

2016•2017  
FACULTEIT INDUSTRIËLE INGENIEURSWETENSCHAPPEN  
*master in de industriële wetenschappen: bouwkunde*

## Masterproef

Implementeren van de Lean 5S-methode op een bouwwerf

Promotor :  
Prof. dr. ir. Herve DEGEE

Promotor :  
ing. BIRGER HAMPTON

Michaël Hendrikx , Maxim Stroobants

*Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: bouwkunde*

Gezamenlijke opleiding Universiteit Hasselt en KU Leuven

2016•2017  
Faculteit Industriële  
ingenieurswetenschappen  
*master in de industriële wetenschappen: bouwkunde*

## Masterproef

Implementeren van de Lean 5S-methode op een bouwwerf

Promotor :  
Prof. dr. ir. Herve DEGEE

Promotor :  
ing. BIRGER HAMPTON

Michaël Hendrixx , Maxim Stroobants  
*Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële  
wetenschappen: bouwkunde*

## Woord vooraf

Eerst en vooral willen we volgende personen bedanken voor de hulp bij onze masterproef. In de eerste plaatst Dhr. Ir. Birger Hampton. Hij heeft doorheen het gehele proces ons begeleid en bijgestaan. Ook heeft hij ons zeer goed kunnen helpen met een beter inzicht te krijgen in *Lean* in de bouwsector. Graag willen we dan ook de werfleiding van het politiekantoor in Hasselt in het bijzonder danken voor de goede en vlotte samenwerking waaraan zij hebben bijgedragen. Hierbij willen we ook Kumpen niet vergeten. Zij hebben ons de kans gegeven om een interessante masterproef te doen, waarbij we ook veel praktisch werk moesten verrichten. Dit is iets wat ons beide het meeste aanspreekt. Verder willen we ook Prof. Dr. Ir. Hervé Degee bedanken voor de goede begeleiding vanuit het schoolse aspect.

Ook willen we zeker onze families niet vergeten die ons de afgelopen jaren de kans hebben gegeven om te kunnen studeren en zo ons te laten werken aan onze toekomst. Als laatste in het bijzonder willen we onze vriendinnen, Natalie Antunes en Daphné Vandebek, bedanken voor al hun steun en behulpzaamheid gedurende deze jaren van studeren en tijdens het werken aan deze masterproef. Zij waren er altijd voor ons en boden een toeverlaat indien nodig.

Over het algemeen kunnen we stellen dat we tevreden zijn van de totstandkoming van onze masterproef. Tot onze spijt is de betrouwbaarheid en de grootteorde van ons resultaat anders dan we gehoopt hadden. Het gevoel dat wij hebben is over de grote lijn positief daar de samenwerking tussen de verschillende partijen vlot verlopen is. De communicatie verliep altijd in een professionele sfeer en problemen konden gemakkelijk worden aangekaart. Ook de samenwerking tussen ons beiden was geen enkel probleem. Doordat we elkaar al verschillende jaren kennen, konden we elkaar perfect aanvullen in de samenwerking.

Tenslotte wensen we veel leesplezier,

Maxim en Michaël.



# Inhoudsopgave

Woord vooraf .....	I
Inhoudsopgave.....	III
Tabellenlijst.....	VII
Figurenlijst .....	IX
Abstract .....	XI
Abstract English .....	XIII
1 Inleiding.....	1
1.1 Situering .....	1
1.2 Probleemstelling.....	1
1.3 Doelstelling .....	3
1.4 Materialen en methodes.....	4
2 Lean.....	5
2.1 Wat is Lean?.....	5
2.2 Ontstaan van Lean .....	5
2.3 De vijf stappen.....	5
2.3.1 Toegevoegde waarde .....	6
2.3.2 Waardestroom .....	7
2.3.3 Flow.....	8
2.3.4 Pull-systeem .....	9
2.3.5 Voortdurend verbeteren.....	9
3 Lean in de bouw .....	11
3.1 Wat is Lean bouwen? .....	11
3.2 Waarom Lean toepassen in de bouw? .....	12
3.3 De acht verspillingen in de bouw .....	12
3.4 Lean-technieken in de bouw.....	13
3.4.1 Lean-plannen .....	13
3.4.2 Value stream mapping.....	13
3.4.3 Visual Management.....	14
3.4.4 BIM .....	14
3.4.5 5S-bouwplaatsinrichting.....	15
4 5S-bouwplaatsinrichting.....	17
4.1 Scheiden (seiri).....	17
4.2 Schikken (seiton).....	17
4.3 Schoonmaken (seiso).....	18
4.4 Standaardiseren (seiketsu).....	18
4.5 Standhouden (shitsuke) .....	19

4.2	Voordelen van 5S .....	19
5	Praktisch onderzoek .....	21
5.1	Randvoorwaarden.....	21
5.1.1	Beschouwde werf .....	21
5.1.2	Praktisch onderzoek beperkt tot één bouwfase.....	23
5.1.3	Buitenlandse onderaanneming.....	24
5.2	Aanpak.....	25
5.2.1	Praktische implementatie van 5S in de containers .....	25
5.2.2	Reserve onderdelen .....	31
5.3	Resultaten .....	34
5.3.1	Metingen.....	34
5.3.2	Verwerking resultaten 5S .....	35
5.3.3	Verwerking resultaten materieel in de foute container.....	37
5.3.4	Verwerking reserveonderdelen.....	39
6	Discussie.....	43
6.1	Nut van Lean .....	43
6.1.1	5S in container.....	43
6.1.2	Just-In-Time reserveonderdelen .....	44
6.2	In stand houding van de container.....	46
6.2.1	Materieel in de juiste container .....	46
6.2.2	Evolutie 5S in container .....	46
7	Standaardisatie van Lean in materiaalcontainers.....	49
7.1	Lean-systemen in standaard container.....	49
7.1.1	Standaard bordjes Visual Management .....	49
7.1.2	Badge-systeem.....	49
7.1.3	Voorraadbeheer kleine materialen (Just-In-Time) .....	50
7.1.4	Standaard lades klein elektrisch werkgereedschap.....	51
7.1.5	Standaardvakken voor zwaar materieel .....	51
7.2	Organisatie standaard containers.....	53
7.3	Motivatie arbeiders.....	56
7.3.1	Rol werfleiding.....	57
7.3.2	Rol arbeiders.....	58
7.4	Economische impact standaardcontainers.....	59
8	Besluit.....	61
	Literatuurlijst.....	63
	Bijlagen .....	67
	Bijlage A: Grondplan beschouwde werf .....	67

Bijlage B: Extra foto's implementatie 5S in materiaalcontainer ..... 68





## Tabellenlijst

Tabel 1: Gebruik materialen volgens gebruiksfrequentie [ [23]: p.17] .....	17
Tabel 2: Materialen gebruikt voor metingen .....	28
Tabel 3: Materiaalprijzen [32].....	32
Tabel 4: Meting 1: Implementeren van 5S op de werfcontainers.....	34
Tabel 5: Meting 2: verschil in afstand tussen de 2 containers.....	34
Tabel 6: Lonen arbeiders.....	35
Tabel 7: Winst per dag .....	35
Tabel 8: Winst per week.....	36
Tabel 9: Winst per maand .....	36
Tabel 10: Winst per jaar .....	36
Tabel 11: Tijdsverlies uitgedrukt in functie van het verdiep.....	38
Tabel 12: Geldverlies uitgedrukt per verdiep.....	38
Tabel 13: Procentueel verlies toegepast op het politiekantoor .....	39
Tabel 14: Berekening materiaalprijzen .....	39
Tabel 15: Winst/verlies berekening voor een werf huren bij Boels .....	40
Tabel 16: Totaalkost huren bij Kumpen.....	41
Tabel 17: Winst/verlies berekening huren bij Kumpen.....	41
Tabel 18: Taken werfleiding .....	57
Tabel 19: Taken arbeiders .....	58
Tabel 20: Kosten standaardcontainer .....	59



## Figurenlijst

Figuur 1: Ongeordende materiaalcontainer .....	2
Figuur 2: Stockage op de werf .....	2
Figuur 3: Slechte loopwegen, obstakels en afval .....	3
Figuur 4: Visualisatie van waarde [ [5]: p. 35].....	6
Figuur 5: Drie soorten waardefactoren [ [5]: p. 35] .....	6
Figuur 6: Visualisatie waardefactoren [ [5]: p.36] .....	7
Figuur 7: Continuous-Flow-Proces [10].....	8
Figuur 8: Batch-Proces [10] .....	9
Figuur 9: Deming-cirkel [11] .....	10
Figuur 10: Vermijden van terugval [11].....	10
Figuur 11: Werfcontainer voor implementatie (1) .....	22
Figuur 12: Werfcontainer voor implementatie (2) .....	22
Figuur 13: Werfsituatie bij aanvang praktisch onderzoek (1) .....	23
Figuur 14: Werfsituatie bij aanvang praktisch onderzoek (2) .....	24
Figuur 15: Veelgebruikte zwaardere materialen .....	25
Figuur 16: Geplastificeerde foto's Visual Managment .....	26
Figuur 17: Plaats voor stockage van kleine bouwmaterialen .....	26
Figuur 18: Geordende container volgens 5s met Visual Management.....	27
Figuur 19: Beschouwde vaste afstanden .....	30
Figuur 20: Container direct na implementatie 5S.....	46
Figuur 21: Container 1 week na implementatie 5S .....	47
Figuur 22: Container 3 weken na implementatie 5S .....	47
Figuur 23: Bovenaanzicht ontwerp standaardcontainers .....	53
Figuur 24: Rek voor stockage kleine bouwmaterialen .....	54
Figuur 25: Vooraanzicht rekken en lades .....	55
Figuur 26: Zijaanzicht vakken en rails met haken.....	55



## Abstract

Deze masterproef onderzoekt de tijds- en geldwinst die men kan boeken door de *Lean*-methode 5S op een bouwwerf te implementeren. In de bouwsector zijn er veel zogenaamde ‘verspillingen’ volgens *Lean* die men kan elimineren. Daarnaast wordt er een standaardwerfcontainer ontworpen om 5S door te trekken naar eender welke werf. Bovendien gaat men het *Just-In-Time*-principe toepassen op reserveonderdelen om te onderzoeken of dit een economisch voordeel biedt.

In het praktisch onderzoek wordt 5S geïmplementeerd in een bestaande werfcontainer. Met behulp van tijdsmetingen wordt de situatie ervoor en erna bepaald. Het belang van de instandhouding van het 5S-systeem wordt ook nagegaan via tijdsmetingen. Deze resultaten worden verwerkt via verschillende formules in allerlei situaties. Het ontwerp van de standaardwerfcontainers gebeurt door *Lean*-systemen te ontwikkelen. Van dit alles wordt ook de economische impact bepaald door de kosten en de opbrengsten te vergelijken.

Deze masterproef concludeert dat er een beperkt economisch voordeel ontstaat wanneer men 5S implementeert in een materiaalcontainer. Er wordt aanbevolen om te onderzoeken of het nuttig is om 5S te implementeren over een gehele werf. Daarnaast blijkt dat het *Just-in-time*-principe bij reserveonderdelen enkel een significant voordeel biedt indien de werf kort bij het magazijn van de aannemer gelegen is. Tenslotte wordt er aanbevolen om de standaardwerfcontainers verder te ontwikkelen en te onderzoeken met het oog op standaardiseren en instandhouden.

Kernwoorden: *Lean* - 5S - *Just-In-Time* - werfcontainer - standaardiseren



## Abstract English

This Master's thesis researches the time- and moneyprofit that one can have by implementing the 5S Lean-method on a construction site. In the construction sector, there is a lot of 'waste' according to Lean than can be eliminated. Next, a standard construction container is designed to apply 5S to any other construction site. Moreover, the Just-In-Time-principle is approached on the use of spare parts to research if this has an economic advantage.

In the practical research, 5S is implemented in an actual construction container. By using timemeasurements, the situation is determined before and after. The importance of sustaining the 5S-organisation is also checked with timemeasurements. These results are processed with several formulas in different situations. The design of the standard construction container uses Lean-systems that were developed. Here, the economic impact is defined by mapping all the costs and yields.

This Master's thesis concludes that there is a limited economical advantage when 5S is implemented in a construction container. It is recommended to research if it is useful to implement 5S all over the construction site. Next, it appears that applying the Just-In-Time-principle only offers a significant advantage if the construction site is near the storage of the contractor . To finish, it is recommended to continue develop the standard construction container and to research it.

Key words: Lean - 5S - Just-In-Time – construction container – to standardize





# 1 Inleiding

## 1.1 Situering

De masterproef vindt plaats in het kader van de opleiding master in de industriële ingenieurs wetenschappen met specificatie bouwkunde. Het onderzoek van deze masterproef draait rond *Lean* (*Lean*-bouwen) en is gericht op het uitschakelen van ‘verspillingen’. Met verspillingen worden hier de elementen die geen klantwaarde toevoegen bedoeld. In de bouw ligt er potentieel in de ontwerpfase (vb. de administratie) maar zeker ook in de bouwfase (vb. *Just-In-Time* leveringen). De *Lean*-filosofie is meer en meer aan het opkomen, dit is te zien aan de groeiende toepassing in bedrijven. Er wordt steeds meer onderzoek gedaan naar *Lean* omdat hierdoor zo efficiënt mogelijk aan de noden van de klant kan voldaan worden. Dit is ook de reden waarom Kumpen NV ‘*Lean*-bouwen’ als onderwerp van een masterproef heeft aangereikt aan de U Hasselt. Het onderzoek is dus opgestart door Kumpen NV. Dit is een aannemersbedrijf gelegen in de Paalsteenstraat nummer 36 te Hasselt. De belangrijkste activiteiten zijn: realiseren van gebouwen, infrastructuurwerken, renovatietechnieken, vastgoedontwikkeling en het boren van tunnels. Dit onderzoek kan toegepast worden in bouwbedrijven om verspillingen uit te schakelen maar ook in andere bedrijven. De *Lean*-filosofie kan toegepast worden in elke sector mits de nodige aanpassingen.

## 1.2 Probleemstelling

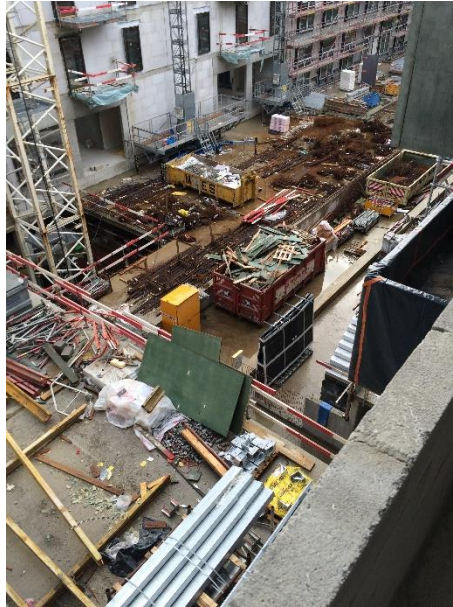
Het probleem is dat er veel te veel tijd gestoken wordt in zogenaamde ‘verspillingen’. Dit zijn acties in het bouwproces die geen rechtstreekse klantwaarde toevoegen. Bijvoorbeeld: er worden plannen gemaakt en gemaild met onderaannemers. Hier haalt de klant geen extra waarde uit (hij wilt enkel het eindproduct), maar er wordt wel tijd en geld aan gependend. Een ander voorbeeld van het probleem is stockage op de werf: om de transportkosten laag te houden probeert men zoveel mogelijk te vervoeren per vrachtwagen. Hierdoor wordt er veel op de werf gestockeerd waardoor de werf vol ligt en alles door elkaar geraakt. Er is dus geen overzicht over de aanwezige materialen waardoor het vinden van het nodige materiaal wordt bemoeilijkt en er dus tijd verloren gaat. Een extra nadeel is dat stockage van materialen op de wandelpaden zorgt voor obstakels waardoor er langer gewandeld moet worden. Het feit dat dus twee keer tijd wordt verloren is dus niet *Lean*. Een ander voorbeeld zijn materiaalcontainers waarin geen orde zit. Het zoeken van materieel in deze containers is dus ook weer een voorbeeld van ‘verspillingen’ volgens *Lean*. Deze voorbeelden zijn terug te zien in Figuur 1, 2 en 3.



*Figuur 1: Ongeordende materiaalcontainer*



*Figuur 2: Stockage op de werf*



Figuur 3: Slechte loopwegen, obstakels en afval

Het probleem is tweezijdig: enerzijds is er een probleem voor de klant en anderzijds voor de aannemer. De klant betaalt voor alle acties, inclusief de ‘verspillingen’, in het bouwproces maar wilt enkel het eindresultaat. Als de aannemer deze ‘verspillingen’ kan elimineren, kan hij vanzelfsprekend ook meer winst maken. Dus zowel de klant als de aannemer hebben baat bij het toepassen van de *Lean*-filosofie, want tijd en geld kunnen immers nuttig gebruikt worden. Bijvoorbeeld om te innoveren, te verbeteren, etc.

De oorzaak van dit probleem is dat de traditionele werkwijze zodanig is ingeburgerd dat aannemers moeilijk de stap durven zetten om een efficiëntere werkwijze te gaan hanteren. De oorzaak waarom de *Lean*-filosofie nog niet veel wordt toegepast, is omdat er nog niet veel onderzoek naar *Lean* specifiek in de bouwsector gedaan is. En dit terwijl dit een oplossing kan bieden voor de inefficiëntie in de bouw. In de bouwsector is het tegenwoordig al een uitdaging om winst te maken. Denk hierbij vooral aan openbare aanbestedingen. Het is duidelijk dat de bouwsector snakt naar oplossingen om efficiënter te bouwen.

### 1.3 Doelstelling

De focus van dit onderzoek ligt hoofdzakelijk op de bouwfase omdat hier potentieel ligt. Hiervoor verwijst men naar paragraaf 1.2. In de ontwerpfase is er ook potentieel (administratie, mails, plannen, etc.) maar dit valt buiten het onderzoekskader. De bedoeling van dit onderzoek is om de tijds- en geldwinst van een materiaalcontainer op een bouwterrein zoveel mogelijk in kaart te brengen bij gebruik van 5S. Het doel is bereikt als het tijdsverlies van het zoeken naar materialen in een materiaalcontainer op de werven tot een minimum herleid is. Een andere doelstelling is het ontwikkelen van een standaardcontainer die ervoor zorgt dat men een standaard heeft voor de toekomst. Als laatste wil men ook te weten komen of men kosten kan beperken door *Just-In-Time* toe te passen op reserveonderdelen.

## 1.4 Materialen en methodes

Om te beginnen wordt er gebruik gemaakt van een literatuurstudie, om meer inzicht te krijgen in de *Lean*-filosofie. Deze kan men terugvinden in Hoofdstuk 2 tot en met 4. Hieruit kan ook opgemaakt worden in hoeverre *Lean* al is toegepast in de bouwsector. Een geschikte methode om *Lean* te integreren in de materiaalcontainer is 5S. De 5S-methode bestaat uit volgende punten:

- scheiden: Gooi weg wat je niet echt nodig hebt;
- schikken: Geef alles een logische plaats: alleen dat binnen handbereik wat echt nodig is;
- schoonmaken: Inspecteer of het nog werkt;
- standaardiseren: Maak het herkenbaar;
- standhouden: Stimuleren van verbeteringen.

