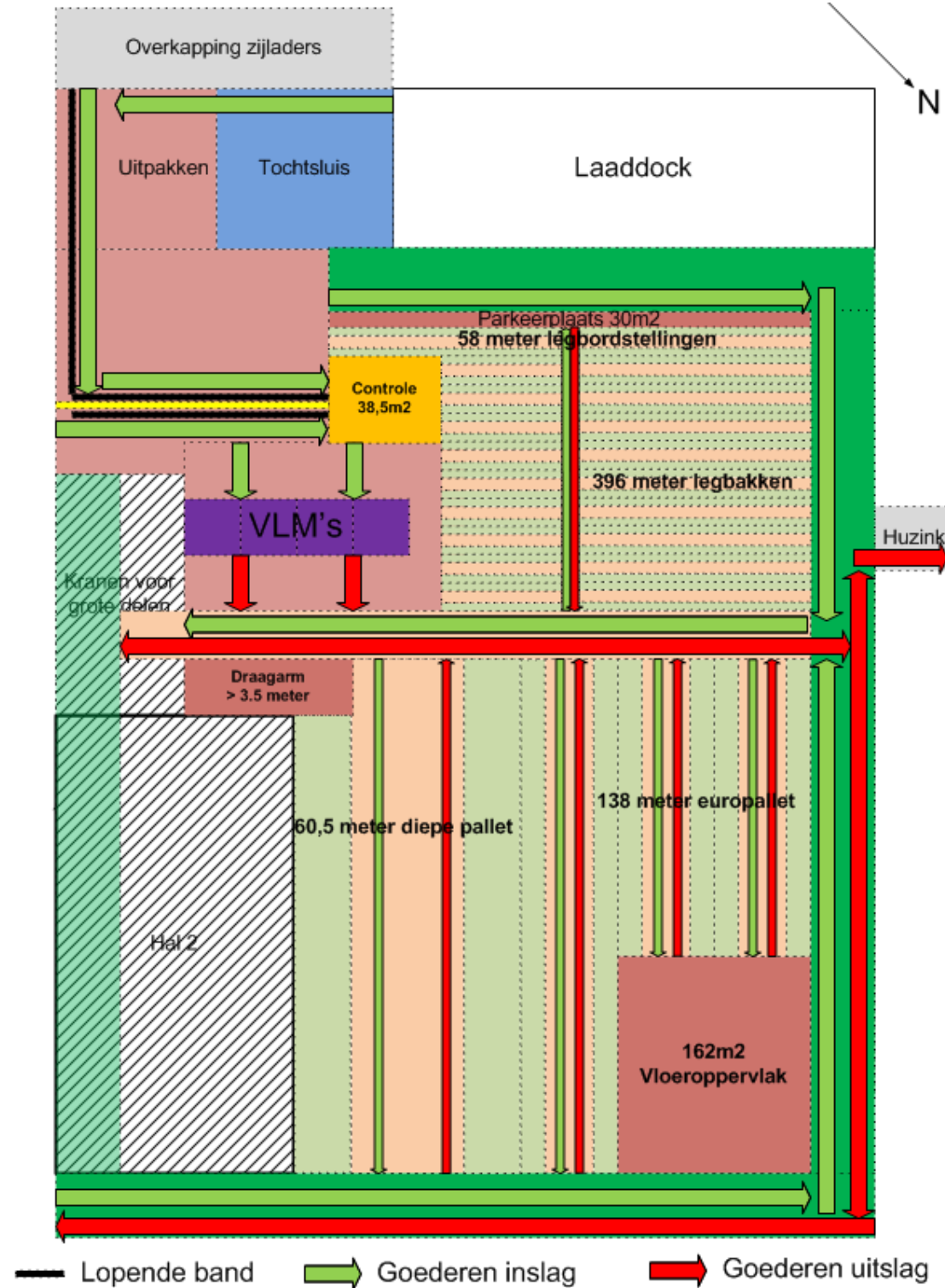
kunnen worden opgeslagen.

Voor de diepe palletstellingen is er vanuit gegaan dat er bij een vloeroppervlak van 9 m² (3x3) er in de hoogte maximaal vijf pallets kunnen worden opgestapeld. In verband met het gewicht van de goederen kunnen deze niet hoger worden gestapeld. Dit is gebaseerd op observaties in het huidige

magazijn. Aangezien de europallet stellingen hoger zullen worden opgeslagen zijn de diepe palletstellingen niet de bottleneck voor de hoogte.

Bij de bakken is hetzelfde principe toegepast. Voor een breedte van één meter is er gekeken hoeveel bakken passen op één legger. Logischerwijze passen twee keer zo brede bakken er twee keer zo weinig in. Deze zijn vervolgens vermenigvuldigt keer het aantal lagen dat per bak mogelijk is. Ook dit is gebaseerd op observaties zodat het absoluut zeker was dat de stellingen niet te hoog zouden worden. Tenslotte zijn de goederen in de VLM's zo gelaten vanwege het feit dat deze goed zijn ingedeeld. Het moment dat de VLM's namelijk zijn aangeschaft is door meerdere werknemers zorgvuldig onderzocht hoe deze moeten worden ingedeeld.

Vervolgens wordt er een ontwerp gemaakt zodat alle goederen met een groei van 33% inbegrepen kunnen worden opgeslagen. In figuur 17 is dit ontwerp te zien met de bijbehorende capaciteiten controle in figuur 18.



Figuur 17. Lay-out voor alternatief A

Opslagmethode	Eenheid	Capaciteit benodigd met groei	Voldoende capaciteit?
Palletmagazijn 50cm	meter stelling	57	65
Palletmagazijn >50cm	meter stelling	81	92
Vloeroppervlak	m2	166	150
Diepe palletstelling	meter stelling	58	60,5
Draagarm kort	stellingen	12	14
Draagarm lang	stellingen	4	6
Legbordstelling	meter stelling	55	58
Bakkenmagazijn			
- klein (10x30x8 & 20x30x8)	meter stelling	20	22
- groot (15x50x14 & 30x50x14)	meter stelling	341	344
- VDL (35x53x17)	meter stelling	28	30
Bestaande Kardex VLM's	kasten	4	4

Figuur 18. Capaciteiten controle alternatief A

Tenslotte moet worden bekeken hoeveel FTE er nodig zullen zijn als dit alternatief wordt gebruikt. In Appendix E is te zien wat het huidige gemiddelde benodigd aantal picks per uur is. Voor de inslag is dit 95 picks per uur, voor de uitslag gemiddeld 285 picks per uur. Het verwachte aantal picks per uur dat van alternatief A met de traditionele stellingen wordt verwacht is 60 picks per uur. Dit betekent dat voor de inslag 1.5 FTE nodig zal zijn en 5 FTE voor de uitslag. In totaal komt dat neer op 6.5 FTE.

5.4 Tactische beslissingen alternatief B

Alternatief B lijkt qua een aantal aspecten zeer veel op alternatief A. Onder andere de technische zones kunnen één op één worden overgenomen van alternatief A. Het gaat dus om de tochtsluis, de laaddocks, de uitpakafdeling, de keurafdeling, de twee overkappingen en de rollenbaan. Bovendien zal bij alternatief B wederom een transportbaan rondom het magazijn lopen. Daarnaast zullen de goederen van de draagarmstellingen kleiner dan 3m en de legbordstellingen van één meter lang (20x50x20) in de VLM's worden opgeslagen. Hiervoor is ruim voldoende plaats. Zojuist genoemde delen zullen dan ook niet worden mee genomen in de berekening van de hoeveelheid benodigde bakken van de miniload. De kleine delen (legbakken) zullen bij alternatief B worden opgeslagen in de miniload. De berekening van de miniload is op een andere manier gedaan dan bij alternatief A.

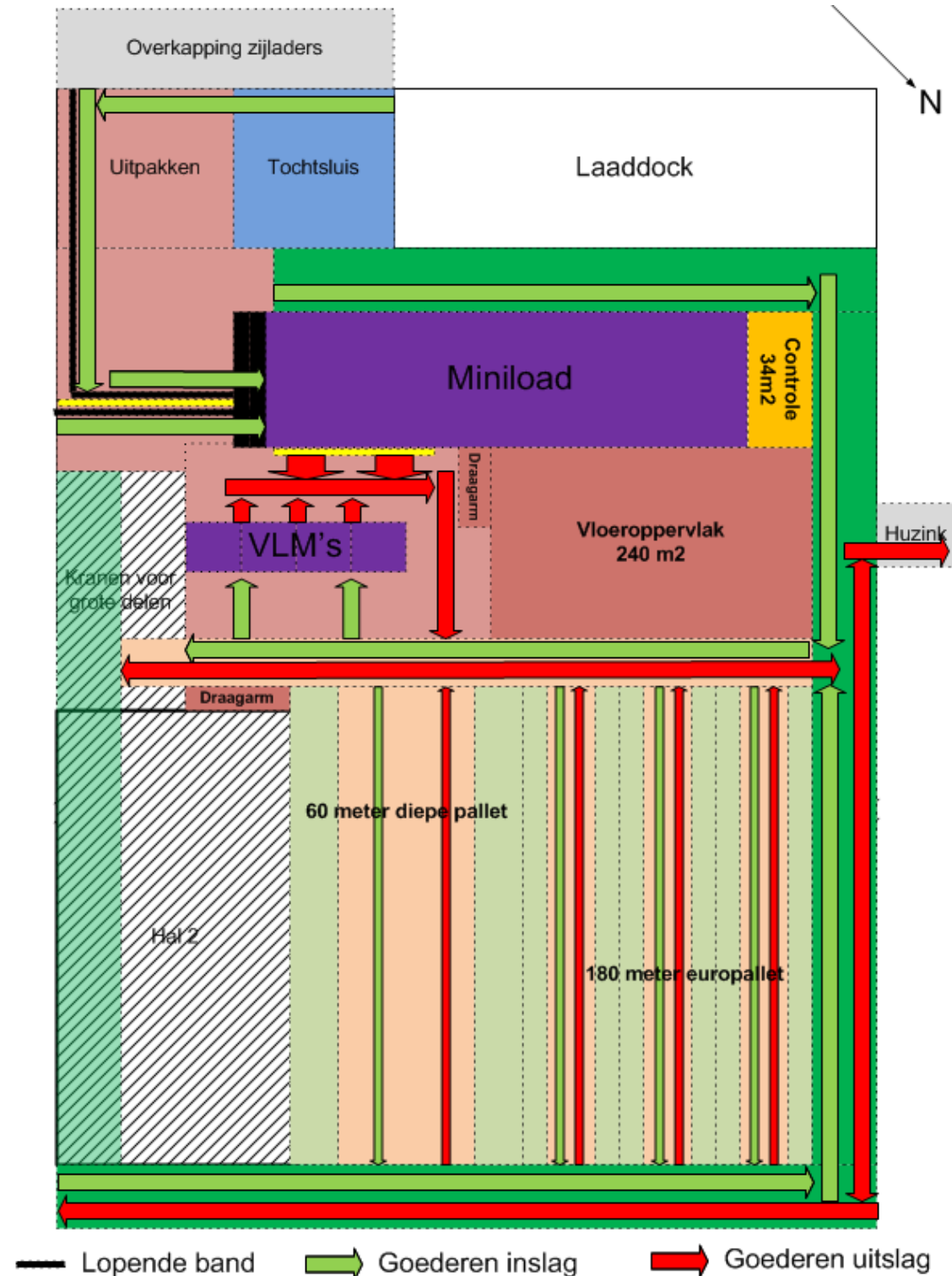
Bij alternatief A speelt namelijk een zeer belangrijke rol dat VDL ETG de bakken waarin de goederen geclassificeerd zijn al in bezit heeft. Daarom kon heel simpel een analyse worden gedaan aan de hand van de huidige situatie. Echter zijn de maten van de bakken van de miniload anders dan de maten van de huidige bakken. Dus moet worden gekeken in wat voor miniload bakken de goederen van de huidige bakken passen. Natuurlijk kunnen niet alle goederen in de huidige bakken enkel worden langs gelopen om te kijken wat de afmetingen zijn dus is een objectieve steekproef gedaan per magazijn en per baksoort om de verhouding te bepalen. Deze verhouding geeft aan welk percentage van de huidige goederen in welk soort miniload bak geplaatst kan worden. Aan de hand van deze steekproef is de uiteindelijke hoeveelheid bakken bepaald die de miniload minimaal moet bevatten. Dit is te zien in figuur 19.

