



Babilonya

Een nieuwe benadering voor daktuinen op bestaande gebouwen

Inhoudstafel

1. Inleiding	13
1.1 Probleemstelling	13
1.2 Projectvoorstel	13
1.3 Onderzoeksopzet	13
1.3.1 Hoofdvraag	13
1.3.2 Subvragen	13
2.1 Soorten groendaken	15
2.2 Meerwaarde van groendaken	15
2.2.1 Persoonlijke meerwaarde	15
2.2.2 Maatschappelijke meerwaarde	16
2.3 Enkele nadelen van groendaken	17
2.3.1 Brandveiligheid	17
2.3.2 Overbelasting	17
2.3.3 Keuze van vegetatie	17
2.3.4 Onderhoud	17
2.4 De lagen van een groendak	18
2.4.1. De vegetatielaag	18
2.4.2 Het erosiedoek	20
2.4.3 De substraatlaag	20
2.4.4 Het filterdoek	21
2.4.6 De wortelkerende laag	21
2.4.7 De afwerking	22
2.4.8. De waterafvoer	22
2.4.9 De watervoorziening	23
2.5 De opbouw van een dak	23
2.5.1 Het warme dak	24
2.5.2 Het omgekeerde dak	24
2.5.3 Het koude dak	24
2.5.4 Het afschot	25
2.5.5 Het damp scherm	25
2.5.6 De dakisolatie	25
2.5.7 De dakhuid	26
2.5.8 De dakconstructies	27
2.5.9 Tapbuizen en spuwers	28
2.6 Belastingen op een dak	28
2.6.1 De gebruikslast	28
2.6.2 De groendakbelasting	28
2.6.3 De windbelasting	28
2.6.4 De sneeuwbelasting	29
2.6.5 De regenbelasting	29
2.6.6 De temperatuur	29
2.6.7 De UV-straling	30
2.7 Wetgeving	30
2.7.1 Groendaken	30
2.7.2 Inkijk	30
2.7.3 Brandbaarheid	30
2.7.4 FLL	30



3. Marktsituatie	.32
3.1 Concurrentieanalyse	.32
3.1.1 Het volledige bedrijf.	.32
3.1.2 Een onderdeel van het bedrijf.	.32
3.1.3 Een onderdeel van een groendak.	.33
3.1.4 Bureaus en aanlegbedrijven	.33
3.1.5 Conclusies	.33
3.2 Marktanalyse	.33
3.2.1 De bestaande markt	.33
3.2.2 De potentiële markt.	.34
3.3 Prijszetting	.35
Prijs van de vegetatie	.35
Dakoppervlakte.	.35
4. Mogelijkheden tot verbetering	.37
4.1 Plannen bekijken	.37
4.2 Berekening van belastingen	.38
4.3 SAP (superabsorberende polymeren)	.39
4.3.1 Toepassingsmogelijkheden	.39
4.3.2 Patentonderzoek	.40
4.3.3 Mogelijkheden voor groendaken	.40
4.4 Quick designs	.41
4.5 Conclusies	.44
5. Afweging productideeën	.45
5.1 Productvoorstel 1: tuindak	.45
5.1.1 Meerwaarden.	.45
5.1.2 Vergelijking van de meerwaarden.	.45
5.1.3 Stakeholders	.45
5.1.4. Top-downschatting over de markt van het product.	.46
5.1.5 Bottom-up schatting van de markt van het product.	.46
5.1.6. Discussie	.46
5.2 Productvoorstel 2: integrale groendaktegels	.46
5.2.1 Meerwaarden.	.46
5.2.2 Meerwaardevergelijking.	.47
5.2.3 Top-downschatting over de markt van het product	.47
5.2.4 Bottom-upschatting van de markt van het product	.48
5.2.5 Discussie	.48
5.3 Productvoorstel 3: Groendakpan.	.49
5.3.1 Meerwaarden.	.49
5.3.2 Meerwaardevergelijking.	.49
5.3.3. Top-downschatting over de markt van het product.	.49
5.3.4 Bottom-upschatting van de markt van het product	.50
5.3.5 Discussie	.50
5.4 Trade-off	.50
5.4.1 Uitleg per criteria	.50
5.4.2 Trade-off	.52
5.4.3 Conclusie van de trade-off	.53
5.4.4 Trade-off 2	.54
5.5 Productdefinitie.	.55
5.5.1 Definitie.	.55