De bestaande toestand van de werf van het nieuwe politiekantoor te Hasselt (Campus H) zal in kaart gebracht worden en dit aan de hand van werfbezoeken. De pijnpunten worden dan uitgelicht zodat een oplossing kan geïmplementeerd worden (verspillingen elimineren) via 5S. Achteraf zal uit een evaluatie blijken of *Lean* effectief een oplossing kan bieden voor eerder vernoemde probleem. Men gaat de toepasbaarheid van het *Just-In-Time*-principe theoretisch onderzoeken door middel van een afweging van de kost in huidige toestand ten opzichte van de kost die men na implementatie zou hebben. Daarnaast wordt ontwikkeld aan de hand van zelfbedachte systemen om 5S standaard te kunnen toepassen in materiaalcontainers.

De praktische implementatie, resultaten en theoretisch onderzoek kan men terugvinden in Hoofdstuk 5. In Hoofdstuk 6 volgt een discussie van deze resultaten. In Hoofdstuk 7 wordt ten slotte de eerdergenoemde standaardcontainer uitgewerkt.

## 2 Lean

### 2.1 Wat is Lean?

Met *Lean* wil men het werkproces optimaliseren zodat men steeds zo snel en efficiënt mogelijk de klant tegemoet kan komen. Dit werkproces kan gaan van de administratie bij de overheid tot bij concrete productieprocessen in fabrieken. Bij *Lean* tracht men er steeds voor te zorgen dat elke handeling daadwerkelijk waarde voor de klant toevoegt. Daardoor zijn bedrijven, die volgens het *Lean*-principe werken, ook voortdurend hun werkproces aan het verbeteren naargelang de behoeften van de klant [1].

### 2.2 Ontstaan van Lean

Als men kijkt naar de geschiedenis van de *Lean*-filosofie komt men uit bij een grote autofabrikant: Toyota. Het was oprichter Kiichiro Toyoda die samen met zijn “Head of engineering” Taichi Ohno onder de indruk was van de efficiëntie van het Amerikaanse Ford. Hij wilde deze efficiëntie overbrengen tot in Japan. Toen botste hij echter op één probleem, namelijk dat er geen massaproductie in Japan mogelijk was omdat de vraag veel te laag was. Vlak na de oorlog werd een auto in Japan eerder beschouwd als een luxeproduct. Daardoor stelt Toyota Ohno aan om de filosofie van Ford aan te passen en zelfs nog efficiënter te maken. Daarbij ontstaat het *Just-In-Time*-principe (zie paragraaf 2.3.4.). Er wordt ook gestreefd naar het voortdurend verbeteren van het product en het werkproces. Wanneer in de jaren 70 door de oliecrisis de vraag naar auto's sterk daalt, blijft Toyota winstgevend. Dat ontgaat ook de westerse wereld niet en men neemt de productiemethodes van Ohno over. Op die manier ontstaat de term *Lean* en Toyota Productie System [2].

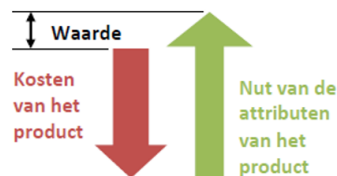
### 2.3 De vijf stappen

In *Lean* kan men vijf basisprincipes terugvinden [3]:

1. definieer de waarde vanuit het perspectief van de klant;
2. identificeer en visualiseer de waarde stroom en elimineer de verspillingen;
3. creëer een continue flow;
4. werk met pull-gestuurd systeem in plaats van een push-gestuurd systeem;
5. probeer voortdurend te verbeteren en streef naar perfectie.

### 2.3.1 Toegevoegde waarde

“Waarde is de algehele beoordeling van de klant over het nut van het product, gebaseerd op de percepties van datgene dat wordt ontvangen en datgene dat daarvoor wordt opgegeven” [4]. Men verwijst hiervoor naar Figuur 4. Men kan hier drie situaties onderscheiden. De eerste situatie is wanneer het nut van de attributen de kosten (in het geval van *Lean* is dit gerelateerd aan tijd en overbodige handelingen) overstijgt. Dan spreekt men van een product dat waarde heeft voor de klant. Ten tweede indien de kost van het product en het nut gelijk zijn, spreekt men van een product dat geen waarde heeft. Tenslotte spreekt men van negatieve waarde, als de kost van het product groter is dan het nut van het product. Men stelt dat men de waarde kan beïnvloeden door ofwel het verminderen van wat de klant moet opgeven ofwel het verbeteren van de prestaties [5]. Bij *Lean* is dat dus het eerste: men probeert de overbodige handelingen te verminderen en de tijd te verkorten. Men kan waarde opdelen in drie factoren. Basisfactoren, prestatiefactoren en enthousiasmerende factoren. Dit is te zien op Figuur 5.

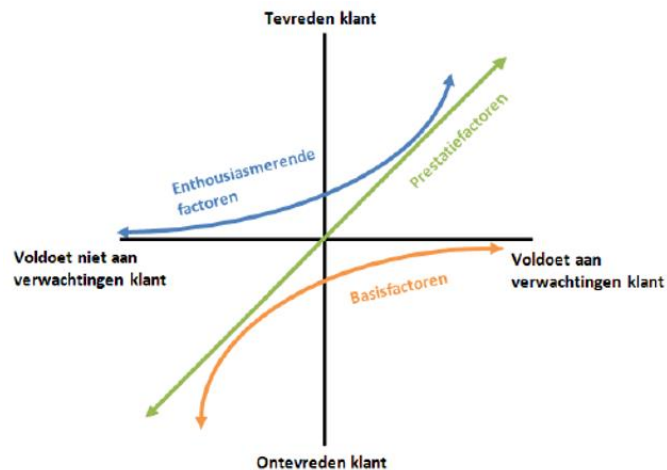


Figuur 4: Visualisatie van waarde [ [5]: p. 35]

Factoren	Beschrijving
<b>Basis factoren</b>	Minimale eisen die zorgen voor ontevredenheid als zij niet worden vervuld, maar die niet leiden tot klanttevredenheid als zij wel worden vervuld of overtroffen. Het vervullen van basis eisen is noodzakelijk, maar niet voldoende voor klanttevredenheid. De klant neemt basisfactoren aan als randvoorwaarden en verwacht dan ook dat hieraan geheel wordt voldaan. Om deze reden noemen klanten basisfactoren dan ook vaak niet expliciet.
<b>Prestatie factoren</b>	Factoren die leiden tot klanttevredenheid als zij worden vervuld of overtroffen, echter als zij niet worden vervuld kan dit leiden tot klantontevredenheid. Verbetering van deze factoren heeft daarmee in alle situaties positieve effecten op klanttevredenheid.
<b>Enthousiasmerende factoren</b>	Factoren die klanttevredenheid vergroten als eraan wordt voldaan, maar waarbij de klant niet ontevreden zal zijn als er niet aan voldaan wordt. Impliciet hecht de klant wel waarde aan deze factoren, maar de klant is zich hier niet van bewust. Pas wanneer aan de enthousiasmerende factor wordt voldaan merkt de klant dit op en stijgt de klanttevredenheid.

Figuur 5: Drie soorten waardefactoren [ [5]: p. 35]

Men kan ook deze drie begrippen koppelen aan *Lean* (zie Figuur 6). Bij de basisfactoren is het een verspilling om te investeren als de klant al tevreden is, maar er moet wel aan de basisvoorwaarden voldaan worden. Als men spreekt over prestatiefactoren zullen verbeteringen altijd leiden tot extra klanttevredenheid en dus tot extra waarde. Voor de enthousiasmerende factoren kan men alleen extra waarde creëren wanneer er voldoende aan de behoefte van de klant voldaan kan worden [5].



Figuur 6: Visualisatie waardefactoren [ [5]: p.36]

Het is belangrijk dat men ook in het kader van *Lean* het begrip “klant” opdeelt in twee groepen. Zo heeft men een onderscheid maken tussen interne en externe klanten. Een externe klant gebruikt de producten en/of diensten van een bedrijf. Zelf is de klant geen onderdeel van het bedrijf. Zij zijn essentieel voor het bedrijf. Hoe tevredener men de klant kan houden, hoe vaker deze klant zal terugvallen op de producten en/of diensten van het bedrijf. Een interne klant daarentegen maakt geen gebruik van de eindproducten en/of -diensten van het bedrijf. De klant is wel een deel ervan en maakt gebruik van de producten en/of diensten van een andere interne klant [6]. In de *Lean*-filosofie is het belangrijk dat men dus niet alleen de waarde maximaliseert voor de externe klanten. Men moet ook zorgen dat de waarde van de output van elk deelproces gemaximaliseerd wordt voor het volgend deelproces [5].

### 2.3.2 Waardestroom

Bij het toepassen van deze principes staat de klant al vanaf het begin centraal. De uitvoerende organisatie moet aan de klant vragen wat hij verwacht van het eindproduct. Zo kan men in elk werkproces drie soorten handelingen onderscheiden [3]:

1. handelingen die rechtstreeks waarde toevoegen voor de klant. Het is de bedoeling bij *Lean* om deze handelingen zo goed mogelijk te optimaliseren;
2. handelingen die noodzakelijk zijn maar niet rechtstreeks waarde toevoegen. Deze moet men proberen te reduceren. Een typisch voorbeeld daarvan is transport;
3. als laatste zijn er de stappen die geen waarde toevoegen voor de klant. Die moeten geëlimineerd worden.

Met die laatste handeling wordt verwezen naar de zeven verspillingen volgens *Lean* [3].

1. *overproductie*: het vooruit produceren op wat eigenlijk nodig is voor het opvolgende proces of klant. Dat is de ergste vorm van verspilling omdat het aan de overige zes verspillingen bijdraagt;

2. *wachten*: Medewerkers wachten bijvoorbeeld op onderdelen, tijdens de bewerking van een product, storing aan de machine etc.;
3. *transport*: onderdelen en producten onnodig verplaatsen;
4. *processing*: overbodige processtappen;
5. *voorraden*: meer op voorraad houden dan de minimale hoeveelheid nodig voor een precies gecontroleerd proces;
6. *beweging*: Operators maken onnodige bewegingen zoals zoeken naar onderdelen, gereedschappen, documenten etc.;
7. *correctie*: ondeugdelijke producten maken, rework etc.

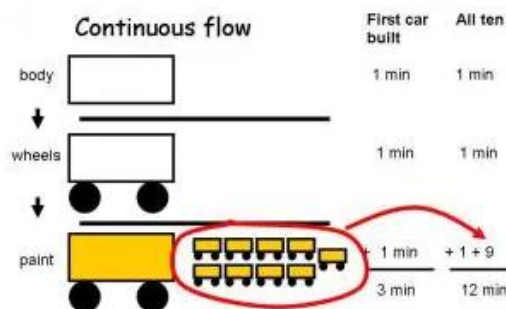
Er wordt ook nog gesproken van een achtste verspilling, namelijk het niet benutten van talent [7].

### 2.3.3 Flow

Als men spreekt over een proces, bedoelt men de manier waarop men de input gaat verwerken tot een output. De manier waarop men dat doet kan de tijd en efficiëntie van de output bepalen. Men maakt hier onderscheid tussen twee soorten: ‘*One-Piece-Flow*’, oftewel een ‘*Flow-Process*’, en een ‘*Batch-Proces*’. Deze betekenen het volgende [8]:

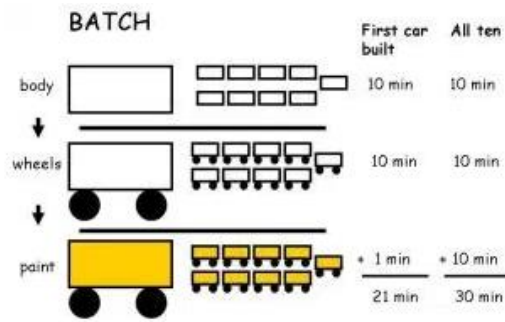
1. *Flow-Proces*: Hierbij streeft men naar een continue stroom van de producten. Dat samen met zo weinig mogelijk verspillingen tussen de verschillende stappen. Deze verspillingen kunnen zowel verplaatsing als tijd zijn [8];
2. *Batch-Proces*: In tegenstelling tot een flow-proces is het de bedoeling om bij een batch-proces steeds eerst een afgeronde hoeveelheid (een batch) de fabriceren en die dan pas naar een volgende productiestap te sturen [9].

Men deelt het maken van een auto bijvoorbeeld op in drie simpele stappen. Het maken van de carrosserie, het plaatsen van de wielen en het verven van de auto. Men veronderstelt dat elke stap één minuut in beslag neemt. Als men tien auto’s wilt maken, is men in het totaal twaalf minuten kwijt, waarbij de eerste auto na drie minuten klaar is. Dat is als men uitgaat van een ‘*Continuous-Flow-Proces*’ (Figuur 7). Als men dat gaat vergelijken met een ‘*Batch-Proces*’, zou de eerste auto pas klaar zijn na 21 minuten, terwijl alle tien de auto’s pas klaar zouden zijn na een half uur (Figuur 8) [10].



Figuur 7: Continuous-Flow-Proces [10]





Figuur 8: Batch-Proces [10]

### 2.3.4 Pull-systeem

Een typisch kenmerk van de *Lean*-filosofie is dat men met een *pull*-gestuurd systeem werkt in plaats van met een *push*-gestuurd. Het verschil tussen beide vindt men terug in de levering van de nodige materialen. Bij een *push*-gestuurd systeem levert men materialen op een vooraf uitgekozen tijdstip op een bepaalde plaats. Dat onafhankelijk van of men daadwerkelijk het materiaal nodig heeft op dat moment. Bij een *pull*-gestuurd systeem werkt men omgekeerd. Daar worden de nodige materialen pas geleverd op het moment dat ze daadwerkelijk gebruikt gaan worden. Men spreekt hier ook van Just-In-Time leveringen (vrij vertaald: juist op tijd). Het voordeel daarvan is dat men niet met onnodige stock zit die alleen maar meer zoekwerk, obstakels op de werf etc. veroorzaken. En dat is juist wat men met *Lean* wilt bereiken [8].

### 2.3.5 Voortdurend verbeteren

In de *Lean*-filosofie zijn er nog enkele begrippen die kort toegelicht moeten worden in verband met het voortdurend verbeteren van het productieproces. In dit onderdeel licht men kort twee methodes toe:

1. *kaizen*: Dat betekent letterlijk ‘veranderen naar beter’. Het is een cyclus van het voortdurend verbeteren van de processen en randvoorwaarden. Deze cyclus stopt niet zolang de perfectie van het productieproces niet bereikt wordt. Kenmerkend voor *kaizen* is dat het in elke laag van de organisatie voorkomt. *Kaizen* kent vijf basiselementen:
  - i. *kwaliteitskringen*: kwaliteits- en kostenbewustzijn;
  - ii. *cultuuromslag*: moraal verbetering en motiveren;
  - iii. *teamwerk*: samenwerking en communicatie;
  - iv. *persoonlijke discipline*: persoonlijke ontwikkeling van ieder teamlid;
  - v. *verbetersuggesties*: ideeënbus [11].
2. *deming-cirkel*: Dit is de visualisatie van het PDCA-principe (zie Figuur 6). Dat staat voor *Plan, Do, Check* en *Act*. Dit is te zien op Figuur 9;



Figuur 9: Deming-cirkel [11]

- i. *plan*: Na het identificeren van het probleem moet men een plan opstellen om te illustreren hoe men de verbeteringen en doelstellingen gaat behandelen. Het is belangrijk dat alle betrokken partijen zich daarin kunnen vinden;
- ii. *do*: In deze stap voert men de vooropgestelde acties daadwerkelijk uit. Het is belangrijk om de werknemers in deze stap mee te betrekken omdat er zo ook verantwoordelijkheid gecreëerd wordt;
- iii. *check*: Men gaat de ondernomen acties controleren met de vooropgestelde doelen. Daarvoor is een goede registratie in de *Do*-fase noodzakelijk. Men zoekt verklaringen voor eventuele afwijkingen en/of mislukkingen;
- iv. *act*: Op basis van bovenstaande evaluatie kan men besluiten en maatregelen nemen. Men zal ook de voorgaande resultaten borgen om zo een terugval op lange en korte termijn te vermijden (zie Figuur 10) [11].



Figuur 10: Vermijden van terugval [11]

## 3 *Lean* in de bouw

### 3.1 Wat is *Lean* bouwen?

*Lean* bouwen is het creëren van een bouwproduct dat zo goed mogelijk voldoet aan de behoeften van de klant met daarbij zo weinig mogelijk verspillingen. Door middel van verschillende *Lean*-methodes en -maatregelen streeft men met *Lean*-bouwen naar een efficiënter bouwproces. [7] Om de filosofie van *Lean*-te volgen, is het de kunst om tegelijkertijd te ontwerpen en te bouwen zodat de ontwerpfase en de bouwfase samenvallen. *Lean*-bouwen focust zich expliciet op het managen van waardestromen (via bv. *Value Stream Mapping*) en dat naast het traditionele managen van bouwen, waar de focus op transformatie ligt. Meer bepaald, de transformatie van bouwmaterialen in gebouwonderdelen. Een goede waardestroom is enkel mogelijk wanneer de bronnen van veranderlijkheid gecontroleerd zijn. Bronnen van veranderlijkheid in waardestromen zijn late leveringen van materiaal en gereedschap, ontwerpfouten, veranderingen van de bestelling, onjuist gebruik van personeel, stakingen, milieueffecten, etc. Het plannen en schematiseren van bouwactiviteiten is een belangrijke focus van het *Lean*-bouwen geworden. Overige veranderlijkheid kan opgevangen worden door gebruik te maken van buffers en flexibele capaciteit. Men kan doen aan *Lean*-bouwen door gebruik te maken van bekwame en multidisciplinaire teams, een continu proces en het elimineren van niet-waarde-toevoegende activiteiten. Via *Value Stream Mapping* brengt men alle waarde-toevoegende en alle niet-waarde-toevoegende activiteiten in kaart [12].

Belangrijk is ook dat men zich niet enkel focust op de duurzaamheid en de herbruikbaarheid van de gebruikte materialen. Men moet ook kijken naar de hoeveelheid gebruikte materialen. Het heeft geen zin om gigantische gebouwen te bouwen, alles moet zijn nut hebben [13].

Als men meer naar de manier van bouwen kijkt, komt men meteen bij prefab en modulair bouwen. Met prefab streeft men naar standaardisatie en een continue flow van materialen. Door te werken met prefab gaat de productiviteit en de bouwsnelheid omhoog. De geprefabriceerde elementen kunnen gemakkelijk met een kraan worden geplaatst. Dat in tegenstelling tot bij het in situ storten waar er buiten een kraan ook bekisting nodig is [12]. Bij modulair bouwen gaat men het in situ bouwen in grote mate vervangen door in de fabriek voorgefabriceerde structuren. Deze structuren zijn voor 95 procent klaar als ze uit de fabriek komen, inclusief vloeren, leidingen, verf etc. De afgewerkte structuren worden naar de werf getransporteerd en daar met een kraan op de fundering geplaatst. Omdat de productie gebeurt in een gecontroleerde fabrieksomgeving, kunnen modulaire huizen een veel hogere duurzaamheid verkrijgen dan gelijkaardige traditionele huizen. Als men modulair bouwen toetst aan het *Lean* principe dan wordt duidelijk dat er minder verspilling optreedt met betrekking tot de productietijd en de tijd op de werf zelf. Dat brengt met zich mee dat er minder schade wordt veroorzaakt aan de omliggende omgeving [14].