De locatiefactor die wordt meegenomen is de hoeveelheid verschillende bakken waarin dezelfde SKU's zijn opgeslagen. Op het moment dat er namelijk goederen arriveren worden ze niet automatisch door de miniload in de bak met dezelfde SKU's gelegd. Als locatiefactor is gekozen voor twee. VDL ETG gaat er vanuit dat een SKU dus gemiddeld op twee locaties in de miniload terecht komt.

Hoogte magazijn europallets: 7 m		Capaciteit benodigd huidig	Capaciteit benodigd met groei
Opslagmethode	Eenheid		
Palletmagazijn 50cm	meter stelling	47	65
Palletmagazijn > 50cm	meter stelling	35	92
Vloeroppervlak	m2	125	166
Diepe palletstelling	meter stelling	44	58
Draagarm lang	stellingen	3	4
Bestaande Kardex VLM's	kasten	4	4
Miniload			
- bak met 8 vakken	bakken	1708	2272
- bak met 4 vakken	bakken	931	1238
- bak met 2 vakken	bakken	775	1031
- bak met 1 vak	bakken	866	1152
		4280	5693
		Met locatiefactor	Met locatiefactor
		8560	11386

Figuur 19. Hoeveelheid benodigde Miniload bakken bij alternatief B

In totaal zijn er dus meer dan 11000 bakken nodig in de miniload bij alternatief B. Aan de hand van deze hoeveelheid bakken kan de grootte van de miniload worden bepaald en daarmee kan er een ontwerp worden gemaakt voor alternatief B. Belangrijk hierbij te vermelden is het feit dat VDL ETG al eens een offerte heeft aangevraagd voor een miniload. Deze offerte geldt voor een miniload van een hoogte van 12 meter. Een miniload met de afmetingen 30x8.5x12 heeft een capaciteit van 12000 bakken. Om de grootte van dit onderzoek niet te ver uit te breiden is ervoor gekozen om deze offerte te gebruiken en deze te gebruiken voor het ontwerp van alternatief B. Dit ontwerp is te zien in figuur 20.



Figuur 20. Lay-out van alternatief B

Opslagmethode	Eenheid	Capaciteit benodigd met groei	Voldoende capaciteit?
Palletmagazijn 50cm	meter stelling	65	80
Palletmagazijn > 50cm	meter stelling	92	100
Vloeroppervlak	m2	166	240
Diepe palletstelling	meter stelling	58	60
Draagarm lang	stellingen	4	4
Bestaande Kardex VLM's	kasten	4	4
Miniload			
- bak met 8 vakken	bakken	2272	
- bak met 4 vakken	bakken	1238	
- bak met 2 vakken	bakken	1031	
- bak met 1 vak	bakken	1152	
		5693	
		Met locatiefactor	
		11386	12000

Figuur 21. Capaciteiten controle alternatief B

Hetzelfde aantal huidig picks per uur wordt ook voor de berekening van alternatief B aangehouden. Dit houdt in dat er bij de inslag 95 picks per uur worden gedaan terwijl dit voor de uitslag 285 picks per uur betekenen. In tegenstelling tot alternatief A worden er bij alternatief B 160 picks per uur verwacht in de nieuwe situatie. Bovendien hoeft er bij de miniload geen FTE te worden gerekend voor de inslag. Doordat de goederen na het uitpakken gelijk in miniload bakken worden gelegd en vervolgens via de lopende band in de minilaod worden opgeslagen zijn er geen additionele FTE nodig voor de inslag. Bij de uitslag betekent dit dat er in totaal 2 FTE wordt benodigd. Dit komt neer op een totaal van 2 FTE. Ten opzichte van alternatief A betekent dit een reductie van 4.5 FTE.

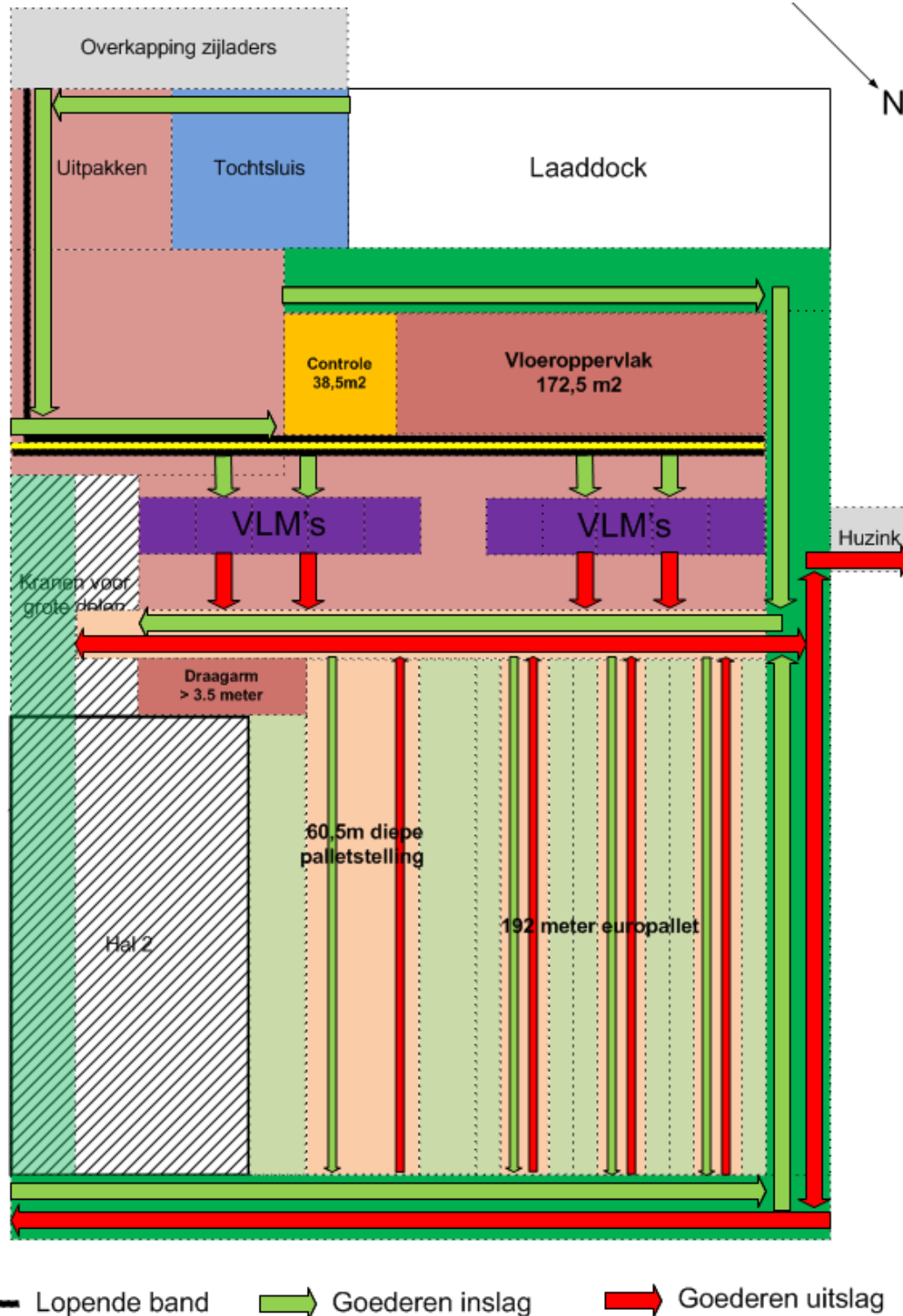
5.5 Tactische beslissingen alternatief C

Ook voor alternatief C zijn er veel aspecten hetzelfde als bij alternatief A. Net als bij alternatief B kunnen ook de technische zones worden gekopieerd. De tochtsluis, de laaddocks, de uitpakafdeling, de keurafdeling, de transportbaan en de overkappingen zullen ook in het ontwerp van alternatief C terugkomen. Net zoals alternatief B zal ook alternatief C vloeroppervlak, grote palletstellingen, kleine palletstellingen en lange draagarmstellingen bevatten. Voor de berekening van de capaciteit van de additionele VLM's is voortgebouwd op de analyse gedaan voor alternatief B. Doordat daar al gekeken is naar de verhouding van verschillende goederensoorten en of deze in kleinere opslagsoorten kunnen, kan er vanuit worden gedaan dat deze data hergebruikt kan worden. Aan de hand van deze data is de definitieve berekening gedaan om erachter te komen hoeveel VLM's er uiteindelijk nodig zijn. In onderstaand figuur zie je de uitkomst van de berekening van het aantal plateaus.

Hoogte magazijn europallets:		6 m	
Opslagmethode	Eenheid	Capaciteit benodigd huidig	Capaciteit benodigd met groei
Palletmagazijn 50cm	meter stelling	54	76
Palletmagazijn > 50cm	meter stelling	41	107
Vloeroppervlak	m2	125	166
Diepe palletstelling	meter stelling	44	58
Draagarm lang	stellingen	3	4
Kardex VLM's			
- plateau 20 cm	plateaus	446	594
		446	594

Figuur 22. Hoeveelheid benodigde VLM plateaus bij alternatief C

Zoals te zien in figuur 22 is de benodigde capaciteit met groei ingerekend 594 plateaus. Uit de specificaties van de huidige Kardex VLM systemen wordt duidelijk dat een Kardex bij een werkhoogte van zes meter er minimaal 65 plateaus gehaald kunnen worden. Dit betekent dat er in totaal 10 VLM's moeten komen te staan. Aangezien er al vier VLM's aanwezig zijn betekent dit dat er zes additionele VLM's bij moeten komen. Het ontwerp van dit alternatief is te zien in figuur 23.