5.5.2	Functies	55
5.5.3	Nevenfuncties	55
5.5.4	De meerwaarde.	55
5.5.5	Nadelen	55
5.5.6	Top-downschatting over de markt van het product	56
5.5.7	Specificaties op idee niveau	56
5.5.8	Productarchitectuur.	57
5.5.9	Te ontwikkelen items	57
6.	Systeemontwerp	59
6.1.	De opbouw van de structuur.	59
6.1.2	Tussenbalken.	59
6.1.3	De randplaten	60
6.1.4	De drainagetegels	60
6.1.5	Productarchitectuur.	60
7.	Productontwerp.	61
7.1	Functies per onderdeel.	61
7.2	Toegepast onderzoek 1: Daken en tuinen	62
7.2.1	Substraatdikte	62
7.2.2	Daksituaties	62
7.3	Overspanningssysteem.	64
7.3.1	Afweging tussen balken en modules	64
7.3.2	Bepaling van de dikte van de balken	64
7.4	Hoekstukken en randplaten	67
7.5	Verbindingsstukken.	68
7.6	Drainagetegels	69
7.7	Toegepast onderzoek 2: Materiaalkeuze	69
7.7.1	Extrusiemateriaal	69
7.7.2	Plaatmateriaal	70
7.7.3	Kunststof	70
7.7.4	Conclusies	71
7.8	Toegepast onderzoek 3: Structurele verificatie.	71
7.8.1	Inleiding.	71
7.8.2	Belasting van de draagstructuur	71
7.8.3	Waarden in de simulaties	73
7.8.4	Onderzoekende berekeningen van de balk	74
7.8.5	Berekening van de balk.	74
7.8.6	Voorbeeld voor de berekening van de kabel	75
7.8.7	Berekening van de belasting van de randplaten.	77
7.8.8	Berekening van andere onderdelen.	78
7.9	Economische verificatie	78
7.9.1	Vier daken	78
7.9.2	Prijsberekening per onderdeel	79
8.1	Installatie van het product	83
8.2	Exploded view	84
 84	
8.3	Worteldoek	85
8.4	De hoekstukken	85
8.4.1	Installatie	85
	Een dakrand $\leq 20\text{cm}$	85



8.4.2	Materialisatie	87
8.4.3	Bevestiging van de kabel	87
8.4.4	Simulatie	88
8.3.5	Afmetingen	88
8.5	Overspanningsysteem	89
8.5.1	Installatie	89
8.5.2	Werking.	90
8.5.3	Afmetingen	91
8.6	Tussenbalken	91
8.6.1	Installatie	91
8.6.2	Werking.	91
8.6.3	Materialisatie	92
8.6.4	Simulaties	92
8.7	Randplaten	94
8.7.1	Installatie	94
8.7.2	Werking.	94
8.7.3	Materialisatie	95
8.7.4	simulaties.	95
8.7.5	Afmetingen	96
8.8	Tegels	97
8.8.1	Installatie	97
8.8.2	Werking	97
8.8.3	Materialisatie	98
8.8.4	Simulaties	99
8.8.5	Afmetingen	100
8.9	Loodrechte bevestiging van twee overspanningen	101
8.9.1	installatie	101
8.10	Balustradehouder	101
8.9.1	Installatie	101
8.10.2	Werking	102
8.11	Afwerking	102
8.11.1	Afwerking langs de binnenkant	102
8.11.2	Afwerking langs de buitenkant.	102
8.12	Geotextiel	104
8.13	Presentatie tekening.	104
9.	Terugkoppeling naar de specificaties.	105
9.1	Conclusies	105
10.	Conclusies.	106
10.1	Onderzoek.	106
10.2	Systeemontwerp	106
10.3	Eindproduct	106
11.	Referenties	107
12.	Bijlage	112
Interview		113
Diepte-interviews		114
Vragen voor een dakwerker		114
Vragen voor tuinarchitect		114
Daklegger 1		114
Tuindakarchitect 1		114



Tuinarchitect 2	115
Turven	117
Datasheet Fisher betonankers	119
Datasheet Substraat	121
Kostprijs berekening	122
Simulaties	126