## 3.2 Waarom *Lean* toepassen in de bouw?

Tegenwoordig zijn er meer en meer projecten die planning en/of budget overschrijden. Er zijn zeer veel verspillingen in de bouw (zie paragraaf 3.3) en ook faalkosten spelen een grote rol in de bouwsector.

Faalkosten zijn alle kosten die onnodig ten behoeve van het eindproduct gemaakt zijn. Het onnodig inefficiënt verlopen van een bouwproces is de oorzaak van faalkosten. Door deze inefficiëntie voldoet het eindproduct vaak niet aan de afgesproken kwaliteitseisen of moeten er nog zaken hersteld of vervangen worden. Er zijn twee soorten faalkosten: directe en indirecte faalkosten. Directe faalkosten slaan terug op vakmanschap in de uitvoering (herstelwerk, materiaalverspillingen etc.) terwijl indirecte faalkosten vooral te maken hebben met vakmanschap in het management (verlies in planning, verlies in productiviteit, etc.) [15].

Een reden waardoor de planning wordt overschreden, en er dus noodzaak is om *Lean* toe te passen, is dat er veel tijd verspild wordt door op werven onnodig rond te lopen en te zoeken naar de nodige materialen. Men verspilt tijd door bijvoorbeeld materiaal te zoeken in ongeordende materiaalcontainers en door op en af te lopen naar de werkkeet om iets te vragen. Het is dus duidelijk dat er voldoende mogelijkheid is om *Lean* toe te passen in de bouw [7].

## 3.3 De acht verspillingen in de bouw

Volgens het *Lean*-principe is een verspilling iets dat geproduceerd wordt en niet echt gewild is door de eindgebruiker. Circa 80 procent van alle arbeid in de bouw is verspilling. Dit zijn er acht in totaal [16]:

1. *overproductie*: teveel of te vroeg produceren. Voorbeelden: leegstand van opgeleverde ruimtes, een bouwproject dat start wanneer slechts 70 procent verkocht is;
2. *wachten*: alle vormen van wachten. Voorbeelden: wachten op materiaal, op de droogtijd van stucwerk, de dakdekker die wacht op droog weer;
3. *transport*: het fysiek (of virtueel) verplaatsen en vervoeren van goederen en van documenten. Voorbeelden: het afvoeren van bouwafval, het langsbrengen van een werkbbon, het verticaal transport van goederen door middel van een kraan;
4. *processing*: producten of delen van diensten die niet voldoen aan de wensen van de klant. Voorbeelden: Stucwerk dat niet glad genoeg is waardoor de tegelzetter niet kan starten, beschadigde materialen omdat ze te lang buiten gestaan hebben of te vaak vervoerd zijn;
5. *voorraden*: uitgaven waar (nog) geen inkomsten tegenover staan. Voorbeelden: Onderaannemers hebben vaak dezelfde materialen op voorraad als de groothandel, op voorhand voor het hele jaar bestellen om korting te krijgen op bepaalde materialen;
6. *beweging*: onnodige beweging van mensen of materiaal/materieel. Voorbeelden: de calculator die op en af loopt naar de printer, opslagcontainers die in het hoekje van de bouwplaats staan in plaats van op de plek waar vandaag gewerkt wordt.

7. *correctie*: het herstellen van (onnodig) gemaakte fouten. Voorbeelden: het corrigeren van plannen, het herstellen van opleverpunten;
8. *niet benutten van talent*: het niet benutten van het potentieel talent. Voorbeelden: Iemand met veel verstand routinetaken laten uitvoeren, oplossingen van arbeiders niet serieus nemen.

### 3.4 Lean-technieken in de bouw

Er zijn verschillende technieken die toegepast worden in de bouwsector om de *Lean*-filosofie te implementeren. De vijf belangrijkste worden toegelicht.

#### 3.4.1 Lean-plannen

*Lean*-plannen, of *Lean Project Planning* (LPP) in het Engels, is een alternatieve aanpak voor het bekomen van een bouwplanning. Het basisprincipe is dat de volgende activiteit pas wordt uitgevoerd wanneer de voorgaande activiteit er effectief om vraagt. Niet eerder, maar ook niet later.

Door aan *Lean*-plannen te doen wordt er voortdurend waarde gecreëerd en ontstaan er geen grote voorraden. In tegenstelling tot bij een traditionele planning, die door de hoofdaannemer wordt opgelegd, zijn alle partijen vanaf het begin bij de planning betrokken. De *Lean*-planning wordt opgesteld door de ploegbazen, die dagelijks op de werf staan. Alle onduidelijkheden kunnen dan bij gezamenlijk overleg opgelost worden. In de bouwfase zelf wordt er dagelijks overlegd tussen alle partijen, dat noemt men *daily stand*, en wekelijks met de leidinggevenden.

Het grote voordeel van *Lean*-planning vertaalt zich vooral in de uitvoeringsfase. Er zijn veel minder onduidelijkheden omdat alles op voorhand met alle partijen is afgesproken. Achteraf zijn er geen onopgeloste problemen meer en aan de overgang tussen verschillende activiteiten wordt extra aandacht besteed. In het algemeen wordt het hele proces veel beter beheerst waardoor er een hogere kwaliteit bekomen kan worden in een kortere doorlooptijd. Via *Lean*-planning wordt het dus mogelijk om vroeger op te leveren zonder dat de kwaliteit achteruit gaat [17].

#### 3.4.2 Value stream mapping

*Value Stream Mapping* of VSM is het in kaart brengen van alle waardenstromen die belangrijk zijn in een proces, bijvoorbeeld een bouwproces. Als men gebruikt maakt van VSM verkrijgt men een visueel platform om de in- en output van de verschillende stappen in een proces vast te leggen. Ook de hulpmiddelen en de doorlooptijd worden in kaart gebracht. De vijf *Lean*-principes die de basis vormen van VSM zijn het precies definiëren van wat de klant wilt, zo veel mogelijk waarde creëren, de verspillingen elimineren, een vloeiend proces aanhouden en een *pull*-gestuurd in plaats van een *push*-gestuurd proces. De verschillende stappen in het proces kunnen worden onderverdeeld in drie categorieën zoals beschreven staat in 3.3.2 [18].

Het is een uitdaging om de waardenstromen in kaart te brengen bij het bouwen van een gebouw. Dat komt omdat er veel verschillende activiteiten plaatsvinden waarbij veel activiteiten ook nog eens simultaan verlopen. Daarentegen vereisen sommige activiteiten een bepaalde progressie van anderen. Daarbovenop zijn er grote fluctuaties in de grootte, de complexiteit en de mogelijkheden van een gebouw. Dat alles leidt tot variërende doorlooptijden en activiteiten die afhankelijk zijn van voorgaande activiteiten. Wanneer men het bouwen van huizen verplaatst naar een fabriek, modulair bouwen, is het proces oppervlakkig gezien wel al volgens de basis *Lean*-principes. In dat geval is er een continue *flow* en zijn er zeer weinig onafgewerkte producten omdat die huizen gebouwd worden volgens order [19].

### 3.4.3 *Visual Management*

Bij *Visual Management* wordt alle relevante informatie op de werkvloer of werf met eenvoudige visuele hulpmiddelen getoond. Daardoor kunnen medewerkers en managers direct zien of alles goed verloopt en of er al dan niet ingegrepen moet worden. *Visual Management* geeft dus de actuele operationele informatie over het proces, de medewerkers, de machines, de materialen en de methoden weer. Soms kan er ook strategische informatie getoond worden om medewerkers te informeren en te betrekken bij de organisatie. Bij *Visual Management* staat de werkvloer centraal omdat daar de waarde gecreëerd wordt. Belangrijke hulpmiddelen zijn *Kanban* (Japans voor visuele kaart of bord), *Andon* (Japans voor lantaarn, een signaleringssysteem), operationele prestatieborden en eventueel strategische borden. [20] Omdat er tegenwoordig steeds meer anderstaligen aan het werk zijn op de werven is *Visual Management* een handig hulpmiddel. De *Lean*-techniek maakt efficiënt werken mogelijk [7].

*Visual Management* heeft meer te bieden dan enkel het visuele aspect. Tijd is een basisgegeven in de hedendaagse competitieve wereld. Het is van groot belang dat men tijdig beslissingen kan nemen om succesvol te zijn. *Visual management* is een methode die snel de status van eender welk proces kan evolueren. Wanneer men op elk moment de status van het proces kent, is het veel gemakkelijker om als manager bij te sturen en om betrokken te geraken bij de personen die elke dag met het proces bezig zijn. Zonder *Visual Management* zullen problemen zich herhalen en zullen managers enkel kunnen bijsturen als problemen zich voordoen. Een goed voorbeeld van de nood aan *Visual Management* komt uit de sportwereld. Als de coach niet weet wat de stand is, hoeveel tijd er nog is en hoeveel time-outs hij nog heeft dan kan hij onmogelijk bijsturen als dat nodig zou zijn. Op vlak van management is dat net hetzelfde. Men moet in een oogopslag de status van het proces weten om te kunnen evalueren en eventueel bij te sturen. Men doet al aan *Visual Management* wanneer men bebording aanbrengt, labelt, locaties benoemt, kleurencodes gebruikt, metrische borden hanteert etc. [21].

### 3.4.4 BIM

*Building Information Managing* of BIM is een gespecialiseerde software om het efficiënt samenwerken van een projectteam te ondersteunen. Het is het beheren van een digitaal model waaraan informatie wordt gekoppeld. Het beperkt zich dus niet tot louter een 3-dimensionaal model. Het voordeel van dit digitaal model vertaalt zich voor iedereen wanneer alle ontwerpers, architecten, stabiliteitsingenieurs, ingenieurs technieken en aannemers in dit BIM-model

werken. Men kan voor de start van het project conflicten detecteren en corrigeren. Men kan eigenlijk het bouwproces al eens doorlopen voordat de bouwwerken van start gaan. Het principe van BIM steunt op de bereidheid om kennis te delen in plaats van deze af te schermen. Openheid en vertrouwen staan centraal en zo kan men samen een project afleveren met een maximale waarde voor de klant [22].

BIM zelf blijkt geen eenduidig begrip te zijn. Er worden verschillende interpretaties aan gegeven door de verschillende partijen. De ene partij gebruikt het vooral als een ontwerpmethodiek en een tekensoftware, terwijl de andere partij het eerder ziet als een samenwerkingsmodel. In feite zijn beide interpretaties juist. *Building Information Managing* is ontstaan om communicatie- en samenwerkingsproblemen in de bouwsector op te lossen. Om efficiënt met elkaar te communiceren zijn 3D-modellen echter noodzakelijk. Er zijn verschillende softwarepakketten waarmee men rechtstreeks in 3D kan modelleren. Uit het 3D-model kunnen vervolgens plannen, snedes en aanzichten verkregen worden. Het grote voordeel is dat deze programma's synchroon werken en aanpassingen zullen overal gedaan worden. Bovendien kunnen er ook eigenschappen en parameters worden toegekend aan alle verschillende elementen [22].

#### 3.4.5 5S-bouwplaatsinrichting

Bij het 5S-principe staat een vooraf uitgedachte bouwplaatsinrichting centraal. Een routine voor de af- en aanvoer van materieel en materialen is hierbij essentieel. Hierbij is het *Just-In-Time*-principe een handig hulpmiddel: het juiste onderdeel in het juiste aantal op de juiste plaats. Hierdoor krijgt men een goed georganiseerde werkplek en dat zorgt ervoor dat iedereen efficiënt, nauwkeurig en veilig kan werken. Veiligheid wordt verkregen omdat een opgeruimde en logische werkplek voor overzicht zorgt. De techniek 5S beschrijft in vijf stappen een gestandaardiseerde schoonmaak op de bouwplaats. De vijf stappen zijn scheiden, schikken, schoonmaken, standaardiseren en standhouden. Deze methode wordt in het volgende hoofdstuk uitgebreider toegelicht omdat ze ook gebruikt wordt in kader van het verdere onderzoek [7].





## 4 5S-bouwplaatsinrichting

Een van de krachtigste *Lean*-productie hulpmiddelen is 5S. Het staat voor de Japanse woorden *seiri*, *seiton*, *seiso*, *seiketsu* en *shitsuke*. De Nederlandse vertalingen zijn, zoals eerder vermeld, scheiden, schikken, schoonmaken, standaardiseren en standhouden. 5S is een eenvoudig hulpmiddel om een werf of werkplaats te organiseren op een propere, efficiënte en veilige manier. Het doel is om productiviteit te creëren en een gestandaardiseerd proces te introduceren. Elke stap vermindert verspilling en verhoogt de mogelijkheid om een taak volgens de standaarden en de wensen van de klant te voltooien [23]. De vijf stappen worden nu uitgebreid besproken in de volgende paragrafen. In de laatste paragraaf worden de voordelen van 5S toegelicht.

### 4.1 Scheiden (*seiri*)

De eerste stap is scheiden. Deze stap zorgt ervoor dat alle zaken die overbodig zijn voor het huidige proces verwijderd worden. Dat kan bijvoorbeeld met een rood label aangegeven worden. De twijfelachtige zaken worden dan gelabeld. Als het label er na enkele dagen nog op hangt, wil dit zeggen dat het niet essentieel is [23].

Het doel van deze stap is netheid. Dat wil zeggen dat alles wat er over blijft in de werkplaats of op de werf na het scheiden, gerelateerd moet zijn aan het werk. Om goed te scheiden moet men eerst bepalen wat men nodig heeft. Daarna moet men al de rommel en niet-werkgerelateerde materialen weggooien. Alle gereedschappen en materialen moeten geclassificeerd en opgeborgen worden. Tenslotte moeten alle zaken die kapot zijn, onbruikbaar zijn of zelden gebruikt worden verwijderd worden. Met behulp van Tabel 1 kan men bepalen hoe men bepaalde materialen moet gebruiken [24].

Tabel 1: Gebruik materialen volgens gebruiksfrequentie [ [23]: p.17]

Prioriteit	Gebruiksfrequentie	Hoe te gebruiken
Laag	Minder dan één keer per jaar	Gooi het weg
	Eén keer per jaar	Berg op weg van de werkplaats
Gemiddeld	Eén keer per maand	Berg samen op
	Eén keer per week	
Hoog	Eén keer per dag	Plaats op de werkplaats

### 4.2 Schikken (*seiton*)

De volgende stap is schikken. Door deze stap wordt een maximale efficiëntie verkregen. Organisatie en orde werken het beste als ze samen geïmplementeerd zijn. Met schikken wordt bedoeld dat alles gelabeld wordt en gemakkelijk toegankelijk is. Labelen is belangrijk voor personen die iets nodig hebben wat niet van hun is [23].

De stap schikken heeft als doel het creëren van orde. Daardoor wordt tijdsverspilling geëlimineerd tijdens het zoeken van de noodzakelijke hulpmiddelen wanneer men zich in het midden van een taak bevindt, omdat men door de orde er niet naar moet gaan zoeken. Men kan orde scheppen door de overgebleven zaken, na het scheiden, op een gepaste plaats te leggen. Daardoor kan men zaken snel en efficiënt stockeren en terugvinden. Schik hulpmiddelen, onderdelen en instructies op een manier zodat de meest gebruikte zaken het gemakkelijkste en het snelste te vinden zijn [24].

### 4.3 Schoonmaken (*seiso*)

Schoonmaken is de derde stap. Dat is de stap waar de meeste mensen aan denken als het over 5S gaat. Het doel van deze stap is de werkplaats netjes achterlaten zodat de werken de volgende dag snel hervat kunnen worden [23].

Het doel van de derde stap is properheid. Dat is van belang om te weten wat naar waar gaat en om te verzekeren dat alles is waar het moet zijn. Deze stap goed vervullen kan door de werkplaats of de werf, inclusief al het materiaal, schoon te maken. Men moet het ook schoon houden op een zorgvuldige en georganiseerde manier. Het identificeren en het elimineren van de oorzaken van afval en vuil is ook essentieel in het proces. Op het einde van elke werkdag dient de werkplaats te worden opgeruimd en moet alles terug op zijn plaats staan [24].

### 4.4 Standaardiseren (*seiketsu*)

Daarna gaat men standaardiseren. Alle procedures moeten consistent en gestandaardiseerd zijn zodat werknemers specifieke functies op dezelfde manier kunnen uitvoeren. In deze stap worden bijvoorbeeld standaarden voor opruimen opgesteld omdat iedereen een ander idee heeft van opruimen [23].

Het doel van standaardiseren is het definiëren van standaarden waarbij personen de properheid moeten toetsen en onderhouden. Standaardiseren kan door het gemakkelijk maken van het onderhouden van de properheid. Men kan procedures, schema's en trainingen ontwikkelen. Men moet het gebruik van materialen blijven beoordelen en waar nodig zaken verwijderen van de werkplek. Alle werknemers die dezelfde taak uitoefenen zouden op elke werkplek met dezelfde hulpmiddelen op dezelfde locatie moeten kunnen werken [24].

## 4.5 Standhouden (*shitsuke*)

De laatste stap is standhouden. Het idee is om het proces te onderhouden en voortdurend te evalueren op verspillingen [23]. Het doel van deze laatste stap is onderhouden wat men al bereikt heeft. De verwezenlijkingen kunnen enkel standhouden als men de ontwikkelde standaarden evalueert en aanpast waar nodig. Wanneer de voorgaande vier stappen eenmaal volbracht zijn, is dat de nieuwe manier van werken. Men moet de focus op deze nieuwe manier van werken handhaven en een geleidelijke terugkeer naar de oude manier moet vermeden worden. De nieuwe manier van werken moet steeds geëvalueerd worden en men moet blijven denken aan betere manieren. Wanneer een bepaalde situatie, zoals een suggestie tot verbetering of een nieuw gereedschap, zich voordoet, moet men de vier eerste stappen herbekijken en eventuele aanpassingen doorvoeren [24].

## 4.2 Voordelen van 5S

Wanneer men 5S toepast in een werkplek of op een werf, zullen de voordelen van dit principe al snel duidelijk worden. Een groot voordeel is dat er meer ruimte vrijkomt doordat onbruikbare en onnuttige zaken geëlimineerd worden. De productiviteit gaat ook de hoogte in omdat er een vloeiend werkpatroon ontstaat en er tijd wordt bespaard als gevolg van het snel terugvinden van de materialen en hulpmiddelen. Als gevolg van de orde en properheid worden fouten en ongelukken tot een minimum herleid. Dat alles resulteert in een werkplek die gemakkelijker te leiden is. Bovendien leidt een propere en ordelijke werkplaats tot meer welzijn en meer motivatie. De 5S methode creëert ook een betrokkenheid tussen de werknemers en hun werkplek. Een laatste groot voordeel is dat door het toepassen van deze methode het imago van het bedrijf verbetert [24].