Figuur 23. Lay-out van alternatief C

Opslagmethode	Eenheid	Capaciteit benodigd met groei	Voldoende capaciteit?
Palletmagazijn 50cm	meter stelling	76	80
Palletmagazijn > 50cm	meter stelling	107	112
Vloeroppervlak	m2	166	172,5
Diepe palletstelling	meter stelling	58	60,5
Draagarm lang	stellingen	4	4
Kardex VLM's			
- plateau 20 cm	plateaus	594	
		594	650

Figuur 24. Capaciteiten controle alternatief C

Bij alternatief C met de additionele VLM's geldt wederom hetzelfde; een gemiddelde inslag van 95 picks per uur en een gemiddelde uitslag van 285 picks per uur in de huidige situatie. Echter geldt voor alternatief C dat de verwachte picksnelheid 70 picks per uur bedraagt. Dit resulteert in 1.5 FTE voor de inslag en 4 FTE voor de uitslag. In verhouding met alternatief A, de traditionele stellingen, bedraagt dit een reductie van 1 FTE.

5.6 Operationele beslissingen

De operationele beslissingen zullen in dit onderzoek niet worden onderzocht. Dit valt buiten de scope van dit onderzoek vanwege het doel van dit onderzoek. Het onderzoek is gebaseerd om het montagemagazijn van VDL ETG te ontwerpen. Daarbij is het voor VDL ETG op dit moment van belang dat de strategische en tactische beslissingen worden gemaakt. Vooral omdat de kans aanwezig is dat het nog enige tijd duurt voordat de magazijnen daadwerkelijk zijn gebouwd. Op het moment dat de fysieke locatie van het montagemagazijn af is, dan kan worden verdiept in hoe de operationele beslissingen worden gemaakt. Dus hoe bijvoorbeeld de daadwerkelijke taakverdeling en dergelijke zullen gebeuren. Dit is dan ook een uitgelezen mogelijkheid voor vervolgonderzoek op een tijdstip in de toekomst.

5.7 Conclusie

In afgelopen hoofdstuk zijn de stappen van het ontwerpproces van het model van Rouwenhorst et al. doorlopen, te beginnen bij de strategische beslissingen. Grotendeels kunnen veel beslissingen gezamenlijk worden gemaakt maar bij de keuze van de graad van mechanisering komt al snel naar voren dat er meerdere reële opties bestaan. Zodoende worden er vanaf dit punt drie alternatieven uitgewerkt. Van deze drie alternatieven zijn vervolgens eerst de algemene tactische beslissingen gemaakt en daarna de overige tactische beslissingen per alternatief bekeken. Hieruit vloeien drie verschillende lay-outs voort met bijbehorende capaciteiten check. Deze drie hebben de volgende soorten opslag gemeen:

- Vloeroppervlak
- Traditionele stellingen voor grote pallets
- Traditionele stellingen voor kleine pallets
- Draagarmstellingen voor goederen langer dan 3m
- Huidige VLM's

De alternatieven verschillen in de soort opslag voor de kleine goederen. Alternatief A bestaat uit traditionele stellingen, alternatief B bestaat uit een miniload en alternatief C bestaat uit additionele VLM's.

Tenslotte is de keuze gemaakt dat de operationele beslissingen niet worden meegenomen. De reden hiervoor is ten eerste omdat dit nog niet relevant is voor het onderzoek. Het magazijn moet nog gebouwd worden. Pas op het moment dat het gebouw daadwerkelijk staat kan er gekeken worden naar de daadwerkelijke indeling van de goederen, het personeel etc. Tot die tijd beperkt dit onderzoek zich tot de strategische en de tactische beslissingen. Ten tweede zou dit het onderzoek te ver rekken. Vandaar dat de aanbeveling gedaan wordt dit neer te leggen bij een toekomstig onderzoek.

6. AHP analyse

De AHP analyse is een model ontwikkeld door Thomas L. Saaty in 1970 en is een analytisch hiërarchisch proces. Dit beslissingsmodel ondersteunt ons in het maken van complexe beslissingen.

Het proces bestaat uit het identificeren van:

- het doel & de alternatieven
- de criteria
- de gewichten van de criteria

Deze worden hiërarchisch geordend. Vervolgens wordt een paarsgewijze vergelijking uitgevoerd tussen alle belangrijke elementen op elk niveau van de hiërarchie. Zodoende worden eerst de criteria met elkaar vergeleken om de gewichten te bepalen. Ditzelfde geldt voor eventuele subcriteria. Vervolgens worden de alternatieven geschaald aan de (sub)criteria. Uiteindelijk wordt op basis van de vergelijkingen een conclusie getrokken met betrekking tot het meest geschikte alternatief.

Nadat de stappen zijn doorlopen moeten de gegevens geverifieerd worden. Er moet worden bepaald of de beoordelaar logische beslissingen heeft gemaakt. Dit gebeurt middels de consistentie ratio. Deze ratio moet onder de 10% liggen om een consistent onderzoek te hebben uitgevoerd.

In dit hoofdstuk zal er onderscheid worden gemaakt tussen twee soorten criteria. De baten van de magazijnen en de kosten van de magazijnen. De baten zijn alle criteria op de financiële criteria na. Deze financiële criteria worden namelijk gezien als de kosten. Er zullen twee verschillende AHP analyses worden gedaan en uiteindelijk zullen de resultaten van beide met elkaar worden vergeleken en zal er een meest adequate ontwerp worden gekozen.

De belangrijke voordelen van de AHP ten opzichte van andere multi - criteria analyses is dat met behulp van AHP zeer complexe problemen kunnen worden opgelost. Tot maar liefst zeven criteria met meerdere subcriteria en eventuele sub - subcriteria kunnen worden mee genomen in deze beslissingsmethode. Bovendien kan bij dit probleem zowel kwantitatieve data als kwalitatieve data worden meegenomen. De data die niet gekwantificeerd kan worden die wordt geschaald en door middel daarvan worden er gewichten toegekend aan deze criteria. Zo kunnen ook deze criteria met elkaar worden vergeleken. Tenslotte is AHP een bijzonder goede manier om beslissingen te nemen omdat er één op één vergelijkingen worden gemaakt tussen alle elementen. In figuur 25 is te zien hoe het proces eruit ziet (Omey, 2006).

I. HET DOEL

Leg vast (alléén of met een team) welk concreet doel je nastreeft en uit welke alternatieven je zal kiezen.

II. OPSTELLEN VAN CRITERIA

IIa) Stel een lijst van criteria op. Gebruik hiervoor zo nodig een brainstorm-sessie. Op basis van consensus worden enkel voor het doel relevante criteria opgenomen.

IIb) Orden de criteria en maak een onderscheid tussen hoofdcriteria, sub-criteria en sub-sub-criteria.

III. HIERARCHIE

Plaats de criteria in een overzichtelijke, hiërarchische boomstructuur, met bovenaan het doel, daaronder de criteria, en per criterium de sub-criteria, enz. Onderaan de boomstructuur worden per sub-sub-...-criterium de verschillende alternatieven geplaatst.

IV. GEWICHTEN BEPALEN

Per sub-sub-...-criterium worden gewichten toegekend aan de alternatieven, en per niveau worden gewichten toegekend aan de verschillende sub-criteria en criteria.

V. BESLUIT

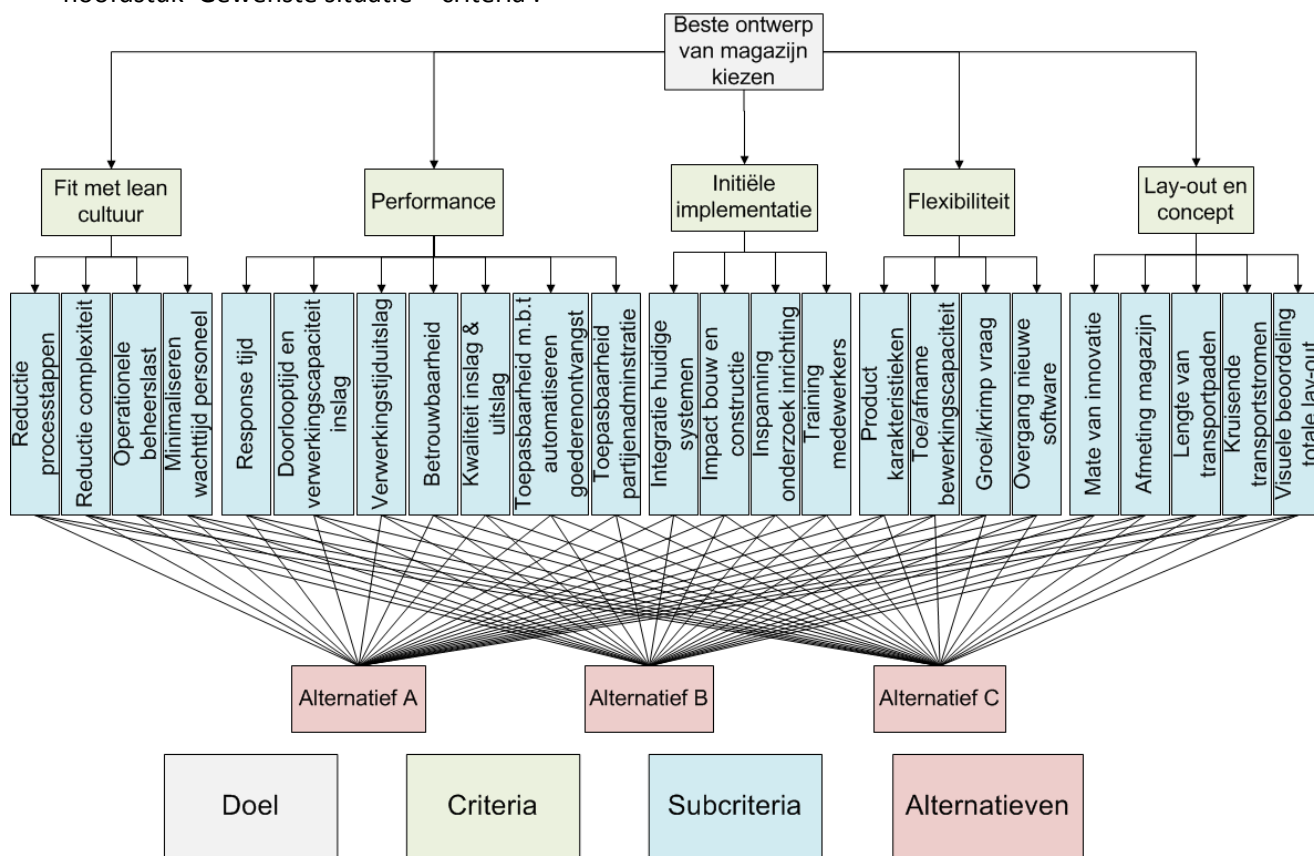
Voor elk alternatief wordt het uiteindelijk gewicht bepaald en kan men de verschillende alternatieven volgens prioriteit rangschikken.