Lijst van afbeeldingen

Afbeelding 1. Kaart: Aandeel open ruimte in bouwblokken (2009)	13
Afbeelding 2. Dagelijkse temperatuurschommeling van het dichtingsmembraan in de loop van een jaar. (WTCB, 2006.).	15
Afbeelding 3. Temperatuur van het dichtingsmembraan tijdens een warme zomerdag op een naakt plat dak, een dak met extensieve vegetatie en een dak met intensieve vegetatie. (WTCB, 2006.).	15
Afbeelding 4. Luchtgeluidisolatie, afhankelijk van de oppervlaktemassa: empirische relatie in het geval van enkelvoudige wanden. (WTCB, 2006.).	16
Afbeelding 5. Debiet van het afgevoerde regenwater op een extensief dak van 4 cm, een intensief dak van 20 cm en een naakt plat dak tijdens een hevig onweer. (WTCB, 2006)	17
Afbeelding 6. De lagen van een groendak.	18
Afbeelding 7. Zaailingen.	19
Afbeelding 8. Substraatsprayen.	19
Afbeelding 9. Verankering bomen zonder bak (WTCB, 2006).	20
Afbeelding 10. Verankering bomen met bak (WTCB, 2006)	20
Afbeelding 11. Verankering bomen met kabel (WTCB, 2006)	20
Afbeelding 12. Twee soorten draineerlagen.	21
Afbeelding 13. Opstand van de afdichting tegen een muur.(WTCB 2006)	22
Afbeelding 14. Controle schacht. (WTCB 2006)	22
Afbeelding 15. Toegankelijke afvoerbuis voor een groendak (WTCB 2006)	23
Afbeelding 16. Warm dak. (WTCB, 2000.)	24
Afbeelding 17. Omgekeerd dak. (WTCB, 2000.)	24
Afbeelding 18. Koud dak. (WTCB, 2000)	24
Afbeelding 19. Nominale helling van het dakvlak en van de dakgoten. (WTCB, 2000)	25
Afbeelding 20. Warmtedoorgangscoefficiënt van een geïsoleerd dak met een betonnen dakvloer. (WTCB, 2000)	26
Afbeelding 21. Karakteristieke waarde voor de sneeuwbelasting op de grond (volgens NBN EN 1991-1-3). (Bureau voor normalisatie,2008.)	29
Afbeelding 22. Temperatuurprofielen van het dichtingsmembraan in de zomer. (WTCB,2000.).	30



Afbeelding 23. De vijf locaties waar ik geteld heb.	34
Afbeelding 24. Appartementsgebouw.	38
Afbeelding 25. Alleenstaand huis.	38
Afbeelding 26. Rijhuis.	38
Afbeelding 27. Bakjes van de proef dag één.	41
Afbeelding 28. Gras na 1 maand.	41
Afbeelding 29. Quick designs idee 1	42
Afbeelding 30. Quick designs idee 2	42
Afbeelding 31. Quick designs idee 3	43
Afbeelding 32. Productarchitectuur.	57
Afbeelding 33. Opbouw volgorde van de daktuin	59
Afbeelding 34. Systeem van de overspanningen.	59
Afbeelding 35. Systeem van de drainagetegels	60
Afbeelding 36. Nieuwe productarchitectuur	60
8 Afbeelding 37. Functies per onderdeel van het systeem.	61
Afbeelding 38. Verdeling van intensieve, semi-intensieve en extensieve begroeiing	62
Afbeelding 39. Verdeling van de verschillende dakvormen.	62
Afbeelding 40. Oplossing voor L-vormige daken.	63
Afbeelding 41. Vier soorten dakranden.	63
Afbeelding 42. Onderzoek naar modulaire overspanningssystemen	64
Afbeelding 43. Onderzoek randplaten en hoekstukken	67
Afbeelding 44. Onderzoek naar verbindingstukken.	68
Afbeelding 45. Onderzoek naar drainagetegels	69
Afbeelding 46. De substraat dikte en verdeling	72
Afbeelding 47. Displacements en Von Mises-spanning bij een belasting van 34kN	75
Afbeelding 48. Displacements en Von Mises-spanning bij een balk van 2m met 32kN	75
Afbeelding 49. Vrijlichaamsdiagram balk van 3 meter	76
Afbeelding 50. Vrijlichaamsdiagram balk van 2 meter	76
Afbeelding 51. Vrijlichaamsdiagram randplaat	77
Afbeelding 52. De vier verschillende daken waarvan ik de prijs bereken	78
Afbeelding 53. Het product.	82
Afbeelding 54. Verschillende stappen van de installatie van het systeem	83
Afbeelding 55. Exploded view	84