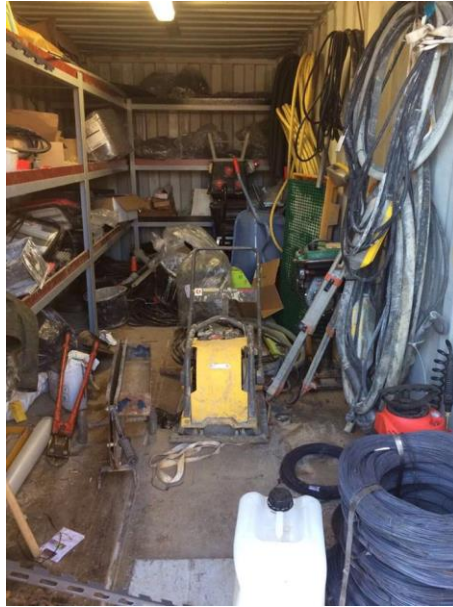
## 5 Praktisch onderzoek

In dit Hoofdstuk wordt de implementatie van 5S in een materiaalcontainer besproken. Ook het theoretisch onderzoek van *Just-In-Time* bij reserveonderdelen komt hier aan bod. Eerst begint men met het schetsen van de randvoorwaarden van het onderzoek. Dit is terug te vinden in paragraaf 5.1. In paragraaf 5.2 zal men de aanpak van elk deelonderzoek bespreken. Hierna, in paragraaf 5.3 volgen de resultaten en de verwerking ervan.

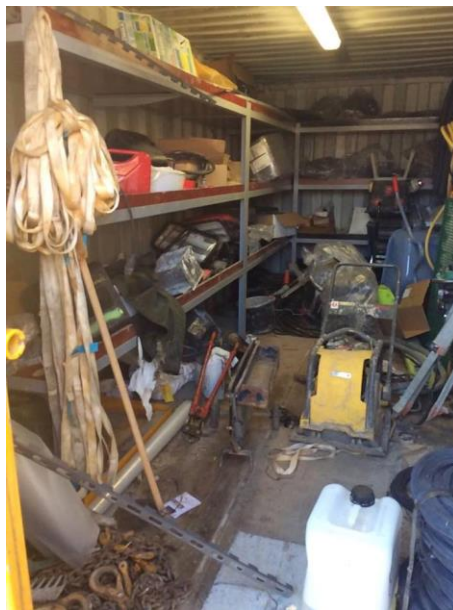
### 5.1 Randvoorwaarden

#### 5.1.1 Beschouwde werf

Men voert het onderzoek slechts uit op één werf. Dit is de werf van het nieuwe politiekantoor te Hasselt. Deze bevindt zich op de Zwarte-Brugstraat en loopt van mei 2016 tot de oplevering in juli 2018 [22]. Op Figuur 11 en 12 is een werfcontainer te zien aanwezig op deze werf bij aanvang van het praktisch onderzoek. Zoals men hier ziet is dit niet volgens het *Lean*-principe. Er zat geen lijn in de spullen die hier in lagen. Dit waren zowel bouwmaterialen als bouwmaterieel. Men heeft er dan ook voor gekozen om de focus van het praktisch onderzoek en dus ook van de implementatie van 5S op deze werfcontainer te leggen. Men heeft ervoor geopteerd om enkel het materieel volgens 5S te gaan organiseren en zo de eerste stap, het scheiden, te schrappen. Dit omdat de communicatie van de onderaanneming stroef verliep en men te weinig feedback kreeg van de onderaannemers om te kunnen scheiden. Hierdoor heeft men geen onderscheid kunnen maken tussen welke materialen en materieel wel en niet aanwezig zouden moeten zijn. Ook is het niet relevant om het bouw materiaal mee te organiseren. Dit omdat bouw materiaal zeer tijdsafhankelijk is en zo kan het zijn dat er elke week wel ander materiaal in de container ligt. Deze containers worden in paragraaf 7 verder theoretisch uitgewerkt om zo te kijken wat de “ideale” container volgens 5S zou zijn.



*Figuur 11: Werfcontainer voor implementatie (1)*



*Figuur 12: Werfcontainer voor implementatie (2)*

Daarnaast werd het *Just-In-Time*-principe wel al toegepast op de werf. Zo werden bijvoorbeeld de luchtkanalen pas geleverd op het moment dat ze geplaatst zouden worden. In bijlage A is het grondplan van de beschouwde werf te vinden. Hierop wordt duidelijk dat er niet veel plaats op de werf is om bouwmaterialen te stockeren. Dit is ook de reden waarom er al veel aan *Just-In-Time*-leveringen gedaan wordt op deze werf. Ook heeft men de werf niet vanaf het begin kunnen opvolgen dus was de werf al verbonden aan bepaalde contracten. Hierdoor is er voor het *Just-In-time*-principe geen praktische implementatie gebeurd. Wel gaat men zoals eerder vermeld *Just-In-Time* theoretisch benaderen in verband met de reserveonderdelen. De aanpak en resultaten hiervan kan men verder in dit Hoofdstuk terugvinden.

Belangrijk is nog te vermelden dat op de werf, twee materiaalcontainers aanwezig zijn. Eén mobiele container en één vaste container. De mobiele container wordt verplaatst met de werkplek mee omdat deze spullen bevat die dagdagelijks worden gebruikt. In tegenstelling hiervan liggen de minder frequent gebruikte materialen best in de onderste container. Als er bijvoorbeeld op de 5<sup>de</sup> verdieping bekisting wordt geplaatst, zal de mobiele container op het vijfde verdiep worden geplaatst. De vaste container staat altijd onderaan de werf. Men heeft enkel deze vaste container gebruikt voor de implementatie van 5S. Dit omdat de mobiele container gebruikt wordt voor materialen die de onderaannemer zelf meebrengt. Bovendien wordt er onderzocht wat de impact is indien de materialen niet in de juiste container liggen. Dit heeft vooral betrekking op de instandhouding.

### 5.1.2 Praktisch onderzoek beperkt tot één bouwfase

Tijdens de start van de praktische implementatie van 5S in de containers was men bezig aan de ruwbouw. Dit is te zien op Figuur 13 en 14. Hier was men toen aan het 3<sup>e</sup> verdiep bezig. De gehele implementatie en het onderzoek vond plaats in deze ruwbouwfase. Het voordeel hiervan is dat men de containers niet moet herinrichten gedurende het gehele praktische onderzoek. Wanneer men van bouwfase verandert, verandert ook het materieel dat dagdagelijks gebruikt wordt. Hierdoor zal men zowel de container op de grond als de meegaande container moeten herinrichten zodat het materieel dat veel gebruikt wordt, terug vooraan komt te liggen. Bovendien moet men bij dergelijke overgangen van bouwfases materieel uitwisselen tussen de meegaande container en deze op de grond.



*Figuur 13: Werfsituatie bij aanvang praktisch onderzoek (1)*



Figuur 14: Werfsituatie bij aanvang praktisch onderzoek (2)

### 5.1.3 Buitenlandse onderaanneming

Belangrijk is te weten dat Kumpen het grootste deel van zijn werk in onderaanneming uitbesteedt. Dit vooral aan buitenlandse onderaannemingen. Hierdoor werkt men met verschillende mentaliteiten en culturen op de werf. Dit heeft verschillende beperkingen voor niet alleen het onderzoek, maar ook voor *Lean* in het algemeen. Eerst en vooral is een vlotte communicatie niet mogelijk. De kennis van de Franse en Engelse taal van de ploegbazen is meestal beperkt. Hierdoor is het uitleggen van het *Lean*-principe niet altijd duidelijk voor hen. Ook verschilt de mentaliteit van deze onderaannemers tegenover de mentaliteit in België. Opruimen en hun werkplek organiseren lijken voor hun tijdverspilling omdat dit in hun ogen niet echt iets oplevert. Hier verwijst men naar paragraaf 7.3 waar men bespreekt hoe men dit probleem kan proberen te beperken.



## 5.2 Aanpak

### 5.2.1 Praktische implementatie van 5S in de containers

Eén van de vragen voor het onderzoek is: “Hoeveel tijd, en bijgevolg geld, kan men winnen door de materiaalcontainer elke dag op orde te houden”. Men heeft dit, gelijk eerder vermeld, aangepakt via de implementatie van de 5S-*Lean* methode op de werfcontainer. Zoals aangehaald in paragraaf 5.1.1 heeft men de eerste stap geschraapt. Men is dus begonnen met stap twee: schikken. Omdat communicatie niet altijd even gemakkelijk is, zoals aangegeven in paragraaf 5.1.3, is een visuele methode een handig hulpmiddel. Daarom is ervoor gekozen om de container te schikken met behulp van *Visual Management*. Eerst heeft men voor elk materieel een logische plaats gekozen, zo werd het veelgebruikte zwaardere materieel eerder vooraan op de grond in de container geplaatst zoals te zien is op Figuur 15. Ook het lichter materieel wat men vaak nodig heeft, werd vooraan in de rekken geplaatst om aan de *Lean*-filosofie te kunnen beantwoorden. Materieel dat men minder nodig heeft, werd bijgevolg achteraan in de container gestockeerd.



*Figuur 15: Veelgebruikte zwaardere materialen*

Hierna werden bij de materialen geplastificeerde foto's met de Engelse benaming gehangen zoals in Figuur 16. Er werd gekozen voor de Engelse benaming omdat dit de voertaal op de werf is als gevolg van de vele buitenlandse onderaannemingen. Omdat er in een materiaalcontainer ook klein bouwmaterial worden opgeslagen heeft men ervoor gekozen om achteraan in de container hier plaats voor te voorzien. In Figuur 17 wordt dit weergegeven. In

Figuur 18 is te zien hoe de container eruitzag na implementatie. Extra foto's kunnen teruggevonden worden in bijlage B.



*Figuur 16: Geplastificeerde foto's Visual Management*



*Figuur 17: Plaats voor stockage van kleine bouwmaterialen*



*Figuur 18: Geordende container volgens 5s met Visual Management*

De volgende stap, het schoonmaken, hangt samen met de laatste stap, het in standhouden. Na het opruimen is men drie keer op de werf gaan kijken, om te zien hoe de arbeiders deze organisatie aanhielden en of ze zelf het initiatief namen om op te ruimen. De verdere bespreking hiervan kan men terugvinden in paragraaf 6.2. De vierde stap bespreekt men verder in Hoofdstuk 7. Hier gaat men kijken hoe men in de toekomst de containers kan gaan standaardiseren om zo het 5S principe door te trekken naar alle andere werven en de instandhouding te garanderen.

In verband met deze implementatie zijn er twee metingen uitgevoerd. Eerst heeft men voor het opruimen van de werfcontainer gemeten hoelang het duurt om tien welbepaalde materialen terug te vinden door een arbeider van de beschouwde werf. De onderzochte materialen zijn terug te vinden in Tabel 2. Men heeft ervoor gezorgd dat deze steekproef van tien gereedschappen bestaat uit materieel dat varieert in lengte en grootte.

Tabel 2: Materialen gebruikt voor metingen

<b>Materiaal</b>	
16A-kabel [25]	
32A-kabel [26]	
63A-kabel [27]	
Varkensbrander [28]	
Pallettenhaak	
Betonboor Hitachi	
Valbeveiliging	

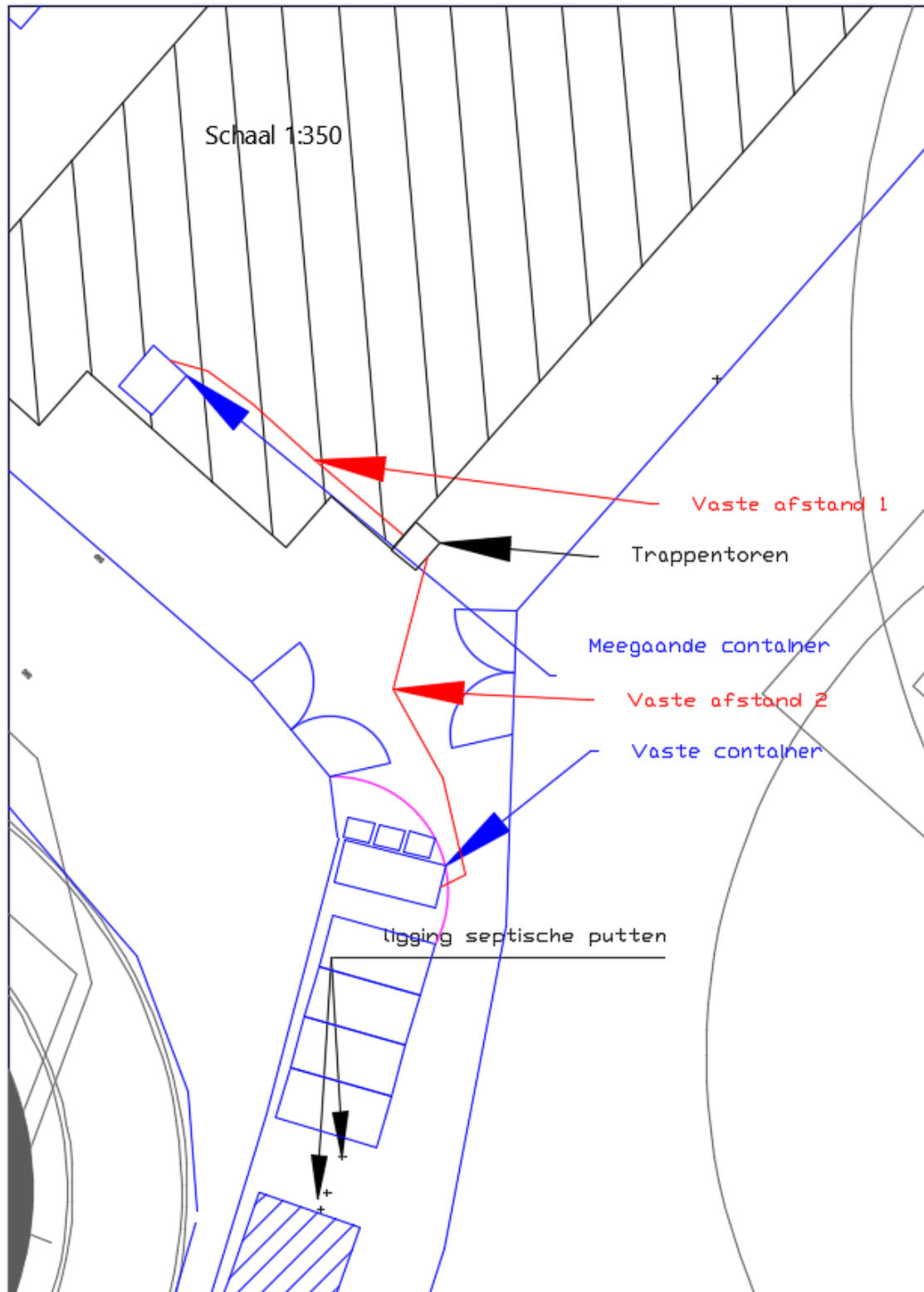
Spytze 12 [29]	
Wacker 12 [30]	
Handboor Hitachi [31]	

Er werd voor gekozen om enkel de tijd te meten vanaf dat de werknemer in de container binnenging totdat hij met het materieel terug naar buiten kwam. Dit om enkel de winst van zuiver het opruimen van de container te meten. Na het opruimen werd deze zelfde meting opnieuw uitgevoerd met dezelfde arbeider. Zo kon men het verschil zien. Na deze meting deelt men het resultaat door het aantal materialen om zo de gemiddelde tijds winst of -verlies per materiaal te verkrijgen.

Ook heeft men onderzocht wat de impact is wanneer materieel in de foute werfcontainer ligt. Met fout wordt bedoeld dat materieel in de vaste container ligt indien dit volgens het 5S-principe in de meegaande container zou moeten liggen, of andersom. Indien materieel fout ligt zal het dus betekenen dat een arbeider een afstand te veel zal moeten afleggen. Om te kunnen bepalen hoe lang het duurt om deze extra afstand af te leggen, moesten er verschillende metingen uitgevoerd worden. Zoals vermeld in paragraaf 5.1.1 zijn er op de beschouwde werf zelf twee containers aanwezig. Men heeft bepaald hoelang het duurt om van de mobiele container tot de vaste (opgeruimde) container te wandelen. Eerst werd de tijd om de afstand van de vaste container tot onderaan de trap te overbruggen gemeten. Vervolgens werd de tijd bepaald om van bovenaan de trap naar de meegaande container op een bepaald verdiep te wandelen. Men beschouwt hierbij dat de mobiele container altijd op dezelfde plaats op het verdiep zal staan. Deze beschouwde ‘vaste’ afstanden zijn te zien op Figuur 19, dit is een uitvergroting van de beschouwde werf uit bijlage A.

Daarnaast werd de tijd die nodig is om via de trap één verdiep te stijgen of dalen bepaald. Dit door de trap van helemaal onderaan tot bovenaan in te meten en omgekeerd. De meting werd in twee richtingen uitgevoerd omdat er een klein tijdsverschil zit tussen naar boven en naar beneden gaan. Door uiteindelijk deze tijd te delen door het aantal verdiepen, vier in dit geval, verkrijgt men de tijd die erbij komt per verdiep dat er extra beschouwd wordt. Zo kan het resultaat uitgedrukt worden in tijdverlies in functie van het aantal verdiepingen dat men moet

overbruggen tussen de twee containers. Deze drie tijdsmetingen werden steeds in drievoud gemeten om zo uiteindelijk een gemiddelde te verkrijgen.










Figuur 19: Beschouwde vaste afstanden

### 5.2.2 Reserve onderdelen

Als laatste heeft men een klein theoretisch onderzoek gevoerd waarbij er geen metingen nodig waren op de werf zelf. Op een werf heeft men meestal van het belangrijkste materieel, zoals elektriciteit en dompelpompen, meerdere reserve toestellen staan in geval van nood. Dit is niet volgens het *Lean*-principe van *Just-in-Time*. Deze toestellen hebben een bepaalde huurkost. Men is nu gaan onderzoeken hoe de huurkost van meerdere toestellen bij het verhuurcentrum van Kumpen zelf zich verhoudt met de kost die men heeft indien men geen reserveonderdelen op de werf heeft. Deze laatste kost is de tijd die men verliest door het op en af rijden van de werfleider naar een verhuurcentrum en de huurprijs die men moet betalen voor de periode dat men het toestel huurt. Voor deze periode worden zes werkdagen beschouwd. De reden hiervoor is dat de levertijd van het verhuurcentrum van Kumpen maximaal een week bedraagt. Voor dit onderzoek heeft men de huurprijs voor zeven verschillende onderdelen opgezocht. De tijd en de bijkomende kost om heen en terug naar het verhuurcentrum te gaan werd ook geschat.

De huurprijs van zeven verschillende essentiële onderdelen. Aangezien de werven van Kumpen hun materialen huren van het verhuurcentrum van Kumpen zelf, heeft men deze prijs opgevraagd. De in dit onderzoek als meest essentieel beschouwde onderdelen op een werf zijn: elektriciteit paddestoelen, dompelpompen, elektriciteit kabels, werf verlichting en waterslangen. Deze prijzen kan men terugvinden in onderstaande tabel. Ook kan men hier de prijzen van een verhuurcentrum terugvinden. Dit om de vergelijking te maken indien men ervoor zou kiezen om geen reserveonderdeel op de werf te nemen en het dus nodig zou zijn om naar een verhuurcentrum te rijden indien er een onderdeel zou stuk gaan. Er is voor gekozen om de prijzen te hanteren van verhuurcentrum Boels. Dit omdat deze verhuurfirma goed vertegenwoordigd is in heel Vlaanderen. Merk op dat in deze tabel een verschil wordt gemaakt tussen dagen en werkdagen.