Figuur 25. Aanpak AHP analyse

6.1 AHP analyse van de totale kwaliteit

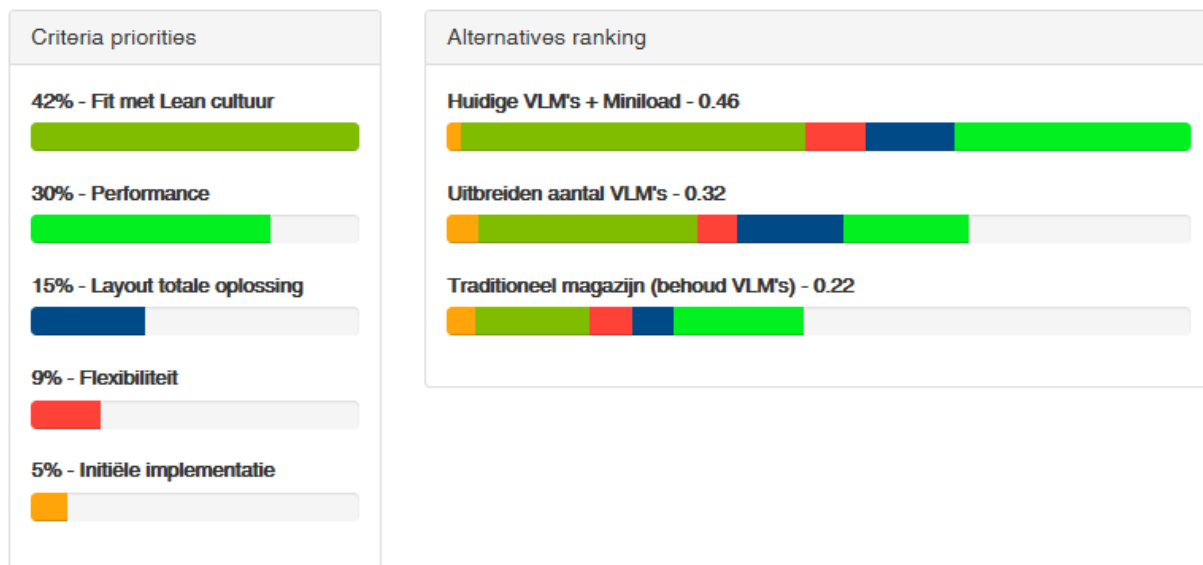
Voor het onderzoek met betrekking tot de totale kwaliteit wordt bovenstaande volgorde aangehouden. Ten eerste moet het doel worden bepaald van de analyse. In dit onderzoek is het antwoord daarop heel simpel: De keuze van het beste ontwerp van het montagemagazijn op basis van de totale kwaliteit. VDL ETG stelt de vraag hoe het nieuwe magazijn het meest optimaal kan worden ingericht. Uit het onderzoek komen drie ontwerpen naar voren en uit deze alternatieven moet de keuze worden gemaakt welk ontwerp optimaal is, in dit geval op basis van de totale kwaliteit.

Vervolgens moeten de criteria worden bepaald waarop de analyse gebaseerd is. De criteria die zijn gekozen zijn al bepaald door het management van VDL ETG. Deze zijn eerder verduidelijkt in het hoofdstuk 'Gewenste situatie – criteria'.



Figuur 26. Boomstructuur AHP analyse van de totale kwaliteit

De AHP analyse die is uitgevoerd is gebeurd op de site www.transparentchoice.com. Dit is een website waar je de gegevens invult en waar de resultaten vervolgens worden berekend. De gewichten zijn toegekend in samenwerking met de twee begeleiders; Herman Wind & Erik Kneppers. De onderlinge gewichten van de criteria en de subcriteria zijn weergegeven in Appendix F. Het uiteindelijke resultaat van de analyse staat in figuur 27 weergegeven. Hieruit blijkt dat alternatief B het beste resultaat boekt met een score 0.46. Vervolgens komt alternatief C met een score van 0.32. Het slechtste scoort alternatief A met een score van 0.22.



Figuur 27. Resultaten AHP analyse van de totale kwaliteit

Kort samengevat zijn de resultaten weergegeven in onderstaande tabel.

Resultaat	Alternatief	Score
1.	Alternatief B	0.46
2.	Alternatief C	0.32
3.	Alternatief A	0.22

Tabel 5: Resultaten AHP analyse van de totale kwaliteit

6.2 Investeringsanalyse

De financiële analyse is gebaseerd op initiële investering, de hoeveelheid personeel gebaseerd op de huidige situatie en de inhoud van het magazijn. Onder de initiële kosten vallen alleen de kosten voor de additionele VLM's of de miniload. Dit heeft twee redenen. Ten eerste zijn veel van de overige opslagmethoden reeds in het bezit van VDL ETG. Deze hoeven dus niet allemaal nieuw worden aangeschaft. Ten tweede zijn de dingen die wel nieuw moeten worden aangeschaft zoals de reachtruck in alle drie de alternatieven benodigd. Dit zal dus niet doorslaggevend zijn voor één van de drie alternatieven.

Alternatief A wordt gebruikt als uitgangspunt omdat deze geen initiële investering heeft, het grootst aantal FTE benodigd en bovendien de grootste inhoud heeft van alle alternatieven. Op basis daarvan geldt de initiële investering in vergelijking met alternatief A als negatieve waarde bij alternatief B & C. Daarentegen besparen alternatief B & C op:

- het aantal FTE
- de inhoud van het montagemagazijn

Op basis van deze waarden zullen voor alle alternatieven de terugverdientijd, de netto contante waarde (NCW) na 5 en na 10 jaar en het rendement (internal rate of return) na 5 en na 10 jaar worden berekend.

Voor de besparing in de bouwkosten is gekeken naar de inhoud van de verschillende alternatieven met alternatief A als uitgangspunt. Om daarmee vervolgens de kostenbesparing voor de inhoud te berekenen moet worden bekeken wat de bouwkosten zijn per kubieke meter. In figuur 28 wordt duidelijk dat de meest recente gegevens beschikbaar een bedrag van €30,- per kubieke meter zijn. Zoals gezegd zal VDL ETG 10% van de initiële bouwkosten per jaar aan de VDL groep aan huur moeten betalen. Het aantal kubieke meter dat alternatief B en C kleiner zijn dan A bespaart wederom geld, namelijk €3,- per kubieke meter. De bron van onderstaande afbeelding is <http://www.casadata.nl/Default.aspx?wtId=5930>

Kwartaal	Aantal gebouwen met bouwvergunning	Gemiddeld aantal m3 inhoud (bi)	Gemiddeld aantal m2 vloeroppervlak (bvo)	Gemiddelde bouwkosten in euro per m3 inhoud	Gemiddelde bouwkosten in euro per m2 bvo	Bouwkosten per m3 in % t.o.v. vorig kwartaal	Bouwkosten per m2 bvo in % t.o.v. vorig kwartaal
4e kwartaal 2012	110	33.555	3.845	30	262	93,8	120,7
3e kwartaal 2012	113	17.177	2.531	32	217	133,3	92,3
2e kwartaal 2012	129	32.868	3.403	24	235	70,6	88,0
1e kwartaal 2012	105	32.038	4.133	34	267	121,4	110,3
4e kwartaal 2011	152	24.980	2.934	28	242	82,4	88,3
3e kwartaal 2011	130	16.469	2.023	34	274	100,0	107,0
2e kwartaal 2011	139	24.446	3.230	34	256	103,0	86,8
1e kwartaal 2011	102	27.745	3.127	33	295	100,0	103,9

Figuur 28. Bouwkosten

In onderstaande tabel zijn de totale besparingen per alternatief per jaar te zien

	<u>Alternatief A:</u> <u>Traditionele stellingen</u>	<u>Alternatief B:</u> <u>Miniload</u>	<u>Alternatief C:</u> <u>Additionele VLM's</u>
Inhoud	27540m ³	25117,50 m ³	20655 m ³
Besparing(#m³) t.o.v alternatief A	0 m ³	2422,50 m ³	3442,5 m ³
Besparing(€) t.o.v. alternatief A	€ 0	€ 7.267,50	€ 10.327,50
Besparing(#) FTE t.o.v alternatief A	0	4.5	1
Besparing(€) FTE t.o.v. alternatief A	€ 0	€ 202.500	€ 45.000
Totale besparing (€)	0	€ 209.767,50	€ 55.327,50

Tabel 6: Besparing per alternatief

Zoals eerder aangegeven wordt de besparingen per alternatief gekoppeld aan de initiële investering per alternatief. In tabel 7 zijn de initiële investering per alternatief te zien.

	<u>Alternatief A:</u> <u>Traditionele stellingen</u>	<u>Alternatief B:</u> <u>Miniload</u>	<u>Alternatief C:</u> <u>Additionele VLM's</u>
Initiële investering	€ 0	€ 1.300.000	€ 300.000

Tabel 7: Initiële investering per alternatief

Met behulp van bovenstaande gegevens kunnen vervolgens de NCW na vijf en na tien jaar en de terugverdientijd worden berekend. Deze gegevens zijn te zien in tabel 8. De berekeningen zijn te zien in Appendix I.

	<u>Alternatief A:</u> <u>Traditionele stellingen</u>	<u>Alternatief B:</u> <u>Miniload</u>	<u>Alternatief C:</u> <u>Additionele VLM's</u>
Terugverdientijd	-	7 jaar	7 jaar
NCW na 5 jaar	-	- € 368.787,59	- € 56.111,78
NCW na 10 jaar	-	€ 361.970,20	€ 132.625,20
IRR na 5 jaar	-	-5,24%	-1,31 %
IRR na 10 jaar	-	11,70%	14,67%

Tabel 8: Terugverdientijd, NCW en IRR per alternatief

Nu de gegevens zijn bekend wordt er een keuze gemaakt met betrekking tot welk alternatief het beste scoort op de investeringsanalyse. Zoals te zien in bovenstaande tabellen scoort alternatief A het beste op de initiële investering, terugverdientijd, NCW na 5 jaar en de IRR na 5 jaar. Alternatief B scoort het beste op de NCW na 10 jaar en alternatief C heeft de beste waardering bij de IRR na 20 jaar. Dit betekent dat alternatief A het meest positief uit de investeringsanalyse komt. Daarna komen alternatief B en C op gedeelde tweede plaats.