Afbeelding 56. Bevestiging van het hoekstuk in de muur (Fisher, 2012.)	85
Afbeelding 57. Bevestiging van het hoekstuk in de muur	85
Afbeelding 58. Bevestiging van het hoekstuk op een dakrand $\geq 20\text{cm}$	86
Afbeelding 59. Bevestiging van het hoekstuk op een dakrand $\geq 20\text{cm}$	86
Afbeelding 60. Onderplaten voor de hoekstukken voor de bevestiging op het dak zelf.	87
Afbeelding 61. Exploded view van het hoekstuk.	87
Afbeelding 62. Frontaal zicht van het trek punt van de kabel	87
Afbeelding 63. Afmetingen van het hoekstuk	88
Afbeelding 64. Tophoek van de overspanningssystemen	89
Afbeelding 65. Plaatsing van de overspanningen in de hoekstukken door tillen.	89
Afbeelding 66. Tophoek van de overspanningssystemen	89
Afbeelding 67. Onderverbinding van het overspanningssysteem	89
Afbeelding 68. Doorsnede van de tophoek verbinding.	90
Afbeelding 69. Doorsnede van de Onderhoek verbinding	90
Afbeelding 70. Afmetingen van de extrusiebalk 6m	91
Afbeelding 71. Bevestiging van het verbindingsstuk onder en boven de overspanningsbalken.	91
Afbeelding 72. Werking van het verbindingsstuk.	92
Afbeelding 73. Exploded view verbindingstukken	92
Afbeelding 74. Displacements en Von Mises-spanning bij de tussenbalken	93
Afbeelding 75. Doorsnede van de tussenbalk	93
Afbeelding 76. Verbindingsstukken voor onder en boven.	93
Afbeelding 77. Bevestiging van de randplaten aan elkaar en de hoekstukken	94
Afbeelding 78. Bevestiging van de randplaten aan de overspanningsbalk	95
Afbeelding 79. Overkapping randplaten: detail achterkant (rechtsboven), detail voorkant (rechtsonder)	95
Afbeelding 80. Doorsnede randplaat	95
Afbeelding 81. Detail van de randplaten	95
Afbeelding 82. Exploded view van de randplaten	96
Afbeelding 83. Afmetingen randplaten	96
Afbeelding 84. Displacements en Von Mises-spanning bij de randplaten	96
Afbeelding 85. Aanleggen van de tegels	97
Afbeelding 86. Leg volgorde	97



Afbeelding 87. Tegels hoger	97
Afbeelding 88. Waterafvoer per tegel.	98
Afbeelding 89. Onderkant tegels	99
Afbeelding 90. Displacements en Von Mises-spanning bij de tegel	99
Afbeelding 91. Afmetingen onderste tegel	100
Afbeelding 92. Afmetingen bovenste tegel.	100
Afbeelding 93. Loodrechte bevestiging op een andere overspanning	101
Afbeelding 94. oodrechte bevestiging op een andere overspanning	101
Afbeelding 95. Bevestiging van de balustrade op de overkappingsplaten.	101
Afbeelding 96. Bevestiging van de balustrade	102
Afbeelding 97. Tophoek met kap	102
Afbeelding 98. Hoekstuk met kap	102
Afbeelding 99. Afwerking randplaten.	103
Afbeelding 100. Zijaanzicht afwerking randplaat	103
10 Afbeelding 101. Afwerking randplaten.	103
Afbeelding 102. Afwerking hoekstukken.	103
Afbeelding 103. Presentatie tekening	104

Lijst van tabellen

Tabel 1.	Procentuele retenties ten opzichte van de afvoer van een referentiedak op de opstelling (Mertens, 2004.)	17
Tabel 2.	Vershillende groendaktypes met hun gewicht (verzadigd) en totale dikte. (Mentens, Hermy and Raes,2002.).	19
Tabel 3.	Beperktse soortenlijst voor extensieve en licht intensieve gronddaken. (Mentens, Hermy and Raes,2002.).	19
Tabel 4.	Kenmerkende eigenschappen van de afschotsystemen. (WTCB, 2000.) .25	
Tabel 5.	Samendrukbaarheid van de isolatie. (WTCB, 2000.).	26
Tabel 6.	Vergelijking tussen eigenschappen van afdichtingsmaterialen van geblazen bitumen en van polymeerbitumen. (WTCB, 2000.)	27
Tabel 7.	Richtwaarde dynamische gebruiksbelasting volgens BN B 03-103. (Belgische Baksteenfederatie, 2006)	28
Tabel 8.	Prijs van het substraat. (Leefmilieu Brussel 2010)	35
Tabel 9.	Prijs van de vegetatie. (Leefmilieu Brussel 2010)	35
Tabel 10.	Uitkomsten van de berekeningen.	39
Tabel 11.	Gewichten en verdeling van de grondstoffen.	41