Tabel 3: Materiaalprijsen [32]

Materiaal		Prijs Kumpen (in €/werkdag)	Prijs verhuurcentrum (in €/dag)
Verdeelkast 32A		1,00	22,00
Verdeelkast 64A		1,20	38,00
Werkverlichting		45,33*	13,00
Dompelpomp 230 V 4,2 m <sup>3</sup>		100,00*	15,50
Waterslang 20 m		31,90*	9,00
Verlengkabels 32A		0,24	16,00
Verlengkabels 16A		0,10	11,00

\* Deze materialen kunnen enkel via Kumpen aangekocht worden. In de verdere berekeningen wordt hier rekening mee gehouden.



Daarnaast werd de tijd en kosten die men verliest aan het op en af rijden naar een verhuurmaatschappij opgezocht. Men heeft voor dit onderzoek aangenomen dat er binnen een straal van vijftien km van eender welke werf altijd een verhuurmaatschappij aanwezig zal zijn. Er wordt gerekend met een gemiddelde snelheid van 50km/h. Ook de kilometervergoeding moet men in rekening brengen. Omdat dit op en af rijden meestal zal gebeuren door een werfleiding, heeft men gekozen om te rekenen met hun uurloon. Bij Kumpen rekent men met een loonkost van 68 euro per uur voor een werfleider. In paragraaf 5.3.4 Tabel 14 kan men de resultaten van dit onderzoek terugvinden.

## 5.3 Resultaten

### 5.3.1 Metingen

In Tabel 4 kan men de resultaten van de eerste meting terugvinden.

Tabel 4: Meting 1: Implementeren van 5S op de werfcontainers

<b>Materiaal</b>	<b>Meting voor implementatie (in sec.)</b>	<b>Meting na implementatie (in sec.)</b>
16A-kabel	90	5
32A-kabel	15	10
63A-kabel	10	8
Varkensbrander	11	8
Pallettenhaak	12	4
Betonboor Hitachi	60	5
Valbeveiliging	16	4
Spytze 12	7	7
Wacker 12	14	5
Handboor Hitachi	19	7
<i>Totaal (in sec.)</i>	<i>254</i>	<i>63</i>
<i>Winst (in sec.)</i>		<i>191</i>
<i>gemiddelde winst per materiaal (in sec.)</i>		<i>19</i>

In Tabel 5 kan men de resultaten van de tijdsmeting van de wandelweg terugvinden. Hierbij is onderaan gegeven wat het vaste verlies in tijd is per keer dat men van onder naar boven moet lopen. Het bijkomende verlies is gegeven in functie van het aantal verdiepen. Merk hierbij wel op dat het vast verlies afhankelijk is van welke werf men beschouwt. In dit geval zijn de 30 seconden vast verlies dus enkel van toepassing op de beschouwde werf van het onderzoek. De 33 seconden bijkomend verlies kan men wel beschouwen voor eender welke werf omdat de hoogte van een verdiep in het algemeen overal hetzelfde bedraagt.

Tabel 5: Meting 2: verschil in afstand tussen de 2 containers

<b>Wandelweg</b>	<b>Meting 1 (in sec.)</b>	<b>Meting 2 (in sec.)</b>	<b>Meting 3 (in sec.)</b>	<b>Gemiddelde (in sec.)</b>	<b>Per verdiep ( in sec.)</b>
Vaste afstand 1	12	9	9	10	/
Vaste afstand 2	21	20	19	20	/
Onderaan trap- bovenaan trap	71	76	70	72	18
Bovenaan trap- onderaan trap	54	62	60	59	15
<b>Vast verlies (in sec.)</b>	<b>Bijkomend verlies per verdiep (in sec.)</b>				
30	33				

### 5.3.2 Verwerking resultaten 5S

In Tabel 4 kan men duidelijk zien dat er een tijdswinst is van 191 seconden oftewel drie minuten en elf seconden. De gemiddelde tijdswinst per materiaal is bijgevolg negentien seconden. Dit wilt zeggen dat als men werkt met de implementatie van 5S in de werfcontainer, men per keer dat men een materiaal nodig heeft negentien seconden winst maakt. Bij dit onderzoek veronderstelt men dat elke arbeider, ongeveer één keer per uur een materiaal uit de werfcontainer nodig heeft. In Tabel 7, 8, 9 en 10 kan men de tijds- en geldwinst per gemiddeld aantal arbeiders op de werf, over een bepaalde periode terugvinden. Men heeft dit berekend aan de hand van volgende formule:

$$\begin{aligned} \text{Tijdswinst} &= \text{gemiddeld aantal arbeiders} * \text{aantal werkuren per dag} \\ & * \text{gemiddeld aantal keer materiaal uit de werfcontainer nodig per uur} \\ & * \text{aantal werkdagen per periode} * \text{aantal seconden winst per materiaal} \end{aligned}$$

$$\text{Geldwinst} = \text{Tijdswinst in seconden} * \frac{\text{gemiddeld uurloon arbeider}}{3600}$$

Men rekt met acht werkuren per dag. Het gemiddeld uurloon wat een arbeider verdient, is terug te vinden in Tabel 6.

Tabel 6: Lonen arbeiders

Uurloon onderaanneming (in Euro/uur)	Uurloon arbeider Kumpen (in Euro/uur)	Gemiddeld uurloon ( in Euro/uur)
30	38	34

Tabel 7: Winst per dag

Periode	Gemiddeld aantal arbeiders op de werf	Tijdswinst per dag (in sec.)	Tijdswinst per dag (in min.)	Geldwinst per dag (in euro)
Dag	5	764	13	7,22
	10	1528	25	14,43
	15	2292	38	21,65
	20	3056	51	28,86
	25	3820	64	36,08
	30	4584	76	43,29
	35	5348	89	50,51
	40	6112	102	57,72

Tabel 8: Winst per week

Periode	Gemiddeld aantal arbeiders op de werf	Tijdswinst per week (in sec.)	Tijdswinst per week (in min.)	Tijdswinst per week (in uur)	Geldwinst per week (in euro)
Week*	5	3820	64	1,1	36,08
	10	7640	127	2,1	72,16
	15	11460	191	3,2	108,23
	20	15280	255	4,2	144,31
	25	19100	318	5,3	180,39
	30	22920	382	6,4	216,47
	35	26740	446	7,4	252,54
	40	30560	509	8,5	288,62

\* In een week wordt gerekend met vijf werkdagen

Tabel 9: Winst per maand

Periode	Gemiddeld aantal arbeiders op de werf	Tijdswinst per maand (in sec.)	Tijdswinst per maand (in min.)	Tijdswinst per maand (in uur)	Geldwinst per maand (in euro)
Maand*	5	15280	255	4,2	144,31
	10	30560	509	8,5	288,62
	15	45840	764	12,7	432,93
	20	61120	1019	17,0	577,24
	25	76400	1273	21,2	721,56
	30	91680	1528	25,5	865,87
	35	106960	1783	29,7	1010,18
	40	122240	2037	34,0	1154,49

\* In een maand wordt gerekend met twintig werkdagen

Tabel 10: Winst per jaar

Periode	Gemiddeld aantal arbeiders op de werf	Tijdswinst per jaar (in sec.)	Tijdswinst per jaar (in min.)	Tijdswinst per jaar (in uur)	Geldwinst per jaar (in euro)
Jaar*	5	171136	2852	47,5	1616,28
	10	342272	5705	95,1	3232,57
	15	513408	8557	142,6	4848,85
	20	684544	11409	190,2	6465,14
	25	855680	14261	237,7	8081,42
	30	1026816	17114	285,2	9697,71
	35	1197952	19966	332,8	11313,99
	40	1369088	22818	380,3	12930,28

\* In een jaar wordt gerekend met 224 werkdagen

Men gaat dit nu ook berekenen voor de werf van het politiekantoor. Uit informatie van de werfleider blijkt dat op deze werf, elke dag gemiddeld 25 werknemers aanwezig zijn die elke dag acht uur werken. De duur van de werken wordt geschat op 380 werkdagen. Ook hier gebruikt men de aanname dat elke arbeider gemiddeld één materiaal per uur uit de werfcontainer nodig heeft. Men kan dan de geld- en tijds winst voor deze werf berekenen:

$$\begin{aligned} \text{Tijds winst} &= 25 \text{ arbeiders} * 8 \text{ uur} * 1 \text{ materiaal per uur} * 380 \text{ werkdagen} \\ &* 19 \text{ seconden winst} = 1451600 \text{ seconden winst of } 403,2 \text{ uur} \end{aligned}$$

$$\text{Geld winst} = 1451600 * \frac{34 \text{ € per uur}}{3600} = 13709,56 \text{ €}$$

Men kan deze winst ook procentueel gaan uitdrukken.

$$\begin{aligned} \text{Procentuele winst} &= \frac{\text{Tijds winst in uur}}{\text{Totaal aantal arbeidsuren}} * 100 \\ &= \frac{403,2 \text{ uur}}{25 \text{ arbeiders} * 8 \text{ uur} * 380 \text{ werkdagen}} * 100 \\ &= 0,53\% \end{aligned}$$

### 5.3.3 Verwerking resultaten materieel in de foute container

Men kan in Tabel 5 zien dat men op deze werf van Kumpen altijd 63 seconden zal verliezen per materiaal dat niet in de juiste container ligt. Men gaat er hierbij vanuit dat men alleen met twee containers werkt vanaf één verdieping hoogte. Dus wanneer men op gelijkvloers werkt zal er geen extra tijdsverlies zijn. Men heeft deze resultaten in tabellen gegoten waar men kan zien hoeveel tijd in minuten en hoeveel geld in Euro men verliest. Dit in functie van met hoeveel arbeiders men op een verdiep per dag werkt. Dit heeft men berekend aan de hand van volgende formules:

$$\begin{aligned} \text{Tijdsverlies} &= \text{aantal arbeiders op verdiep } x \\ &* \text{aantal materialen per arbeider per uur} * \text{aantal werkuren per dag} \\ &* \text{fractie van materiaal dat in de foute container ligt} \\ &* (\text{variabel verlies} * \text{verdieping} + \text{vast verlies}) \end{aligned}$$

$$\text{Geldverlies} = \text{Tijdsverlies in min} * \frac{\text{gemiddeld uurloon arbeider}}{60}$$

Men neemt aan dat tien procent van de materialen fout ligt. Verder doet men dezelfde aannames wat betreft werkuren en aantal materialen nodig per arbeider zoals in paragraaf 5.3.2. Voor de procentuele berekening is rekening gehouden met de situatie van de werf van het politiekantoor. Dit wil zeggen gemiddeld 25 arbeiders per dag die acht uren werken. Dit komt neer op 200 arbeidsuren per dag. De resultaten van deze formules kan men terugvinden in Tabel 11, 12 en 13.

Tabel 11: Tijdsverlies uitgedrukt in functie van het verdiep

Aantal arbeiders per verdiep	Materialen nodig voor dit aantal arbeiders	Aantal materialen die fout liggen	Verlies uitgedrukt per verdiep (in min./dag)			
			Verdiep 1	Verdiep 2	Verdiep 3	Verdiep 4
1	8	1	0,8	1,3	1,7	2,2
2	16	2	1,7	2,6	3,4	4,3
3	24	2	2,5	3,8	5,2	6,5
4	32	3	3,4	5,1	6,9	8,6
5	40	4	4,2	6,4	8,6	10,8
6	48	5	5,0	7,7	10,3	13,0
7	56	6	5,9	9,0	12,0	15,1
8	64	6	6,7	10,2	13,8	17,3
9	72	7	7,6	11,5	15,5	19,4
10	80	8	8,4	12,8	17,2	21,6

Tabel 12: Geldverlies uitgedrukt per verdiep

Aantal arbeiders per verdiep	Materialen nodig voor dit aantal arbeiders	Aantal materialen die fout liggen	Verlies uitgedrukt per verdiep (in euro/dag)			
			Verdiep 1	Verdiep 2	Verdiep 3	Verdiep 4
1	8	1	0,48	0,73	0,97	1,22
2	16	2	0,95	1,45	1,95	2,45
3	24	2	1,43	2,18	2,92	3,67
4	32	3	1,90	2,90	3,90	4,90
5	40	4	2,38	3,63	4,87	6,12
6	48	5	2,86	4,35	5,85	7,34
7	56	6	3,33	5,08	6,82	8,57
8	64	6	3,81	5,80	7,80	9,79
9	72	7	4,28	6,53	8,77	11,02
10	80	8	4,76	7,25	9,75	12,24

Tabel 13: Procentueel verlies toegepast op het politiekantoor

Aantal arbeiders per verdiep	Materialen nodig voor dit aantal arbeiders	Aantal materialen die fout liggen	Procentueel tijdsverlies per verdiep per dag			
			Verdiep	Verdiep	Verdiep	Verdiep
			1	2	3	4
1	8	1	0,007	0,011	0,014	0,018
2	16	2	0,014	0,021	0,029	0,036
3	24	2	0,021	0,032	0,043	0,054
4	32	3	0,028	0,043	0,057	0,072
5	40	4	0,035	0,053	0,072	0,090
6	48	5	0,042	0,064	0,086	0,108
7	56	6	0,049	0,075	0,100	0,126
8	64	6	0,056	0,085	0,115	0,144
9	72	7	0,063	0,096	0,129	0,162
10	80	8	0,070	0,107	0,143	0,180

### 5.3.4 Verwerking reserveonderdelen

Na het opzoeken van de prijzen in Tabel 3 van de verschillende materialen, weet men hoeveel het kost om een reservemateriaal permanent op de werf aanwezig te hebben. In Tabel 14 is dit nog eens opgesomd. Hier kan men ook de totaal kost terugvinden wat het materiaal bij een verhuurcentrum zou kosten. In deze totaal kost zitten volgende gegevens verwerkt:

*Totaalkost huren verhuurcentrum*

$$= (\text{huurprijs verhuurcentrum} + \text{kilometervergoeding} + (\text{rijtijd in min.} + \text{winkeltijd in min.}) * \text{uurloon werfleider} / 60) * 2$$

Hierbij wordt er gerekend aan een rijtijd van 50 km/h gemiddeld. Dit komt neer op 36 minuten voor vijftien km (zie paragraaf 5.2.2). Voor de winkeltijd neemt vijftien minuten. De loonkost van een werfleider bedraagt 68 euro/uur. De kilometervergoeding bedraagt 0,3363 euro/uur [33]. De uitkomst van deze formule kan men vinden in Tabel 14. Deze uitkomst wordt verdubbeld omdat men het materiaal uiteraard ook moet terugbrengen.

Tabel 14: Berekening materiaalprijzen

Materiaal	Huurprijs Kumpen (in euro/werkdag)	Aankoopprijs Kumpen (in euro)	Totaalkost huren voor 6 dagen* verhuurcentrum (in euro)
Verdeelkast 32A	1,00	/	267,78
Verdeelkast 64A	1,20	/	363,78
Werkverlichting (LED)	/	45,33	213,78
Dompelpomp 230 V 4,2 m <sup>3</sup>	/	100,00	228,78
Waterslang 20 m	/	31,90	180,78
Verlengkabels 32A	0,24	/	201,78
Verlengkabels 16A	0,10	/	195,78

\* Zie paragraaf 5.2.2

Hierbij kan men volgende formule op stellen om te zien of men winst kan maken.

$$\begin{aligned} \text{Winst/Verlies} &= \text{aantal reserve onderdelen} * \text{huurprijs van Kumpen} \\ &* \text{aantal werkdagen} - \text{aantal keer een materiaal nodig} \\ &* \text{totaalprijs huren verhuurcentrum} \end{aligned}$$

Hierbij neemt men voor het aantal werkdagen het totaal aantal werkdagen van de werf. Dit is een formule die men voor iedere werf kan toepassen. Als men deze formule toepast op de werf van het politiekantoor verkrijgt men volgende resultaten in Tabel 15. Hierbij heeft men geen rekening gehouden met het feit dat deze werf op korte afstand ligt van het magazijn van Kumpen

Tabel 15: Winst/verlies berekening voor een werf huren bij Boels

Materiaal	Aantal reserveonderdelen op de werf	Aantal werkdagen werf Politiekantoor	Winst/Verlies (in euro)*		
			Aantal keer nodig		
			1	2	3
Verdeelkast 32A	2	380	492,22	224,44	-43,33
Verdeelkast 64A	1	380	92,22	-271,56	-635,33
Werkverlichting (LED)	5	/	12,82	-200,91	-414,68
Dompelpomp 230 V 4,2 m <sup>3</sup>	1	/	-128,79	-357,56	-586,33
Waterslang 20 m	2	/	-116,99	-297,76	-478,53
Verlengkabels 32A	3	380	69,54	-132,24	-334,01
Verlengkabels 16A	1	380	-157,78	-353,56	-549,33

\* + = Winst

\* - = Verlies

Daarnaast kan men de berekening ook uitvoeren, rekening houdend met het feit dat men gaat huren bij het magazijn van Kumpen zelf omdat de beschouwde werf relatief kort bij dit magazijn ligt. Dit ligt op zes minuten rijden van de werf. De totaal kost van het huren voor zes dagen kan men terugvinden in Tabel 16. In Tabel 17 kan men dan de winst/verlies berekening voor het politiekantoor terugvinden.



Tabel 16: Totaalkost huren bij Kumpen

<b>Materiaal</b>	<b>Totaalkost huren/kopen voor 6 dagen* verhuurcentrum (in euro)</b>
Verdeelkast 32A	60,71
Verdeelkast 64A	61,91
Wurfverlichting (LED)	45,33
Dompelpomp 230 V 4,2 m <sup>3</sup>	100,00
Waterslang 20 m	31,90
Verlengkabels 32A	56,14
Verlengkabels 16A	55,31

Tabel 17: Winst/verlies berekening huren bij Kumpen

<b>Materiaal</b>	<b>Aantal reserven op de werf</b>	<b>Aantal werkdagen werf Politiekantoor</b>	<b>Winst/Verlies (in euro)*</b>		
			<b>aantal keer nodig</b>		
			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Verdeelkast 32A	2	380	699,29	638,58	577,87
Verdeelkast 64A	1	380	394,09	332,18	270,27
Wurfverlichting (LED)	5	/	181,32	181,32	181,32
Dompelpomp 230 V 4,2 m <sup>3</sup>	1	/	0	0	0
Waterslang 20 m	2	/	31,90	31,90	31,90
Verlengkabels 32A	3	380	215,18	159,0452265	102,91
Verlengkabels 16A	1	380	-17,31	-72,62	-127,93

\* + = Winst

\* - = Verlies



## 6 Discussie

In dit hoofdstuk gaat men de resultaten uit Hoofdstuk 5 en de verwerking ervan bespreken. Men gaat hier eerst en vooral kijken of het wel nuttig is om 5S toe te passen op de container en dus op een bouwwerf. Ook gaat men kijken of men de kost van reserveonderdelen op de werf kan inperken door naar een verhuurcentrum op en af te rijden in geval van nood in plaats van reserveonderdelen permanent op een werf te voorzien (*Just-In-Time*-principe). Verder gaat men ook bespreken hoe de instandhouding van het geïmplementeerde 5S-systeem evolueerde in de werfcontainer. In elk onderdeel wordt gekeken naar de betrouwbaarheid van de materialen en een kritische reflectie over de gebruikte methodes gegeven.