6.3 Conclusie

Nu de AHP analyse voor de kwalitatieve analyse en de investeringsanalyse zijn uitgevoerd moet er een keuze worden gemaakt voor het alternatief dat op basis van beide alternatieven als beste alternatief naar voren komt. Dit is op de volgende manier gedaan. Per criterium van de investeringsanalyse is er gekeken of het verschil hiervan opweegt tegen het verschil van de score van de kwalitatieve analyse. De resultaten zijn in afbeelding 34. Het veld van het alternatief dat als beste is verkozen is per financieel criterium geel gemarkeerd.

	Alternatief A: Traditionele stellingen	Alternatief B: Miniload	Alternatief C: Additionele stellingen
Kwaliteit	0,22	0,46	0,32
Initiële investering	€10,00	€1.300.000,00	€300.000,00

	Alternatief A: Traditionele stellingen	Alternatief B: Miniload	Alternatief C: Additionele stellingen
Kwaliteit	0,22	0,46	0,32
IRR 5 jaar	0,00%	-5,24%	-1,31%

	Alternatief A: Traditionele stellingen	Alternatief B: Miniload	Alternatief C: Additionele stellingen
Kwaliteit	0,22	0,46	0,32
NCW 5 jaar	€10,00	-€368.787,59	-€56.111,78

	Alternatief A: Traditionele stellingen	Alternatief B: Miniload	Alternatief C: Additionele stellingen
Kwaliteit	0,22	0,46	0,32
Terugverdientijd	0 jaar	7 jaar	7 jaar

	Alternatief A: Traditionele stellingen	Alternatief B: Miniload	Alternatief C: Additionele stellingen
Kwaliteit	0,22	0,46	0,32
IRR 10 jaar	0,00%	11,70%	14,67%

	Alternatief A: Traditionele stellingen	Alternatief B: Miniload	Alternatief C: Additionele stellingen
Kwaliteit	0,22	0,46	0,32
NCW 10 jaar	€10,00	€61.970,20	€132.625,20

Figuur 29. Financiële criteria t.o.v. de kwalitatieve analyse

Uit de bevindingen blijkt dat alternatief B het meest adequate alternatief is. Alternatief B heeft bij de meeste financiële criteria ten opzichte van de kwalitatieve analyse de voorkeur. De voorkeur gaat uit naar alternatief B bij de IRR na 5 jaar, de terugverdientijd, de IRR na 10 jaar en de NCW na 10 jaar. Alternatief C is echter een aantrekkelijke tweede optie.

Concluderend wordt met dit onderzoek aangeraden om het ontwerp van alternatief B te implementeren. Echter zijn de laatst genomen afwegingen vrij subjectief en kunnen bij andere voorkeuren andere resultaten uitkomen. Vandaar dat de aanbeveling wordt gedaan om deze afwegingen nogmaals door het top management van VDL ETG te laten doen.

7. Conclusies & aanbevelingen

7.1 Conclusies

In deze paragraaf zal antwoord worden gegeven op de hoofdvraag die helemaal in het begin van dit onderzoek is opgesteld. De hoofdvraag luidt als volgt:

“Wat is het meest adequate ontwerp van het montagemagazijn van VDL ETG zodat aan de gestelde eisen wordt voldaan?”

Zoals al eerder genoemd is de kans dat er een optimaal ontwerp is minimaal. Vandaar dat er drie verschillende alternatieven zijn opgesteld. Met behulp van twee AHP analyses voor de totale kwaliteit en het financiële aspect is uit deze drie alternatieven het meest adequate ontwerp van het montagemagazijn opgesteld.

Als er alleen gekeken wordt naar de analyse over de totale kwaliteit van de verschillende alternatieven van wordt al snel duidelijk dat alternatief B op nummer 1 staat met een score van 0.46. Dit alternatief wordt opgevolgd door alternatief C met een score van 0.32, en als laatst geëindigd is alternatief A met een score van 0.22.

Vervolgens is er een investeringsanalyse uitgevoerd met verscheidene criteria. Daarna is de totale kwaliteit van het ontwerp vergeleken met elk criterium van het financiële aspect en is de keuze gemaakt welk alternatief de voorkeur krijgt. Concluderend is op basis van deze onderlinge vergelijkingen alternatief B uiteindelijk het meest adequate alternatief. Echter zoals eerder vermeld moet dit niet meteen als enige optie worden gezien.

Tenslotte wordt aangeraden vanwege de mate van subjectiviteit om dit onderzoek nogmaals aan andere managers van VDL ETG voor te leggen om te bepalen of er dan soortgelijke resultaten uit komen.

7.2 Aanbevelingen

Om te beginnen wordt de aanbeveling gedaan om alternatief B te implementeren als meest adequate ontwerp voor het montagemagazijn van VDL ETG. Alternatief C kan als zeer aantrekkelijk alternatief achter de hand worden gehouden als tweede keuze.

Het ontwerpen van een magazijn een complex proces waar geruime tijd overheen gaat mocht dit volledig en goed worden uitgevoerd. Gezien het feit dat dit onderzoek bij VDL ETG maar drie maanden heeft geduurd is het ook geen verrassing dat het gehele ontwerpproces niet volledig is doorlopen. Er is een aantal aspecten naar voren gekomen dat niet of maar kort aan bod is geweest binnen dit onderzoek. Daarom wordt er een aantal aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek.

Ten eerste zal er een aanbeveling worden gedaan met betrekking tot de andere magazijnen. Zoals eerder genoemd ligt de focus van dit onderzoek op het montagemagazijn. Nu wordt er alleen gekeken naar het totale plaatje van het magazijn maar in de toekomst zullen er echter in totaal drie magazijnen zijn bij VDL ETG. Aangezien er geen rekening wordt gehouden met de andere twee magazijnen wordt aangeraden om hier toch een onderzoek op los te laten. Hoe de drie magazijnen in combinatie met elkaar zullen fungeren en of het totale plaatje van drie magazijnen samen ook nog klopt.

Ten tweede is de manier van picken een belangrijk onderzoek. Op dit moment wordt de aanname gedaan dat 'discrete order picking' zal worden gebruikt. Echter is dit niet de meest adequate manier van picken als wordt gekeken naar de doorlooptijd en het aantal benodigde FTE. Vanuit de afdeling material handling is dan ook al aangegeven dat er een grote kans bestaat dat er een betere manier van picken bestaat dan op dit moment. Aangezien dit een te groot onderzoek is om dit te combineren met dit onderzoek wordt de aanbeveling gedaan om hier in de toekomst grondig naar te kijken.

Ten derde zijn de operationele beslissingen uit het model van Rouwenhorst et al. niet meegenomen. Het feit dat er nog enkele tijd overheen zal gaan voordat het montagemagazijn gebouwd is maakt het onnodig de operationele beslissingen nu al te bekijken. Uiteraard moet dit wel worden uitgezocht. Vandaar dat de aanbeveling wordt gedaan om de operationele beslissingen te maken in verder onderzoek.

De volgende aanbeveling die ik graag wil doen is dat nogmaals ook door andere managers wordt gekeken naar de AHP analyses. Een AHP analyse is namelijk een gedeelte subjectieve mening van de beslissingsnemers. Als andere managers van VDL ETG dus een andere mening hebben over de nieuwbouw dan kan dit erin resulteren dat een ander alternatief als meest adequate optie naar voren komt.

8. Bibliografie

Baker et al. (2007). Warehouse design: a structured approach. *European Journal of operational research* .

Bartholdi, J., & Hackman, S. (2011). *Warehouse & Distribution Science*. Atlanta.

Bodner et al. (2002). *A Process Model and Support Tools for Warehouse Design*. Atlanta: Georgia Insitute of Technology.

Govindaraj, T. (2000). Design of warehousing and distribution models: an object model of facilities, functions and information. *IEEE* , 1099-1104.

Gu, J. (2005). *The Forward Reserve Warehouse Sizing and Dimensioning Problem*. Atlanta: Georgia Insitute of Technology.

Hassan, M. M. (2002). A framework for the design of warehouse layout. *Facilities* , 432-440.

Heerkens, H. (2005). *Algemene Bedrijfskundige Aanpak*. Enschede: TSM Business School.

Kong, C., & Masel, D. (2008). Methods for Design and Management of a Fast-Pick Area in a Warehouse. *Industrial Engineering Research conference*, (pp. 1367-1372). Athens, Ohio.

Koster. (2006). Design and control of warehouse order picking: A literature review. *European Journal of Operational Research* , 21.

Mantel, R. (2012). Warehouse Design. *Universiteit Twente*, (p. 19). Enschede.

Omey, E. (2006). Analytische hierarchische processen. *EHSAL*. Brussel.

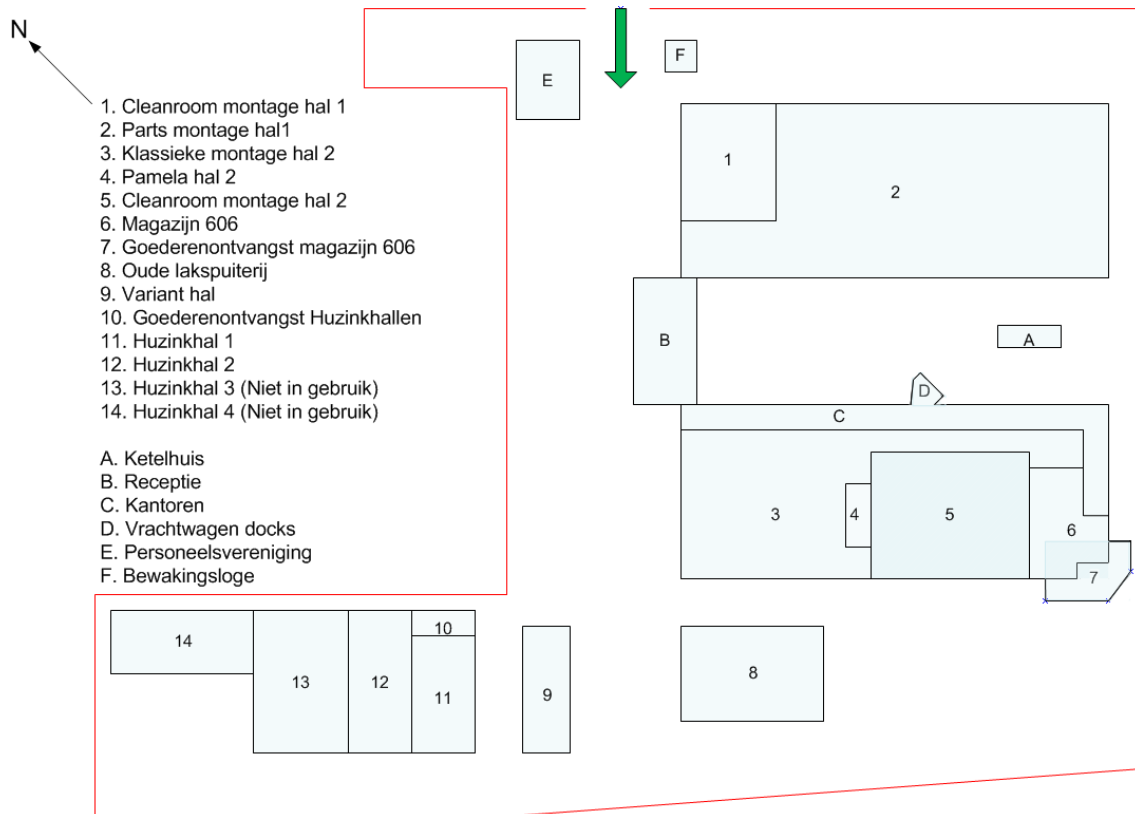
Rouwenhorst et al. (2000). Warehouse design and control: Framework anad literature review. *European Journal of Operational Research* .