### 6.1 Nut van *Lean*

#### 6.1.1 5S in container

As men kijkt naar Tabel 7, 8, 9, 10 en de procentuele uitwerking in paragraaf 5.3.2 kan men zien dat men door het opruimen van de materiaalcontainer 0.53 procent kan winnen in tijd en bijgevolg ook in geld. Dit percentage ligt lager dan verwacht. Als men als voorbeeld naar de werf van het politiekantoor kijkt, kan men in totaal maar twee werkdagen per arbeider uitsparen op de totale werfduur. Dit wilt zeggen dat men per jaar 25 arbeiders twee werkdagen van acht uur kan uitsparen of kan inzetten om bijvoorbeeld de werf op te ruimen. Op een werf met in totaal 380 werkdagen, zijn deze twee dagen vanzelfsprekend nihil.

Men moet bij dit lage percentage wel de betrouwbaarheid van de gebruikte meting (zie paragraaf 5.2.1) in vraag stellen. Er zijn namelijk een aantal factoren die deze metingen sterk hebben beïnvloed.

Eerst en vooral heeft men bij het uitvoeren van de metingen geen rekening gehouden met een gemiddelde zoektijd voor verschillende arbeiders. Men heeft slechts één arbeider één keer de tien materialen laten zoeken voor en na de implementatie. Het was hier beter geweest om bijvoorbeeld vijf arbeiders voor en na het opruimen de tien materialen te laten zoeken. Men kon dan een gemiddelde opstellen voor de zoektijd per materiaal. Ook was het uiteindelijk beter geweest om een opdeling te maken tussen verschillende categorieën van materialen. Zo had men bijvoorbeeld wel beter een onderscheid gemaakt tussen grootte en gewicht. Men kon dan uit die resultaten halen welke materialen wel of niet belangrijk zijn bij de 5S organisatie. Het feit dat bij de meting voor het opruimen, de container twee dagen ervoor al was opgeruimd door enkele arbeiders heeft vanzelfsprekend ook een impact op de resultaten. Hierdoor was het voor implementatie gemakkelijker om materieel te vinden en geeft dit dus een vertekend beeld. Als laatste heeft men ook niet onderzocht hoeveel materialen daadwerkelijk nodig zijn per arbeider per uur. De aanname van één materiaal per arbeider per uur is eerder een ruwe schatting maar kan in de realiteit verschillen.

Als men deze factoren in rekening brengt, denkt men dat het percentage hoger zou liggen als de 0,53 procent die men nu heeft bekomen. Men schat dan zeker aan anderhalf tot twee procent winst te komen. Wanneer men dergelijke resultaten kan bereiken, wordt de tijds- en geldwinst significanter. Daarenboven is in bovengenoemde winstmarge het feit dat 5S in

materiaalcontainers diefstal en schade beperkt niet meegenomen. Daarnaast spelen bepaalde randfactoren uit paragraaf 5.1 ook een beperkende rol. De implementatie was niet optimaal omdat het niet mogelijk was om vanaf het begin bij de werforganisatie betrokken te zijn. Daarnaast is het onderzoek ook slechts beperkt tot één bouwfase.

Een laatste opmerking die gemaakt dient te worden, is dat in dit onderzoek enkel het effect van 5S op een materiaalcontainer onderzocht werd. Wanneer men het 5S-principe kan doortrekken naar de gehele werf, kan men vanzelfsprekend meer resultaat bekomen. Met de gehele werf wordt bedoeld dat, naast de materiaalcontainers, men ook de stockage van bouwmaterialen op de werf gaat ordenen.

Wanneer men bovengenoemde randvoorwaarden en beperkingen in acht neemt, wordt het duidelijk dat het veralgemenen van dit onderzoek naar andere werven niet evident is. Om deze resultaten door te trekken naar andere werven zal er een globale statistische analyse van meerdere werven uitgevoerd moeten worden. Hierbij zou dan het aantal benodigde materialen per arbeider per uur en de exacte zoektijd naar een materiaal in de container door meerdere arbeiders gemonitord moeten worden. Dit monitoren wordt dan best gedaan over de gehele bouwduur zodat ook verschillende bouwfasen in kaart gebracht kunnen worden. Tenslotte kan men uit deze analyse dan een algemeen resultaat geldig voor elke werf bekomen.

### 6.1.2 *Just-In-Time* reserveonderdelen

Bij de resultaten van de *Just-In-Time* levering van de reserveonderdelen, kan men in Tabel 14 uit paragraaf 5.3.4 zien dat de huurkost om bij een verhuurcentrum te gaan huren redelijk hoog ligt. Het is dan ook belangrijk om de winst/verliesberekening uit paragraaf 5.3.4 te gaan toepassen bij aanvang van de werf, en een afweging te maken of het effectief wel winstgevend is om geen reserveonderdelen op de werf te hebben.

Zo kan men in de analyse van het politiekantoor zien dat het bijna altijd verlieslatend is om geen reserveonderdelen op voorraad te hebben. In dit voorbeeld is het enkel winstgevend indien:

- men maar twee keer een reserve verdeelkast nodig heeft van 32 A;
- men maar één keer een reserve verdeelkast van 64 A nodig heeft;
- men maar één keer een reserve kabel van 32 A nodig heeft;
- men maar één keer een reserve werfverlichting nodig heeft.

Omdat de huurprijzen van het magazijn van Kumpen laag zijn, is *Just-In-Time* niet echt toepasbaar op reserveonderdelen. Als kanttekening moet men hierbij wel maken dat de resultaten direct afhankelijk zijn van het aantal reserveonderdelen die men voorziet op een werf. Het kan wel nuttig zijn om dit principe toe te passen op een werf die kort bij het magazijn van de aannemer ligt. Indien dit het geval is, kunnen veel lagere huurprijzen verkregen worden. Men kan niet eenduidig bepalen vanaf welke afstand tussen werf en magazijn van de aannemer het beter is om het *Just-in-Time*-principe toe te passen op reserveonderdelen. De reden hiervoor is dat er parameters zijn die veranderen per specifieke werf, zoals het aantal voorziene reserveonderdelen, welke bepalend zijn voor de efficiëntie van *Just-In-Time*. Echter, omdat de beschouwde werf op korte afstand van het magazijn van Kumpen gelegen is, heeft men hier wel bovengenoemde afweging gemaakt. In deze oefening gaat men dus in geval van nood huren bij het magazijn van Kumpen zelf. Uit Tabel 17 blijkt dat dit in bijna alle gevallen winstgevend is.

Dit wil zeggen dat voor alle materialen, behalve de stroomkabels van 16A, men geen best geen reserveonderdelen op de werf voorziet.

Over het algemeen kan men besluiten dat het afschaffen van permanente reserveonderdelen geen significant economisch voordeel biedt indien men zou moeten gaan huren bij een verhuurcentrum. Men moet wel trachten om het aantal reserveonderdelen tot een minimum te beperken. Daarnaast is het wel nuttig om het *Just-In-Time*-principe toe te passen op reserveonderdelen voor werven die relatief kort bij het magazijn van de aannemer gelegen zijn. Voor verder onderzoek kan het dus interessant zijn om na te gaan vanaf welke afstand tussen het magazijn van de aannemer en de werf het nuttig wordt om *Just-In-Time* toe te passen op reserveonderdelen.

## 6.2 In stand houding van de container

### 6.2.1 Materieel in de juiste container

In paragraaf 5.3.3 kan men zien in Tabel 13 dat men op een piekmoment van tien arbeiders per verdiep 0,18 procent tijd/geld kan verliezen door het materieel niet de juiste container te leggen. Kort gezegd dus de 5S-organisatie niet in stand houden. Dit lijkt op het eerste zicht niet significant, maar dit is zuiver tijdsverlies wat men kan vermijden. Dit is in essentie dus extra winst bovenop de 0,53% van het 5S-systeem. Als men dit doortrekt over de bouwtijd cumuleert dit verlies tot een beduidend bedrag. Als men voor zowel de vaste als mobiele container de voorgestelde container uit Hoofdstuk 7 gebruikt, zou deze instandhouding beter kunnen gebeuren.

### 6.2.2 Evolutie 5S in container

Men is na het opruimen van de container, drie keer naar de werf gegaan om te zien hoe de implementatie van 5S in de werfcontainer zou evolueren. Deze evolutie kan men zien op Figuren 20 tot en met 22. Na één week is de organisatie behouden. Als men echter de container drie weken na implementatie bekijkt, is het vanzelfsprekend dat met geen rendement van 0,53 procent meer haalt. Het is dus noodzakelijk dat de 5S-organisatie in stand wordt gehouden.



*Figuur 20: Container direct na implementatie 5S*



*Figuur 21: Container 1 week na implementatie 5S*



*Figuur 22: Container 3 weken na implementatie 5S*

Hierbij komt nog eens het gegeven van paragraaf 6.2.2 waarbij er is aangetoond dat men nog een bijkomend verlies heeft wanneer materieel niet op de juiste plaats ligt. Om deze in standhouding te garanderen verwijst men door naar Hoofdstuk 7, waar er een standaardcontainer wordt voorgesteld. De standaardcontainer moet instaan voor de standaardisatie en instandhouding van het 5S-systeem in materiaalcontainers. Hierbij worden enerzijds oplossingen om wanorde te vermijden aangereikt en anderzijds worden ook de rollen van het werfpersonnel aangehaald.





## 7 Standaardisatie van *Lean* in materiaalcontainers

Zoals men kan terugvinden in de resultaten in paragraaf 5.3, biedt *Lean* een economisch voordeel. Maar hierbij is ook aangetoond in paragraaf 6.2 dat de instandhouding van dit systeem cruciaal is voor het behoud van deze economische winst. Om deze instandhouding te garanderen heeft men in dit hoofdstuk enkele *Lean*-systemen uitgewerkt. Men kan deze systemen dan toepassen in standaardcontainers die men op elke werf kan gebruiken. Om deze systemen optimaal te laten functioneren, is het van belang dat zowel de meegaande als vaste container voorzien worden van dergelijke systemen. Men heeft ook gekeken naar de economische kost van deze container en zijn *Lean*-systemen. Verder heeft deze container ook een lichte impact op het werf personeel. Deze impact wordt ook kort toegelicht.

### 7.1 *Lean*-systemen in standaard container

#### 7.1.1 Standaard bordjes *Visual Management*

Zoals eerder vermeld, werd in kader van *Visual Management* de materiaalcontainer geordend met behulp van visuele aspecten zoals papieren foto's . Om deze aanpak in de toekomst verder uit te breiden kan men standaard bordjes maken uit hout of metaal. Deze bordjes kunnen dan gemakkelijk hergebruikt worden. Men moet dan in de materiaalcontainers zelf ook haakjes voorzien om de bordjes op te hangen. Een extra voordeel van deze standaardbordjes is dat men de container gemakkelijk kan herinrichten. Dit kan nodig zijn omdat het benodigde materiaal per bouwphase verschilt. In de ruwbouwphase heeft men bijvoorbeeld regelmatig trilnaalden nodig terwijl men in de afwerkingsfase eerder kitgerief nodig heeft. Het is bovendien belangrijk dat in elke fase de container geordend wordt volgens het welbekende patroon van wat veel gebruikt wordt, ligt vooraan en wat zelden gebruikt wordt eerder achteraan. Dit wordt verder toegelicht in paragraaf 7.2. Om dit mogelijk te maken moeten de bordjes dus ook gemakkelijk verwisseld kunnen worden. Indien men voor alle gereedschappen standaardbordjes heeft, kan men de bordjes eenvoudig verwisselen.

Voor klein elektrisch materieel is dit systeem niet optimaal omdat gereedschappen zoals slijpschijven, handboormachines, etc. meestal in kisten zitten. Hierdoor zou men de bordjes moeten hangen boven een stapel van dergelijke kisten, wat erg onoverzichtelijk is. Men heeft dus geen overzicht van welke machines aanwezig zijn tenzij men alle dozen gaat openen. Een oplossing voor dit probleem wordt aangereikt in paragraaf 7.1.4.

#### 7.1.2 Badge-systeem

Men kan het geïmplementeerde systeem met de visuele bordjes verder uitbreiden naar een badge-systeem. Dit is dus een aanvulling om nog beter aan *Visual Management* te kunnen doen. Bovendien kan het aangepast worden aan de noden van een specifieke werf en wordt het dan ook toepasbaar op eender welke werf in eender welke container. Men moet dan elke werknemer voorzien van een persoonlijke badge en elk gereedschap en materiaal voorzien van een barcode.

Wanneer een arbeider dan een bepaald gereedschap nodig heeft, moet hij zijn badge scannen en ook het gereedschap. Wanneer hij dit materiaal later wilt terugleggen moet hij enkel het materiaal terug inscannen. Op deze manier kunnen gereedschappen in- en uitgecheckt worden. Dit heeft als grote voordeel dat men altijd een overzicht heeft van wie welk materiaal in zijn bezit heeft. Als dan een andere arbeider hetzelfde materiaal zou nodig hebben, kan hij snel te weten komen bij wie hij dit materiaal moet gaan zoeken. Door deze verdere ontwikkeling van dit systeem kan er dus nog extra tijd bespaard worden omdat men niet meer heel de werf moet aflopen om een bepaald materiaal te zoeken.

Een extra voordeel is dat de werfleider via zijn computer alles kan opvolgen. Hij kan zien wie op welk moment welk gereedschap heeft gebruikt. Bovendien kan hij ook zien op welk tijdstip een gereedschap werd in- en uitgecheckt indien dit nodig zou zijn. Daarnaast kan men bijvoorbeeld een poortje voorzien dat enkel opengaat indien er een badge gescand wordt. Dit heeft als gevolg dat de werfleiding kan te weten komen wie rommel heeft achtergelaten en is daarenboven preventie tegen diefstal.

Doordat men dit systeem kan programmeren zoals men wil, wordt het mogelijk om materieel op te delen in groepen. Elke container op een werf is dan een aparte groep en er kan een groep aangemaakt worden voor materieel dat niet meer op de werf thuishoort. Wanneer een bepaald gereedschap dan wordt gescand in de verkeerde container, kan er op het scherm een boodschap met de juiste container gecombineerd met een rood scherm verschijnen. Wanneer een materieel wat niet meer op de werf thuishoort gescand wordt, kan er een rood scherm met 'breng materieel naar de werfleiding' verschijnen. Hierdoor wordt het systeem nog efficiënter, en dus nog meer *Lean*, doordat men dan in een oogopslag op het scherm kan zien welk materiaal aanwezig of weg is.

### 7.1.3 Voorraadbeheer kleine materialen (*Just-In-Time*)

Een goede *Lean*-methode om aan voorraadbeheer te doen, is het *Just-In-Time*-principe. Zoals eerder vermeld, laat men de materialen best leveren wanneer ze echt nodig zijn of direct gebruikt gaan worden. Wanneer men dit hanteert, vermijdt men ongewenste stockage op de werf en het blijven zitten met grote overschotten. Daarom is het dus belangrijk dat in standaardcontainers een systeem wordt geïmplementeerd om *Just-In-Time* leveringen van kleine bouwmaterialen mogelijk te maken. Op de beschouwde werf voor het praktisch onderzoek werden er kleine bouwmaterialen zoals nagels, schroeven, afstandhouders en vloeistoffen gestockeerd in de materiaalcontainer. Omdat dit soort materialen terugkomt op de meeste werven, wordt er een standaardstelsel uitgewerkt voor het voorraadbeheer van deze bouwmaterialen.

Om *Just-In-Time* te kunnen werken, is het dus van belang dat men op een efficiënte manier kan achterhalen wanneer iets moet worden bijbesteld. Voor elk materiaal is het verbruik en dus ook de hoeveelheid wanneer er moet worden bijbesteld en de hoeveelheid die moet worden bijbesteld verschillend. Daarenboven zijn deze hoeveelheden ook nog eens tijdsgebonden. Dit zijn dus allemaal voorwaarden waaraan het systeem moet voldoen.

Een mogelijke manier om in een oogopslag te weten te komen of men iets moet bijbestellen is door gebruik te maken van doorzichtige standaardemmers en -jerrycans. Hierop kan men dan een lijn aanbrengen op een welbepaalde hoogte. Wanneer de vloeistof of het materiaal onder de

lijn komt, moet men gaan bijbestellen. Dit is een vrij eenvoudige en goedkope oplossing die ervoor zorgt dat men snel en efficiënt aan voorraadbeheer kan doen volgens de *Lean*-methode *Just-In-Time*.

Omdat het verbruik van elk materiaal verschillend is, moet men de hoogte van de lijn hierop afstellen. Dit wordt bijvoorbeeld mogelijk door de streep met plakband aan te brengen. Op deze manier wordt het mogelijk om het systeem aan te passen aan elk klein bouw materiaal op eender welke specifieke werf. De hoogte van de streep moet na de eerste bestelling van elk nieuw materiaal door de werfleider in samenspraak met ploegbaas bepaald worden. Een extra voordeel van deze streep met plakband aan te brengen is dat men de hoogte altijd kan veranderen gedurende de voortgang van de werf.

Naast de hoogte van de streep moet ook de hoeveelheid van bij bestelling voor elk specifiek materiaal bepaald worden. Dit gebeurt ook best in samenspraak met de ploegbaas.

#### 7.1.4 Standaard lades klein elektrisch werk gereedschap

Zoals aangegeven wordt in paragraaf 7.1.1 moet er een systeem ontwikkeld worden om ervoor te zorgen dat men op een efficiënte manier klein elektrisch werk gereedschap kan stockeren. Dit systeem moet ervoor zorgen dat het materieel altijd op de juiste plaats ligt, het verminderen van rommel en afval en het behouden van de bescherming die een kist biedt.

Een systeem dat aan deze voorwaarden voldoet is een ladensysteem. Dit zou dan bestaan uit standaardlades die aangepast worden aan de afmetingen van allerhande elektrische gereedschappen zoals handboormachines, slijpschijven, wipzagen, etc. Omdat men niet op elke werf exact dezelfde elektrische machines heeft, moet dit systeem aanpasbaar zijn aan eender welke werf. Dit kan men garanderen door opnieuw haakjes te voorzien voor de standaardbordjes uit paragraaf 7.1.2. Wanneer men dan de inhoud van een lade wenst te wijzigen, kan men simpelweg het bordje aanpassen.

Ook kan men de lades integreren in het badgesysteem uit paragraaf 7.1.1 en eventueel gecombineerd met kleurencodes op het gereedschap gelinkt aan een specifieke lade. Hierdoor kan men snel en efficiënt zien in welke lade welk materieel moet liggen en of het materieel aanwezig is of niet. Via het badgesysteem kan men zien of een materieel aanwezig is en door kleurencodes op de lades aan te brengen kan men zien in welke lade het materieel moet liggen door middel van een gekleurd scherm. Op elk gereedschap dient dezelfde kleurencode ook nog eens terug te komen.

Doordat de lades zorgen voor een afgesloten ruimte, worden de gereedschappen evengoed beschermd als in de kisten. Bovendien zorgt een afgesloten ruimte ervoor dat er minder afval en rommel ontstaat dan in gewone rekken. Dit is niet onbelangrijk met het oog op instandhouding.

#### 7.1.5 Standaardvakken voor zwaar materieel

Een ander probleem in materiaalcontainers is de stockage van zwaarder materieel. Omdat op het einde van de werkdag de arbeiders snel naar huis willen en lakser worden, hebben ze vaak de neiging om het zwaarder materieel vooraan in de container neer te zetten. Dit heeft als gevolg

dat het gangpad geblokkeerd wordt en dat de orde langzaam maar zeker zal afnemen. Een extra nadelig gevolg van deze laksheid is dat men materieel dat niet vaak gebruikt wordt, vooraan gaat stockeren. Dit is niet volgens het 5S-principe.

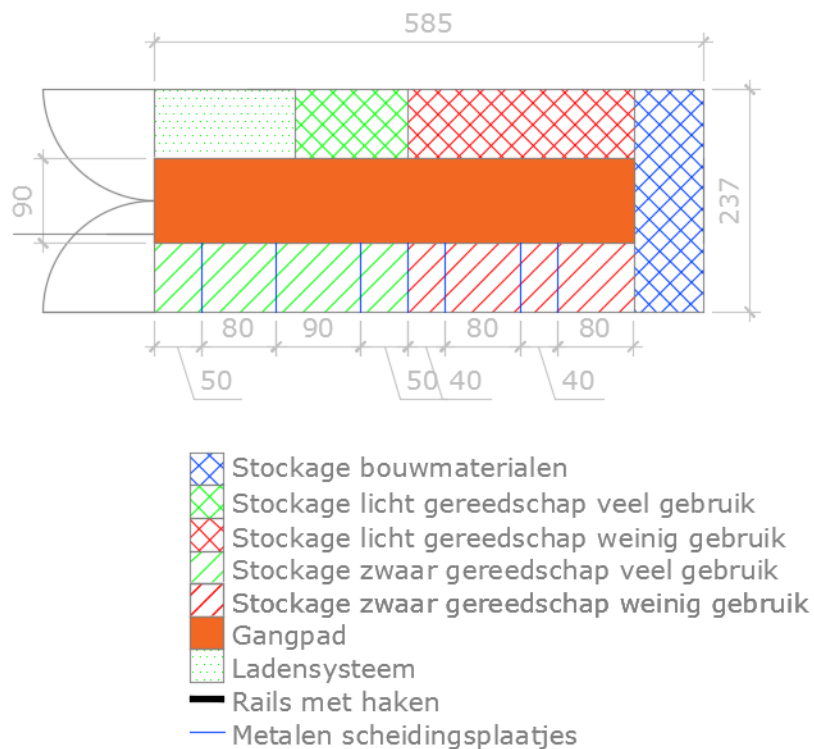
Een mogelijke oplossing is dat men in de container op de grond fysieke barrières voorziet tussen het zwaarder materieel. Dit kan bijvoorbeeld door het voorzien van metalen plaatjes. Ook hier is het belangrijk dat men de container en dus de plaats van alle materieel kan veranderen met verloop van tijd. Dit wordt mogelijk indien men de metalen plaatjes gemakkelijk van plaats kan veranderen door bijvoorbeeld een sleuf om de vijf centimeter te voorzien. De plaatjes moeten ook opvallen dus kleurt men deze best in een felle kleur, bijvoorbeeld oranje.

Door dit systeem opnieuw toe te passen in combinatie met de standaardbordjes en het badge-systeem, verkrijgt men een methode om zwaarder materieel overzichtelijk en efficiënt te stockeren. Door deze plaatjes doordacht te plaatsen wordt er optimaal gebruik gemaakt van de beschikbare ruimte.

## 7.2 Organisatie standaard containers

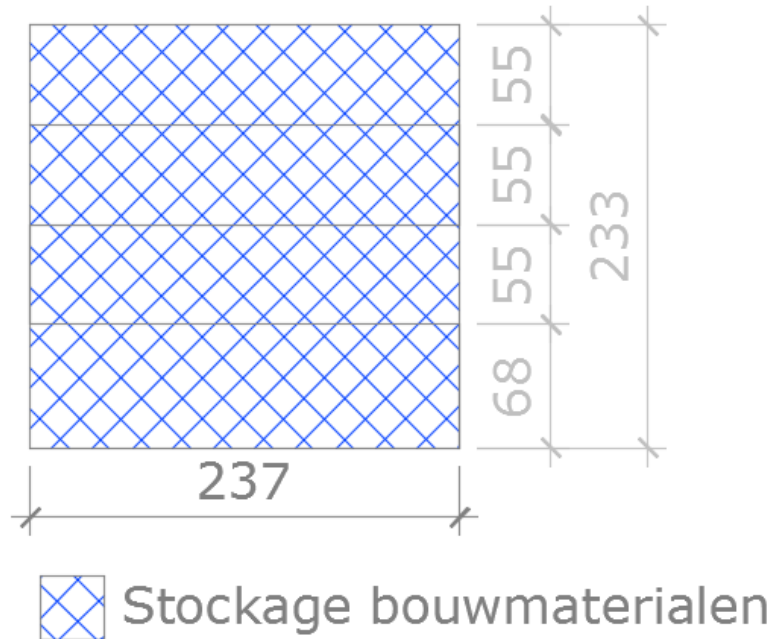
Met het oog op 5S is instandhouding en standaardisatie noodzakelijk. Hierdoor kan men tot de ontwikkeling van standaardcontainers komen. Wanneer men een container ontwikkelt die op elke werf kan worden toegepast, wordt dit soort container voor iedereen bekend. Dit heeft als grote voordeel dat iedereen vertrouwd wordt met het systeem en dat de instandhouding dan beter gegarandeerd kan worden.

Een standaardcontainer zou zo veel mogelijk moeten beantwoorden aan de noden van een specifieke werf. Om deze reden moet een standaardcontainer zo zijn opgebouwd dat hij aan elke werf aangepast kan worden. Standaardiseren wilt zeggen dat men zo veel mogelijk aspecten van de containers algemeen geldend maakt, zodat iedere betrokkene ermee vertrouwd geraakt. Er zijn heel wat zaken die op alle werven van toepassing zijn en dus kunnen materiaalcontainers er voor een groot deel hetzelfde uitzien. Daardoor zou men de *Lean* systemen die besproken zijn in paragraaf 7.1 hierin kunnen integreren. Hiernaast is de organisatie van zo een container zeer belangrijk. Zo is het bijvoorbeeld belangrijk dat materialen die veel gebruikt worden, best zo toegankelijk mogelijk moeten gestockeerd worden. Materialen die daarentegen zelden gebruikt worden, liggen bij voorkeur achteraan in de container. Daarnaast wordt op veel werven de materiaalcontainer naast de stockage van gereedschappen ook gebruikt voor de stockage van kleine bouwmaterialen. Dit laatste is zeker een aspect waarmee men beschikbare ruimte moet inboeten en dus rekening mee moet houden. In Figuur 23 is het bovenaanzicht van een mogelijk ontwerp van een gelijkvloerse materiaalcontainer weergegeven.



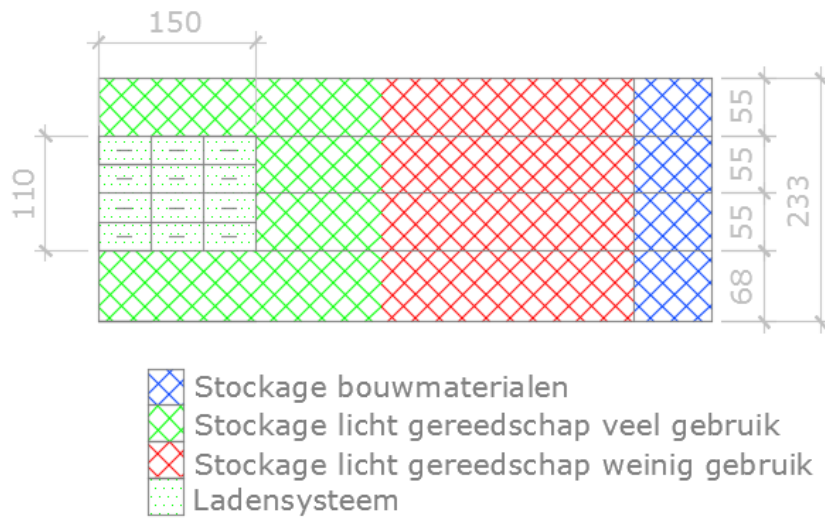
Figuur 23: Bovenaanzicht ontwerp standaardcontainers

Een standaard container van 20 ft. heeft binnen afmetingen van 5,85x2,33x2,37 m [34]. Omdat men aan alle materialen en gereedschappen in de container moet kunnen geraken, wordt er in het midden een gangpad van 90 cm voorzien. Dit gangpad heeft bij voorkeur een arcering of andere kleur dan de rest van de container. Op Figuur 23 is dit oranje gearceerd. Achteraan in de container wordt een rek voorzien om compacte, lichte bouwmaterialen te stockeren. Op Figuur 24 wordt het vooraanzicht van een rek voor bouwmaterialen weergegeven.



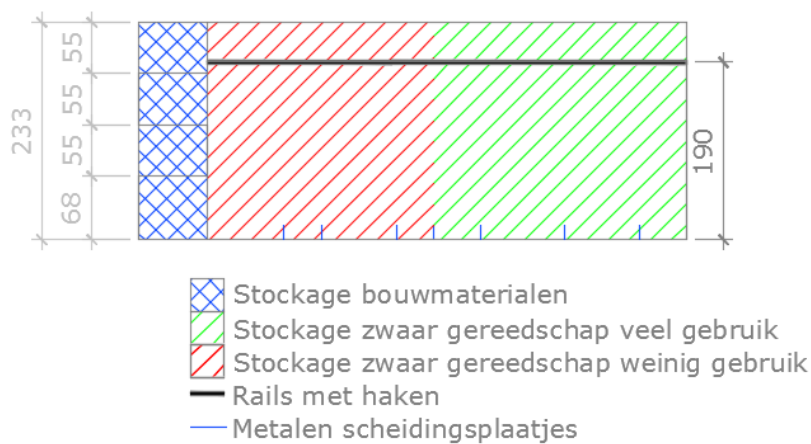
*Figuur 24: Rek voor stockage kleine bouwmaterialen*

De vakken voor de lichtere gereedschappen worden voorzien van rekken zodat men de ruimtes optimaal kan gebruiken. Ook is het ladensysteem uit paragraaf 7.1.4 toegevoegd. Op Figuur 25 kan men een zijaanzicht terugvinden van deze rekken en lades. De lades zijn nu weergegeven met afmetingen 50x73x27,5 cm buitenafmetingen. De breedte en de lengte zijn hier zo gekozen dat er bijna alle elektrische gereedschappen in passen. En de diepte is aangepast aan de beschikbare ruimte in de container. Voorbeelden van lichtere gereedschappen zijn een boormachine, een slijpschijf en een verlengkabel.



*Figuur 25: Vooraanzicht rekken en lades*

In de vakken voor de zwaardere materialen wordt er een onderscheid tussen materialen die men best ophangt en materialen die beter op de grond staan, zodat ook hier de ruimte optimaal benut kunnen worden en men de zware gereedschappen niet hoeft op te heffen. Trilnaalden en hijskettingen hangt men best op, terwijl trilstampers en stroompaddenstoelen best op de grond staan. Het systeem met scheidingsplaatjes uit paragraaf 7.1.5 werd ook toegevoegd. Daarnaast heeft men in plaats van vaste haken een rail toegevoegd met verschuifbare haken zodat alles aanpasbaar blijft aan de noden van een specifieke werf of bouwfase. Men kan op Figuur 26 het vooraanzicht van deze vakken en haken terugvinden.



*Figuur 26: Zijaanzicht vakken en rails met haken*

Op grotere werven waar er meer gelijkvloerse containers nodig zijn, kan men werken met module-containers. Elke module-container bestaat uit een standaardcontainer zoals eerder beschreven met het verschil dat er verschillend materiaal wordt gestockeerd per module. Omdat elke standaardcontainer wordt uitgerust met haakjes, kan men de bordjes per module-container eenvoudig aanpassen aan de noden van een specifieke werf.

In deze standaardcontainers worden zoals eerder vermeld de *Lean*-systemen vanuit paragraaf 7.1 geïntegreerd. De standaardbordjes, het badgesysteem, de scheidingsplaatjes en de lades zorgen voor een standaardcontainer die voldoet aan 5S en dit ook kan blijven gedurende het hele bouwproces. Een interessante aanvulling met het oog op *Just-In-Time* is het systeem met standaardemmers en -jerrycans toegelicht in paragraaf 7.1.3.

Een laatste opmerking bij deze standaardcontainers is dat men moet zorgen dat de materialen goed verdeeld worden over de gehele container. De reden hiervoor is dat er anders lege vakken ontstaan en dit aanspoort tot rommel achter te laten.

### 7.3 Motivatie arbeiders

Om het systeem van de standaard containers in stand te kunnen houden, is het belangrijk dat het werfpersonnel hier ook zijn steentje aan bijdraagt. De systemen die voorgesteld werden in paragraaf 7.1 zorgen voor een standaardisatie en in stand houding van de containers, maar het werfpersonnel dient ook bijkomende taken en verplichtingen na te komen zodat deze systemen kunnen werken. Hieronder worden deze beschreven voor zowel de werfleiding als de arbeiders. Ook wordt er aangehaald hoe men het probleem van de buitenlandse mentaliteit, zoals besproken in paragraaf 6.3, kan aanpakken.



### 7.3.1 Rol werfleiding

Eerst en vooral zorgen de verschillende systemen van paragraaf 7.1 voor enkele bijkomende taken voor de werfleiding. Deze taken worden opgelijst in Tabel 16.

Tabel 18: Taken werfleiding

Stelsel	Taak werfleiding
Badge-systeem	<ul style="list-style-type: none"><li>• Opvolging in- en uitchecken materieel</li><li>• Aanpassen materieel per container per bouwfase</li><li>• Materieel in de juiste groep uit paragraaf 7.1.1 onderverdelen</li><li>• Controleren participatie arbeiders</li></ul>
Standaardbordjes	<ul style="list-style-type: none"><li>• Verhangen bordjes per bouwfase</li><li>• Logische indeling container maken</li></ul>
Voorraadbeheer kleine materialen	<ul style="list-style-type: none"><li>• Opvolgen wanneer bijbestellen</li><li>• Bijbestellen (<i>Just-In-Time</i>)</li><li>• Aanvullen</li><li>• Controleren welke materialen van de werf verwijderd moeten worden</li></ul>
Standaardlades	<ul style="list-style-type: none"><li>• Controleren participatie arbeiders</li><li>• Controleren orde in lades</li></ul>
Standaardvakken groot zwaar materieel	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aanpassen positie plaatjes per bouwfase</li><li>• Logische indeling container maken</li></ul>

De werfleiding moet er dus voor zorgen dat de ploegbazen en arbeiders weten wat er verwacht wordt in verband met de instandhouding van 5S en andere *Lean*-systemen in de container. Dit kan hij doen door dagdagelijks een visuele inspectie uit te voeren van de materiaalcontainers en door de ploegbazen bijgevolg concrete aanwijzingen te geven. Gedurende deze visuele inspectie kan de werfleider ook de nodige informatie verschaffen om bovengenoemde taken efficiënt uit te voeren. Tenslotte moet de werfleider ook controleren of het gangpad van de container vrij blijft van rommel en/of materieel. Omdat een werfleider vooral een opvolgende functie uitvoert, past dit dus ook vrij goed in zijn takenpakket.

De containers worden meestal opgeruimd door de personen die het materiaal gebruiken. Op een bouwterrein zijn dit de arbeiders. Het is voor de instandhouding belangrijk dat men deze mensen gemotiveerd houdt. Ook dit is een bijkomende taak van de werfleiders. Men kan het werfpersonnel aansporen om zich in te zetten voor de instandhouding door ze op een gepaste wijze te belonen.

Een beloning kan bestaan uit een geldsom die bijvoorbeeld stijgt met het aantal weken dat de container in stand gehouden wordt. Dit is echter niet zo interessant in de praktijk omdat men

dan op voorhand deze kost moet meetellen in het kostenplaatje en dit dus zou kunnen oplopen tot een fors bedrag. Een beter alternatief is dat men bijvoorbeeld per maand dat de container op orde gehouden wordt, op vrijdag na het werk iets van eten of drinken voorziet. Men kan bijvoorbeeld al een frietkraam laten komen voor een richtprijs van 5,50 euro per persoon [35]. Naast de eerder beperkte financiële impact heeft dit soort beloningen nog een extra voordeel ten opzichte van een geldsom. Wanneer een werf met veel onder-aanneming werkt, is communicatie erg belangrijk. Goede communicatie kan men verkrijgen door een bepaalde band op te bouwen met alle betrokkenen. Deze maandelijkse beloningsactiviteiten kan men dus ook zien als een soort teambuilding, wat de samenwerking zeker kan bevorderen.

### 7.3.2 Rol arbeiders

Naast de werfleiding, krijgen ook de arbeiders extra taken en verplichtingen om een goede werking en instandhouding van de *Lean*-systemen te garanderen. Deze bijkomstige opdrachten worden opgelijst in Tabel 17.

Tabel 19: Taken arbeiders

Systemeem	Taak arbeiders
Badge-systeem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materieel in- en uitchecken</li> <li>• Rapporteren van problemen of opmerkingen naar werfleiding</li> <li>• Aanwijzingen scherm opvolgen</li> </ul>
Standaardbordjes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materieel op juist plaats terugleggen</li> <li>• Bordjes volgen</li> <li>• Rapporteren van problemen of opmerkingen naar werfleiding</li> </ul>
Voorraadbeheer kleine materialen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapporteren van problemen of opmerkingen naar werfleiding</li> <li>• Melden wanneer materiaal onder de streep komt</li> </ul>
Standaardlades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geen rommel achterlaten in de lades</li> <li>• Lades juist gebruiken</li> </ul>
Standaardvakken grote zwaar materieel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materieel op de juiste plaats terugzetten</li> </ul>

De arbeiders moeten dus actief deelnemen aan de systemen. Hun participatie is onontbeerlijk voor een goede werking en instandhouding van de *Lean*-systemen in de standaardcontainers. Daarnaast wordt er van de arbeiders verwacht dat ze elkaar controleren en motiveren. De beloning uit paragraaf 7.3.1 moet hun daarbij helpen. Wanneer iedereen wil streven naar deze beloning, gaan de arbeiders elkaar vanzelf motiveren en op de vingers tikken indien nodig.

## 7.4 Economische impact standaardcontainers

De theorie achter eerdergenoemde standaardcontainers is veelbelovend, in deze paragraaf wordt de economische impact onderzocht. De kosten worden afgewogen ten opzichte van de opbrengsten die men kan halen uit 5S op een bouwwerf. In paragraaf 6.2 kan men zien dat instandhouding erg belangrijk is. Deze standaardcontainers moeten ervoor zorgen dat de instandhouding op eender welke werf gegarandeerd kan blijven.