Rushton et al. (2006). *The Handbook of Logistics and Distribution Management*. London: Kogan Page Limited.

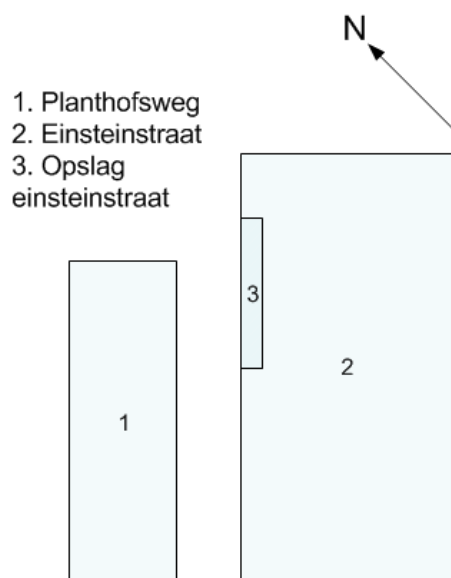
Tompkins, J. A., Bozer, Y. A., White, J. A., & Tanchoco, J. (2010). In *Facilities Planning*. John Wiley & sons.

9. Appendices

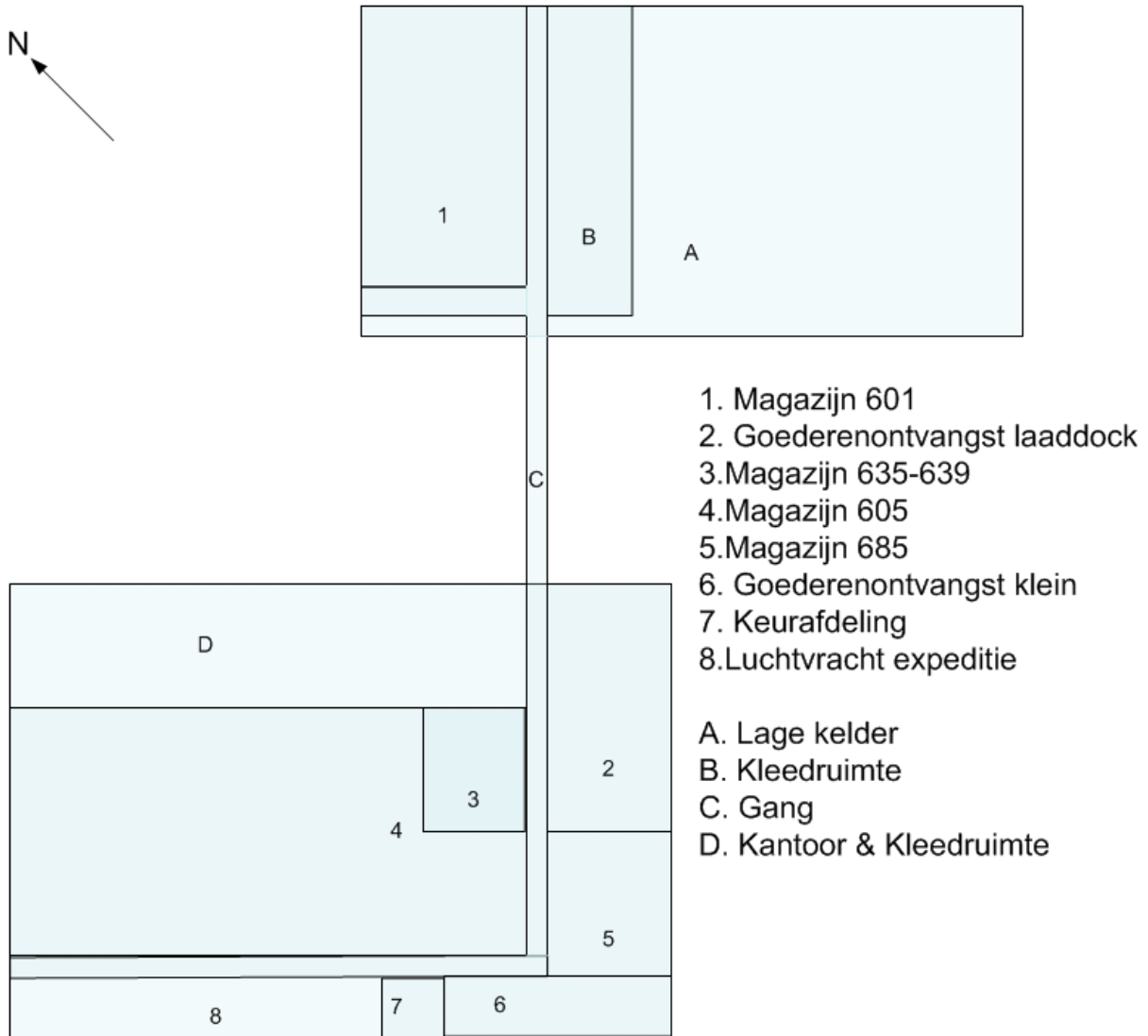
9.1 Appendix A. plattegronden begane grond, kelder & externe locaties



Plattegrond begane grond*



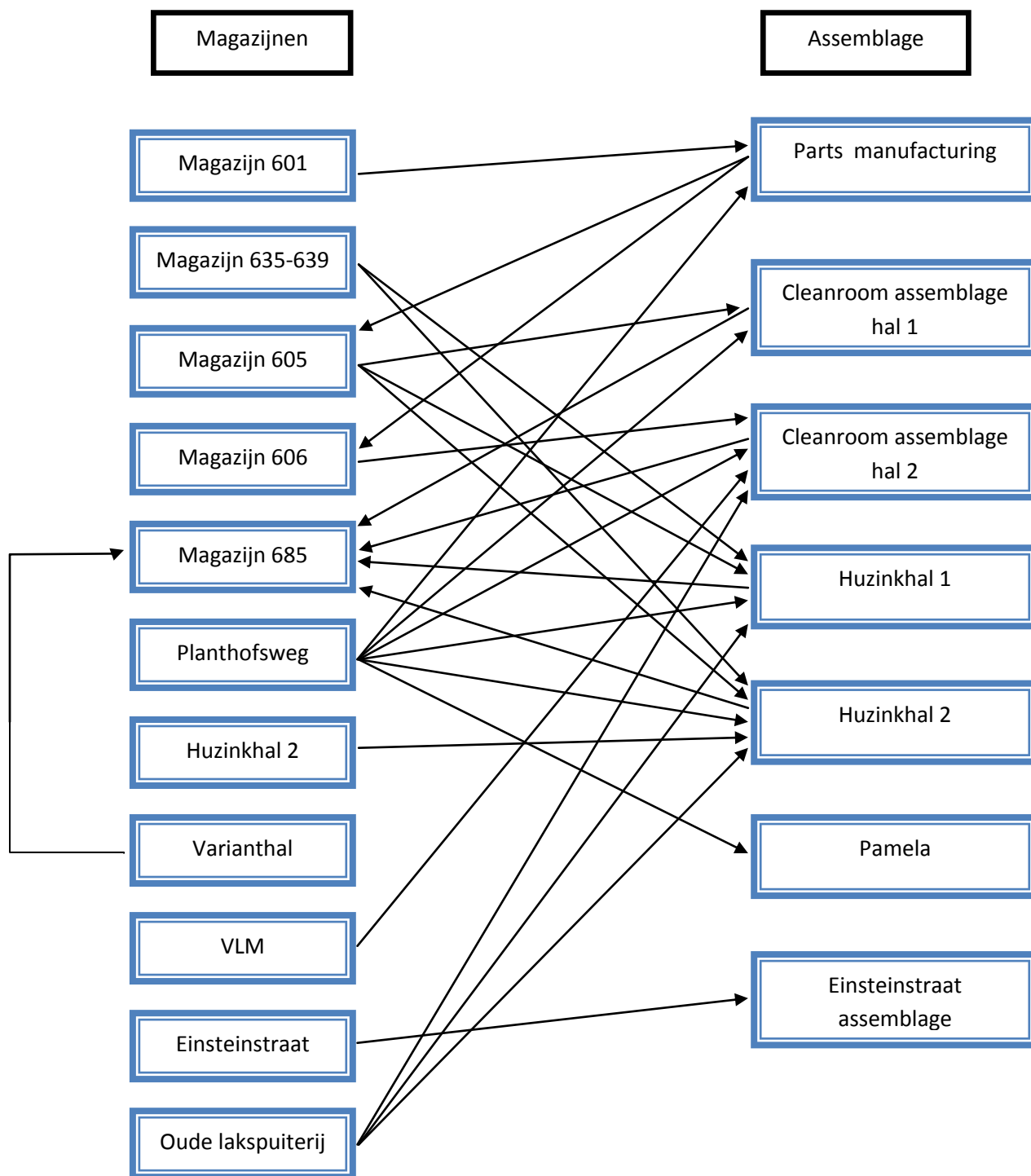
Plattegrond externe locaties*



Plattegrond kelder*

*Plattegronden van verschillende locaties zijn niet dezelfde schaal

9.2 Appendix B: Huidige ongespecificeerde goederenstromen



9.3 Appendix C: Telling totale opslag

Opslagmanier	Eindverpakking Clean																		
	Eindverpakking klassiek																		
	Gereed product cleanroom																		
	Gereed product klassiek																		
	Te versturen product parts																		
	Rouleer parts																		
	Tools parts																		
	Voorraad klassiek																		
	Voorraad clean																		
	Tools montage																		
Magneten & halffabricaten magneten																			
Geïnventariseerde RMA's																			
Totaal																			
Totaal montage magazijn																			
Totaal montage magazijn -VLM's																			
Totaal montage + groei																			
Totaal Montage + groei - VLM's																			
Europapallet + VDL pallet	lager dan 50cm	40	0	0	0	0	0	60	272	377	0	0	130	879	779	647	1036	904	
	hoger dan 50cm	206	6	72	0	0	0	20	196	227	3	21	35	786	482	482	641	641	
Vloeroppervlak	in m2	75	90	146	0	96	550	20	0	25	50	50	0	1102	125	125	166	166	
Grote pallet (3x3)	hele pallet	20	0	0	0	0	0	0	0	64	8	0	0	92	72	72	96	96	
	tot 3m lang	0	0	0	0	0	0	0	40	80	0	0	0	120	120	80	160	120	
Dragarm	langer dan 3m	0	0	0	0	0	0	0	15	10	0	0	0	25	25	25	33	33	
	20x50x20	0	0	0	0	0	0	0	1330	353	0	0	0	1683	1683	1530	2238	2085	
legbordstelling	20x100x20	0	0	0	0	0	0	0	19	8	0	0	0	27	27	27	36	36	
	10x30x8	0	0	0	0	0	0	0	310	460	0	0	0	770	770	770	1024	1024	
	20x30x8	0	0	0	0	0	0	0	295	1659	0	0	0	1954	1954	375	2599	1020	
legbordbakken	15x50x14	0	0	0	0	0	0	0	8530	3973	0	0	0	12503	12503	12320	16629	16446	
	30x50x14	0	0	0	0	0	0	0	790	1049	0	0	0	1839	1839	1364	2446	1971	
VDL bak	35x53x17	0	0	0	0	0	0	0	205	839	0	0	0	1044	1044	315	1389	660	

9.4 Appendix D: Literatuur vergaring

Auteur	Titel	gezocht op	trefwoord
B. Rouwenhorst, B. Reuter, V. Stockrahm, G.J. van Houtum, R.J. Mantel, W.H.M. Zijm	Warehouse design and control: Framework and literature review	scholar	asrs warehouse systems
Barthold & Hackman	Warehouse & distribution science	scholar	warehouse activity profiling
Bodner et al.	A process model and support tools for warehousedesign	scholar	warehouse design model
Govindaraj T.	Design of warehousing and distribution models an object of...	Artikel van Baker & Canessa	-
Gu, J.	The forward reserve warehouse sizing and dimensioning problem	scholar	forward area warehouse
Heerkens	Algemene bedrijfskundige aanpak	google	algemene bedrijfskundige aanpak
Kong, C. Masel D.	Methods for design and management of a fast pick area in a warehouse	scholar	forward area warehouse
Mantel	Warehouse design	Blackboard	-
Mohsen M.D. Hassan	A framework for the design of warehouse layout	scholar	warehouse layout
Omey	Analytische hierarchische processen	Google	analytische hierarchische processen
Peter Baker, Marco Canessa	Warehouse design: A structured approach	scholar	optimal warehouse design
René de Koster, Tho Le-Duc, Kees Jan roodbergen	Design and control of warehouse order picking: A literature review	scholar	warehouse efficiency
Rushton et al.	The handbook of logistics and distribution management	Artikel van Baker & Canessa	-
Tompkins J.a., White, Tanchoco	Facilities planning	scholar	Facilities planning

9.5 Appendix E: Berekening aantal miniload bakken alternatief B

Verdeling over bakken o.b.v. steekproef

Legbordstelling Legbordbakken	aantal ex groei	605					606					635-639				
		% 1-vaks	% 2-vaks	% 4-vaks	% 8-vaks		% 1-vaks	% 2-vaks	% 4-vaks	% 8-vaks		% 1-vaks	% 2-vaks	% 4-vaks	% 8-vaks	
20x50x20	0	0	1	0	0	200	0	1	0	1	1330	0,2	0,2	0,3	0,3	
10x30x8	0	0	0	0	1	460	0	0	0	1	310	0	0	0	1	
20x30x8	0	0	0	0	1	80	0	0	0	1	295	0	0	0	1	
15x50x14	7500	0	0,08	0,23	0,69	750	0	0,08	0,23	0,69	4040	0	0	0,08	0,92	
30x50x14	1212	0,08	0,32	0,6	0	152	1	0	0	0	0	1	0	0	0	
VDL bak	225	1	0	0	0	60	1	0	0	0	0	1	0	0	0	

Absolute aantallen bakken

Legbordstelling Legbordbakken	aantal ex groei	605					606					635-639				
		# 1-vaks	# 2-vaks	# 4-vaks	# 8-vaks		# 1-vaks	# 2-vaks	# 4-vaks	# 8-vaks		# 1-vaks	# 2-vaks	# 4-vaks	# 8-vaks	
20x50x20	0	0	0	0	0	200	0	100	0	0	1330	266	133	100	50	
10x30x8	0	0	0	0	0	460	0	0	0	58	310	0	0	0	3	
20x30x8	0	0	0	0	0	80	0	0	0	10	295	0	0	0	3	
15x50x14	7500	0	300	431	647	750	0	30	43	65	4040	0	0	81	465	
30x50x14	1212	97	194	182	0	152	152	0	0	0	0	0	0	0	0	
VDL bak	225	225	0	0	0	60	60	0	0	0	0	0	0	0	0	

Baktype	aantal ex groei	VLM's				
		% 1-vaks	% 2-vaks	% 4-vaks	% 8-vaks	
C	475	0	0	0	1	
G/H	729	0,05	0,05	0,5	0,4	
1/2 F	1430	0	0	0	1	
B	149	0	0	0	1	
D	153	0	0	0,05	0,95	
F	183	0	0	0	1	

# 1-vaks	# 2-vaks	# 4-vaks	# 8-vaks
322	494	613	647
Totaal: 2076			

# 1-vaks	# 2-vaks	# 4-vaks	# 8-vaks
212	130	43	133
Totaal: 518			

# 1-vaks	# 2-vaks	# 4-vaks	# 8-vaks
266	133	181	591
Totaal: 1171			

# 1-vaks	# 2-vaks	# 4-vaks	# 8-vaks
36	18	93	334
Totaal: 481			

Totale absolute aantallen bakken per locatie

Legbordstelling Legbordbakken	aantal ex groei	# 1-vaks	# 2-vaks	# 4-vaks	# 8-vaks	Incl. groei	Incl. locatiefactor 2
20x50x20	1530	266	233	100	109		
10x30x8	770	36	18	91	133		
20x30x8	375	0	0	0	226		
15x50x14	12320	0	330	556	1199		
30x50x14	1364	249	194	184	18		
VDL bak	35x53x17	315	315	0	23		
Totaal	16674	866	775	931	1708	4280	5692 11384

Totaal bakken

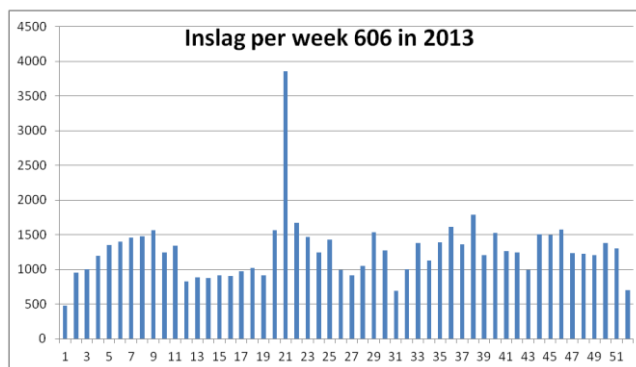
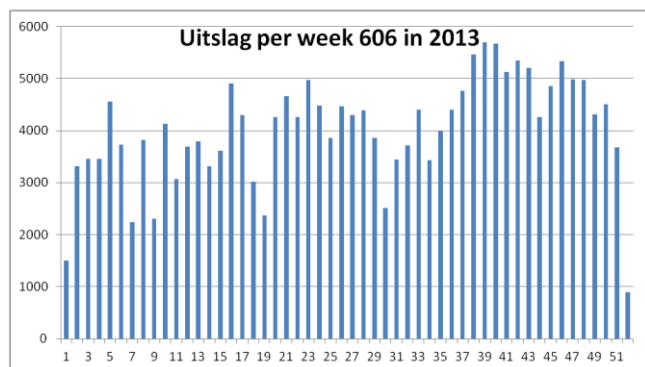
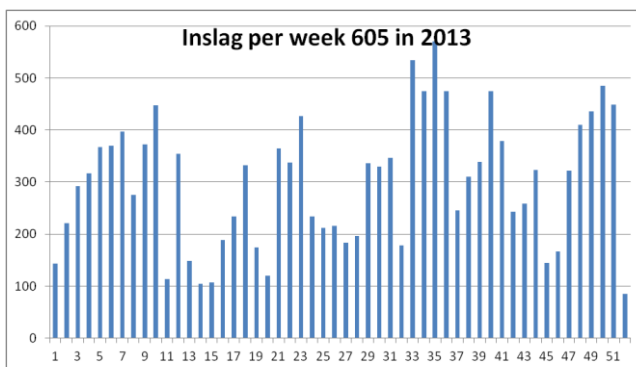
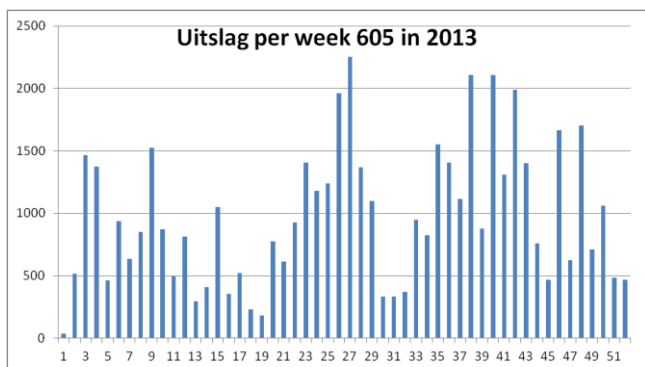
9.6 Appendix F: Berekening aantal VLM plateaus alternatief C

Maten plateau VLM
305x86

Berekening VLM's

Miniload bakken	aantal ex groei	# plateaus ex groei # plateaus inc groei			
# 1-vaks (60x40)	866	10	87	116	
# 2-vaks (60x20)	1550	20	78	104	
# 4-vaks (30x20)	3724	40	93	124	
# 8-vaks (15x20)	13664	80	171	227	
Lange delen					
Draagarm stelling tot 3m	120	8	15	20	
Legbordstelling (20x100x20)	27	12	2	3	
			446	594	

9.7 Appendix G: FTE analyse

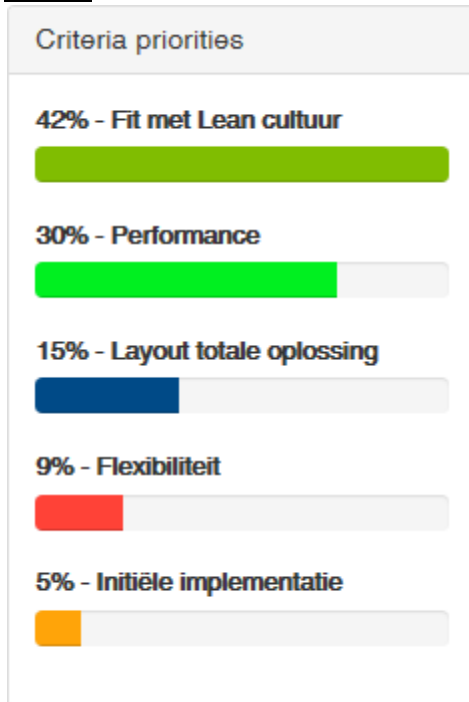


Het totaal gemiddeld aantal picks per uur van de inslag is 95 picks/uur. Voor de uitslag betreft dit 285 picks/uur.