Om de economische impact van het invoeren van dergelijke standaardcontainers te bepalen gaat men de totaalkost van de investering per container bepalen. Deze totaalkost wordt geschat aan de hand van materiaalkosten en uurlonen die nodig zijn om een container in de huidige vorm te veranderen in een standaardcontainer uit paragraaf 7.2. In Tabel 20 kan men deze kosten terugvinden.

Tabel 20: Kosten standaardcontainer

Materiaal/arbeid	Eenheidsprijs (in euro) /Uurloon (in euro/uur)	Hoeveelheid	Eenheid	Kostprijs (in euro)
Scanner + barcode printer + software [36]	1 375,53	1	per stuk	1 375,53
Materiaal lades*	70,00	12	m <sup>2</sup>	840,00
Materiaal bordjes [37]	3,85	4	m <sup>2</sup>	15,39
Loonkost lades [22]	38,00	12	uur	456,00
Ophanghaakjes bordjes [38]	0,70	60	per stuk	41,94
Loonkost bordjes [22]	38,00	0,5	uur	19,00
Materiaal scheidingsplaatjes	200,49	1,1	m <sup>2</sup>	221,04
Loonkost scheidingsplaatjes [22]	38,00	1	uur	38,00
Emmers [39]	10,70	5	per stuk	53,50
Jerrycans [40]	11,95	5	per stuk	59,75
Plakband [41]	2,28	1	per stuk	2,28
Oranje verf [42]	27,99	1	liter	27,99
Loonkost verfwerken [22]	38,00	1	uur	38,00
Rail met haken [43]	675,69	1	per stuk	675,69
<b>Totaal (in euro)</b>		<b>3 864,11</b>		

\*Deze prijzen werden nagevraagd bij een lokale schrijnwerker

Voor de scanapparatuur telt men enkel de prijs van de software, scanner en barcodeprinter in de veronderstelling dat men deze software kan installeren op een laptop op computer die al reeds aangekocht is. Voor de hoeveelheid hout is enkel het bijkomende hout geteld. Dit wilt dus zeggen dat enkel de bordjes en de lades zijn meegerekend omdat de rekken nu al standaard in materiaalcontainers aanwezig zijn. De afbeeldingen op de bordjes worden gedrukt bij Kumpen NV zelf en worden dus buiten beschouwing gelaten. Als schatting voor het aantal bordjes wordt het aantal materieel in de container op de beschouwde werf voor het praktisch onderzoek

genomen. Voor de loonkosten van hout-, metaalbewerkers en ververs neemt men dezelfde kost als een arbeider van Kumpen NV. Dit komt dus neer op 38 euro per uur (zie paragraaf 5.3.2).

De totale bijkomende kost wordt dus geschat op ongeveer 3864,11 euro. De huur van een 20 ft. container bij het magazijn van Kumpen bedraagt 3,04 euro per dag. Bij Kumpen hanteert men een afschrijffperiode van vijf jaar. Met deze gegevens kan men dan de bijkomende huurprijs per dag bepalen. Door de totale bijkomende kosten van de investering te delen door vijf afschrijvingsjaren en 224 werkdagen per jaar, wordt er een bijkomende huurprijs van 3,45 euro per dag bekomen. Deze investeringskost kan vergeleken worden met de kost van de tijd die een arbeider verliest om naar materieel te zoeken. In Tabel 6 kan men zien dat het gemiddeld uurloon van een arbeider 34 euro bedraagt. Hieruit kan men besluiten dat wanneer er in totaal door alle arbeiders samen over een hele dag slechts zes minuten gezocht wordt, de investeringskost al terugverdiend is. Naast de instandhouding zal een standaardcontainer er ook voor zorgen dat het geïmplementeerde systeem uit paragraaf 5.2.1 efficiënter wordt. Ook zal er extra winst geboekt worden door de implementatie van het *Just-In-Time*-principe bij voorraadbeheer van kleine bouwmaterialen. Er zal dus significant meer winst geboekt kunnen worden dan bovengenoemde 0,53%. Voor verder onderzoek is het dus nodig om de exacte opbrengst en kost van een standaardcontainer te bepalen.

## 8 Besluit

Eerst en vooral kan men concluderen dat *Lean*-methode 5S tijd en geld kan besparen op een bouwwerf. Uit het onderzoek blijkt dat met 5S enkel te implementeren in materiaalcontainers er een rendement van 0,53 procent winst haalbaar is. Voor verder onderzoek is het nodig dat de gemaakte aannames worden onderzocht en geverifieerd. Daarnaast kan men de werkelijke impact van het 5S-principe doorgetrokken naar de gehele werf in kaart brengen.

Het 5S-systeem valt of staat met een goede instandhouding. De instandhouding slaat zowel op de organisatie van de werfcontainers als op het juiste materieel in de juiste container. Daarin spelen de werfleiding en de arbeiders ook aanzienlijke rol. Als oplossing werden hier standaardcontainers voor uitgewerkt. De economische impact van deze standaardcontainers bedraagt een investering van grootteorde circa 4000 euro per container. Deze investeringskost wint men al terug wanneer er in totaal door alle arbeiders samen over een hele dag slechts zes minuten gezocht wordt. Voor verder onderzoek kan men de effectieve bijkomende opbrengst en kost van deze standaardcontainers nog bepalen.

Verder kan men concluderen dat het afschaffen van reserveonderdelen geen significant economisch voordeel biedt in het geval dat men bij een verhuurcentrum moet gaan huren. Men moet hier wel de kanttekening maken dat dit van werf tot werf verschilt. De resultaten zijn direct afhankelijk van het aantal reserveonderdelen op de werf. Daarnaast is het wel nuttig om het *Just-In-Time*-principe toe te passen op reserveonderdelen indien de werf relatief kort bij het magazijn van de aannemer gelegen is. Voor verder onderzoek kan men bepalen vanaf welke afstand tussen magazijn van de aannemer en de werf dit winstgevend kan zijn.



## Literatuurlijst

- [1] J. Demers, „The Lean Philosophy,” *CMA Management*, pp. 32-33, Oktober 2002.
- [2] P. Huguenin, D. Binnerts en H. van Gestel, *Een Lean Overheid-Lean management voor overheidsorganisaties*, ODINTAKT, 2009.
- [3] Lean Management Instituut, „Lean Bouwen,” Nederland, 2010.
- [4] V. A. Zeithaml, „Customer Perceptions of Price, quality and value,” *Journal of Marketing*, vol. 52, nr. 3, pp. 2-22, 1988.
- [5] J. Konijnenberg, „Lean en Green Bouwen,” Universiteit Twente, 2014.
- [6] C. Joseph, „website van smallbusiness,” Hearst Newspapers, 2016. [Online]. Available: <http://smallbusiness.chron.com/internal-customer-external-customer-11698.html>. [Geopend 1 12 2016].
- [7] B. Hampton, Interviewee, *Masterproef Lean bouwen*. [Interview]. 6 November 2016.
- [8] S. Gao en S. P. Low, „The Toyota Way,” in *Lean Construction Management*, Singapore, Springer, 2014, pp. 49-100.
- [9] D. Persad, *Batch Testen*, Uitgeverij Tutein Nolthenius.
- [10] „Rasmusson software consulting,” wordpress.com, 2008. [Online]. Available: <https://rasmusson.wordpress.com/2008/04/16/batch-vs-continuous-flow-processing/>. [Geopend 3 12 2016].
- [11] R. Schreuder, „Leaninfo,” 2015. [Online]. Available: <http://leaninfo.nl/>. [Geopend 28 12 2016].
- [12] I. Nahmens en M. Mullens, „Lean Homebuilding: Lessons Learned from a Precast Concrete Pnelizer,” *Journal of architural engineering*, vol. 17, pp. 155-161, 2011.
- [13] D. Week, „Five principles of Lean building design,” Austria, 2010.
- [14] I. Namhmens en L. Ikuma, „Effects of Lean construction on Sustainability of Modular Homebuilding,” *Jouran of architectural engineering*, vol. 18, pp. 155-163, 2012.
- [15] P. J. Schoonderbeek, „Faalkosten: Realistisch te reduceren,” Universiteit Twente, Twente, 2010.
- [16] S. Hendriks, „Verspilling in de bouw,” ESW Advies, Beverwijk, 2014.
- [17] W. Noa, „Noa.nl,” Noa, [Online]. Available: <http://www.noa.nl/kenniscentrum/wat-is-lean-planning/>. [Geopend 6 December 2016].
- [18] S. Tyagi, A. Choudhary, X. Cai en K. Yang, „Value stream mapping to reduce the lead-time of a product development process,” *International Journal of Production Economics*, pp. 202-212, 2015.
- [19] Manufactured Housing Research Alliance, „Pilot Study: Applying Lean Principles to Factory Home Building,” New York, 2007.

- [20] Ondernemers Academie Zeeland, „Ondernemers Academie Zeeland,” 28 Oktober 2016. [Online]. Available: <http://www.ondernemersacademiezeeland.nl/Visueel%20management.html>. [Geopend 10 December 2016].
- [21] P. Nguyen en J. Mullen, „Visual Management,” *Printing Industries of America, The Magazine*, Maart 2014.
- [22] Kumpen NV, „Kumpen NV,” [Online]. Available: [www.kumpen.be/](http://www.kumpen.be/). [Geopend 10 December 2016].
- [23] A. E. Stickley, „5S Workplace Organisation Applied to Facility Management,” *Army Sustainment*, pp. 9-12, 2013.
- [24] N. Bajador, „5S: A Workspace Organization Method,” 2013.
- [25] „Twinseasons,” [Online]. Available: <https://www.twinseasons.nl/cee-verlengkabel-20-meter.htm>. [Geopend Maart 2017].
- [26] „Beslist,” [Online]. Available: [https://www.beslist.be/products/klussen/r/Showtec\\_cee\\_32a\\_verlengkabel\\_5\\_x\\_4mm2\\_\\_50\\_meter/](https://www.beslist.be/products/klussen/r/Showtec_cee_32a_verlengkabel_5_x_4mm2__50_meter/). [Geopend Maart 2017].
- [27] „jslzaudio,” [Online]. Available: <http://www.jslzaudio.nl/shop/bekabeling/>. [Geopend 3 2017].
- [28] „Huren.nl,” [Online]. Available: <https://www.huren.nl/p1602/dakbrander>. [Geopend Maart 2017].
- [29] „Deckerstoels,” [Online]. Available: <http://www.deckerstoels.nl/verkoop/perslucht-gereedschap/luchthamers/sloophamers/spytze-ce12/>. [Geopend Maart 2017].
- [30] „Sbel,” [Online]. Available: <http://www.sbel.com.mx/otros-servicios/nuevo-leon/renta-y-reparacion-de-maquinaría-ligera-para-construcción-221404.html>. [Geopend Maart 2017].
- [31] „Vergelijk.nl,” [Online]. Available: [https://www.vergelijk.nl/klussen/r/hitachi\\_w6v3/](https://www.vergelijk.nl/klussen/r/hitachi_w6v3/). [Geopend Maart 2017].
- [32] „Boels,” [Online]. Available: [www.Boels.be](http://www.Boels.be). [Geopend 3 2017].
- [33] Agentschap Organisatie Vlaanderen, „Vlaanderen,” [Online]. Available: <https://overheid.vlaanderen.be/kilometervergoeding>. [Geopend 4 2017].
- [34] „bct-containers,” [Online]. Available: <http://www.bct-containers.com/container/13/10-ft-container>. [Geopend 5 2017].
- [35] „snackstore,” [Online]. Available: [www.snackstore.be](http://www.snackstore.be). [Geopend 5 2017].
- [36] „Waspbarcode,” [Online]. Available: <http://www.waspbarcode.com/inventory-control>. [Geopend 4 2017].
- [37] „Bouwonline,” [Online]. Available: <http://www.bouwonline.com/plaatmateriaal-hout/osb->. [Geopend 5 2017].
- [38] „Gamma,” [Online]. Available: <https://www.gamma.be/nl/assortiment/gamma>. [Geopend 5 2017].
- [39] „Hulkenbergshop,” [Online]. Available: <https://www.hulkenbergshop.nl/emmer-12-liter-heavy-duty-naturelwit-81581111>. [Geopend 5 2017].

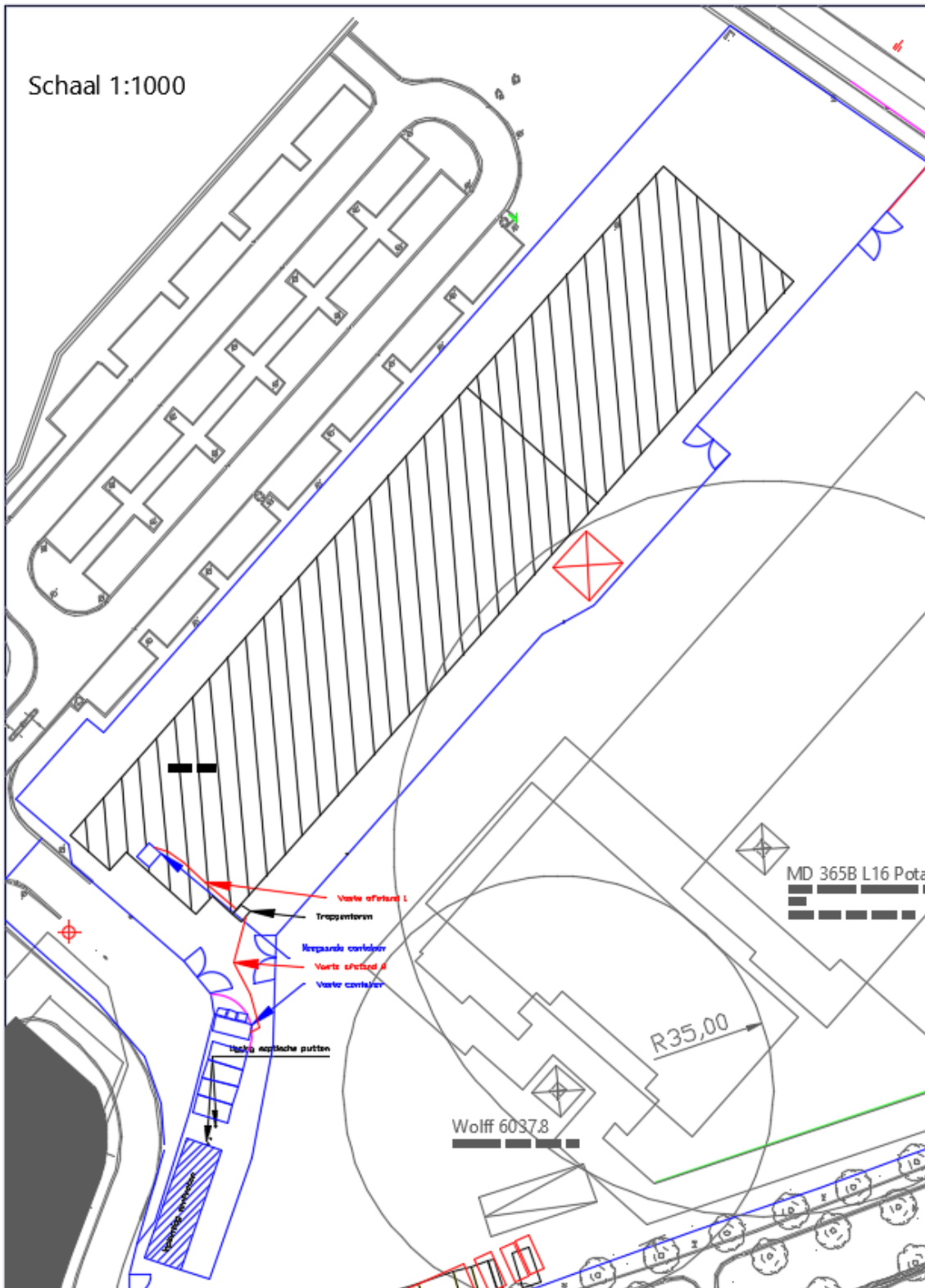


- [40] „jerrycanshop,” [Online]. Available: <https://www.jerrycanshop.nl/jerrycans/kunststof-jerrycan-20-liter-met-kraantje-voor-water.html>. [Geopend 5 2017].
- [41] „zamro,” [Online]. Available: <https://www.zamro.be/product/D1979/zelfklevende-gekleurde-pvc-verpakkingstape-tesa-4104-transparant-66m-x->. [Geopend 5 2017].
- [42] „Brico,” [Online]. Available: <https://www.brico.be/nl/verf-laminaat-decoratie/verven-en-accessoires/metaalverf/alkyton-roestbescherming-verf-'dupli-color'-vuurood-zijdeglans-750-ml/5319343>. [Geopend 5 2017].
- [43] „Schreuderenco,” [Online]. Available: [https://www.schreuderenco.nl/scharnieren/list-all-products?keyword=rail&limitstart=0&option=com\\_virtuemart&view=category&virtuemart\\_category\\_id=0](https://www.schreuderenco.nl/scharnieren/list-all-products?keyword=rail&limitstart=0&option=com_virtuemart&view=category&virtuemart_category_id=0). [Geopend 5 2017].

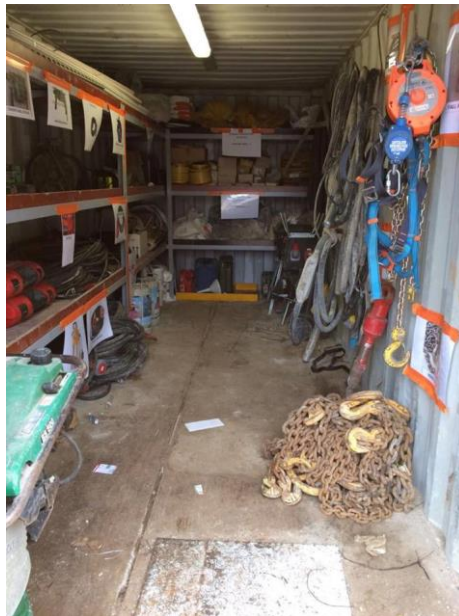
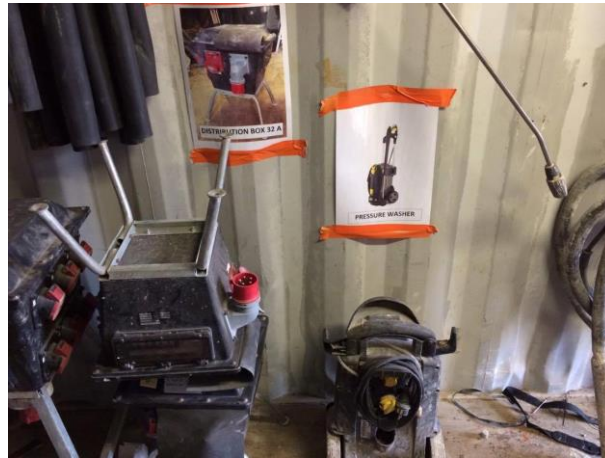


# Bijlagen

## Bijlage A: Grondplan beschouwde werf



Bijlage B: Extra foto's implementatie 5S in materiaalcontainer







# Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:  
**Implementeren van de Lean 5S-methode op een bouwwerf**

Richting: **master in de industriële wetenschappen: bouwkunde**  
Jaar: **2017**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

**Hendrikx, Michaël**

**Stroobants, Maxim**

Datum: **6/06/2017**