9.8 Appendix H: AHP analyse van de totale kwaliteit

In deze appendix is de uitwerking van de AHP analyse van de totale kwaliteit. Ten eerste zijn onderling gewichten toegekend aan de criteria en de subcriteria. Dit zijn de onderstaande afbeeldingen. Uiteindelijk zijn de alternatieven aan de subcriteria geschaald en dat is te zien in de laatste figuur van deze appendix

Criteria



Fit met Lean cultuur



Performance

29% - Verwerkingscapaciteit uitslag



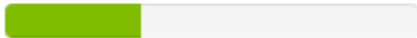
27% - Kwaliteit inslag/uitslag
(foutkans)



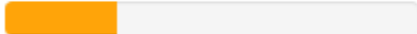
15% - Betrouwbaarheid
(gevoeligheid voor storingen)



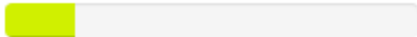
10% - Doorlooptijd en
verwerkingscapaciteit inslag



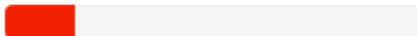
8% - Doorlooptijd pickorder
(reactietijd)



5% - Toepasbaarheid m.b.t.
automatiseren goederenontvangst



5% - Toepasbaarheid
partijenadministratie

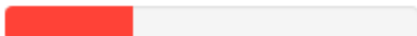


Flexibiliteit

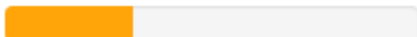
55% - Bij toe- of afname gevraagde
bewerkingscapaciteit



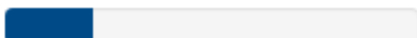
17% - Bij introductie/uitfasering
eindproducten en klanten



17% - Bij veranderingen in
karakteristieken producten



11% - Bij overgang naar nieuwe
software (ERP)

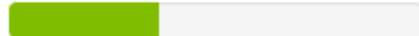


Lay-out totale oplossing

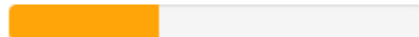
50% - Afmetingen magazijn(zones)



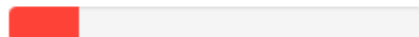
18% - Visuele beoordeling totale
lay-out



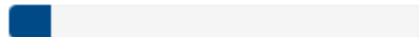
18% - Innovatieve waarde



8% - Lengte van transportpaden



5% - Minimum aan kruisende
transportpaden



Initiële implementatie

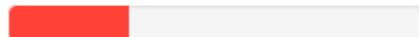
42% - Integratie met huidige
(software)-systeem



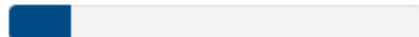
39% - Impact op bouw en
constructie



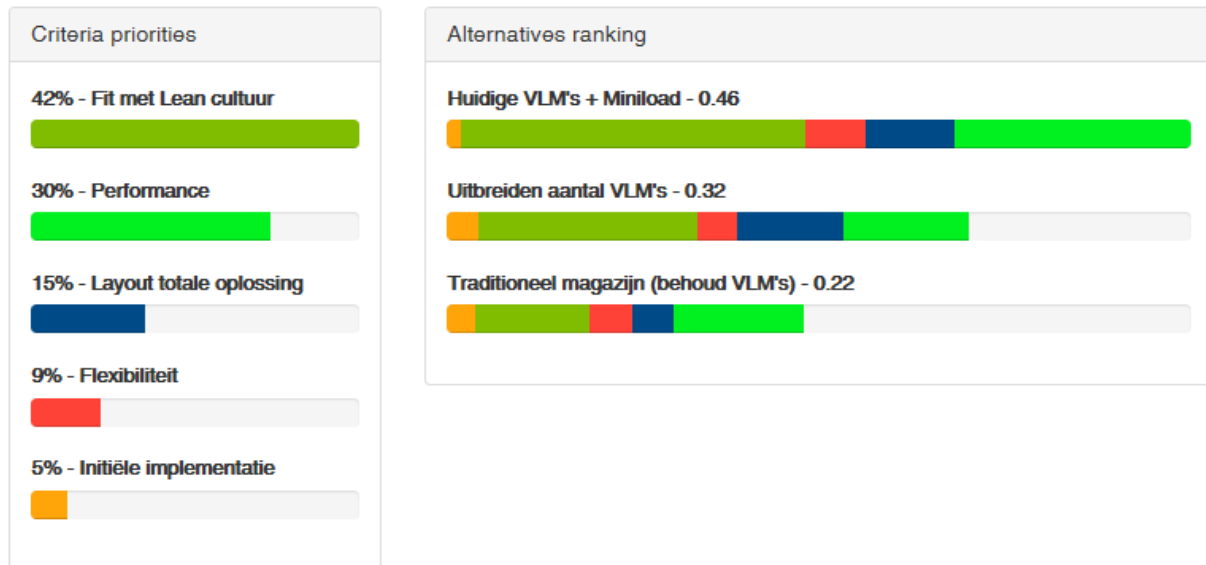
12% - Inspanning onderzoek,
analyse en inrichting



7% - Training medewerkers
Material Handling



Nu de criteria en subcriteria hun gewichten toegekend hebben gekregen zullen de alternatieven aan de subcriteria worden geschaald. De resultaten van hiervan staan in onderstaand figuur afgebeeld.



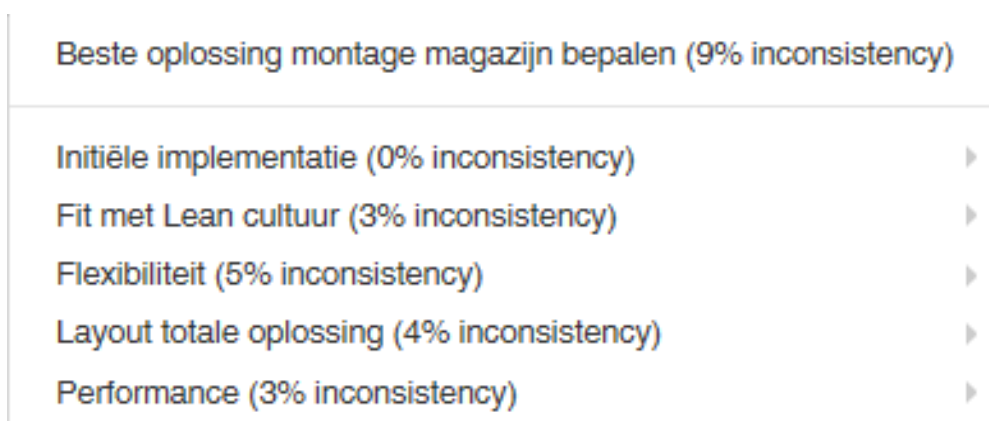
Hieruit blijkt dat op grond van de criteria en subcriteria alternatief B het aantrekkelijkst is met betrekking tot de baten van het alternatief.

Consistentie ratio

De consistentie ratio is bedoeld om te kijken of de beoordelingen wel consistent zijn. Om een voorbeeld te noemen:

Als $A > B$ & $B > C$
Dan moet $A > C$

Als bij het opstellen van de gewichten niet wordt voldaan aan zulke eisen dan is het gehele onderzoek niet consistent en moeten de gewichten opnieuw worden bepaald. Zoals beschreven in het artikel van Prof. Dr. Edward Omeij moet de consistentie ratio niet hoger zijn dan 10%. Het voordeel van het gebruik van de website voor de AHP analyse is dat bij het invullen direct wordt aangegeven of er een inconsistentie is opgetreden. Zodoende kan dit gelijk worden aangepast. In onderstaande afbeelding is te zien dat deze ratio nergens boven de 10% uitkomt dus kan de analyse consistent worden genoemd.



9.9 Appendix I: Berekening van de terugverdientijd, NCW en het rendement

Alternatief B

Investering: €1.300.000,00 Terugverdientijd **7** jaar
Besparing FTE: 4,5

jaar	cashflow	discounted	NCW	IRR
0	-€1.300.000,00	-€1.300.000,00	-€1.300.000,00	
0,5	€211.782,48	€204.737,85	-€1.095.262,15	
1,5	€215.872,77	€195.039,33	-€900.222,82	
2,5	€220.044,88	€185.802,62	-€714.420,20	-28,00%
3,5	€224.300,43	€177.005,55	-€537.414,66	-14,14%
4,5	€228.641,09	€168.627,06	-€368.787,59	-5,24%
5,5	€233.068,56	€160.647,11	-€208.140,48	0,72%
6,5	€237.584,58	€153.046,60	-€55.093,88	4,88%
7,5	€242.190,92	€145.807,39	€90.713,50	7,85%
8,5	€246.889,39	€138.912,18	€229.625,68	10,05%
9,5	€251.681,83	€132.344,52	€361.970,20	11,70%
10,5	€256.570,11	€126.088,77	€488.058,97	12,96%
11,5	€261.556,17	€120.130,01	€608.188,98	13,95%
12,5	€266.641,94	€114.454,07	€722.643,05	14,72%
13,5	€271.829,43	€109.047,44	€831.690,49	15,34%
14,5	€277.120,67	€103.897,27	€935.587,76	15,83%

Alternatief C

Investering: €300.000,00 Terugverdientijd **7** jaar
Besparing FTE: 1

jaar	cashflow	discounted	NCW	IRR
0	-€300.000,00	-€300.000,00	-€300.000,00	
0,5	€55.775,27	€53.919,99	-€246.080,01	
1,5	€56.684,23	€51.213,75	-€194.866,26	-46,25%
2,5	€57.611,36	€48.646,18	-€146.220,09	-23,68%
3,5	€58.557,04	€46.209,99	-€100.010,09	-9,97%
4,5	€59.521,63	€43.898,31	-€56.111,78	-1,31%
5,5	€60.505,51	€41.704,62	-€14.407,16	4,41%
6,5	€61.509,07	€39.622,75	€25.215,59	8,34%
7,5	€62.532,70	€37.646,87	€62.862,46	11,13%
8,5	€63.576,81	€35.771,46	€98.633,92	13,16%
9,5	€64.641,79	€33.991,28	€132.625,20	14,67%
10,5	€65.728,08	€32.301,40	€164.926,59	15,81%
11,5	€66.836,09	€30.697,12	€195.623,71	16,69%
12,5	€67.966,26	€29.174,01	€224.797,72	17,37%
13,5	€69.119,04	€27.727,88	€252.525,60	17,91%
14,5	€70.294,87	€26.354,75	€278.880,35	18,34%