Tabel 12.	Top-downschatting productvoorstel 1..	46
Tabel 13.	Eerst top-downschatting productvoorstel 2..	48
Tabel 14.	Tweede top-downschatting productvoorstel 2.	48
Tabel 15.	Top-downschatting product voorstel 3.	50
Tabel 16.	Trade-off 1	52
Tabel 17.	Trade-off 2	54
Tabel 18.	Bottom-upschatting nieuw product.	56
Tabel 19.	Tabel met de overspannings afstanden en de verdeling ertussen	65
Tabel 20.	Berekening materiaalkost vs. werkuren	66
Tabel 21.	Vergelijking van de drie materialen	70
Tabel 22.	Onderdelen met hun materiaal keuze	71
Tabel 23.	Uitkomst van Solidworks simulatie.	74
Tabel 24.	De tijd die nodig is per handeling bij het aanleggen van de daktuin	80
Tabel 25.	Prijscalculatie van de vier daken	80



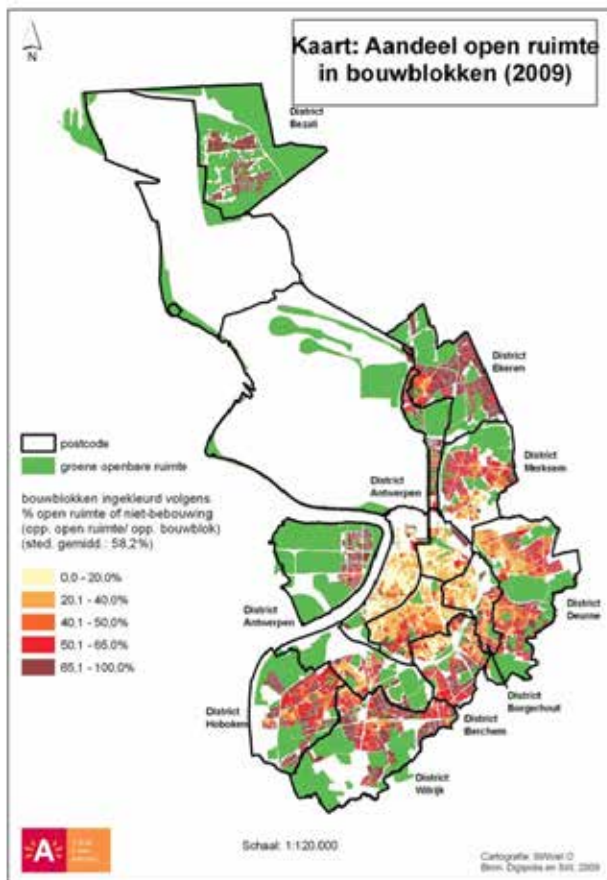


Analyse



1.1 Probleemstelling

Mensen gaan steeds dichter op elkaar in steden wonen. In deze steden worden beperkte openbare ruimtes en parken voorzien. Omdat de huizen in steden zo dicht op elkaar zijn gebouwd is er weinig tot geen ruimte voor tuinen. De mensen hebben behoefte aan een stukje groen voor zichzelf. Een groendak kan voor dit hedendaagse probleem een goede oplossing zijn. De daken zijn vaak grote oppervlaktes die niet worden gebruikt. Het is een ideale plaats om meer groen in een stad te integreren.



Afb.1: Kaart: Aandeel open ruimte in bouwblokken (2009)

Op afbeelding 1 ziet u de oppervlakte van de openbare ruimte / de oppervlakte van de verschillende bouwblokken. Uitgerekend is het stedelijk gemiddelde van groene oppervlaktes in Antwerpen 58,2%.

Een groendak is makkelijk te verwezenlijken wanneer men een nieuw gebouw wil plaatsen. Dan kan men het (groen)dak voorzien op de enorme belasting die zand, water en planten met zich meebrengen. Maar bij bestaande gebouwen is het probleem dat de daken niet zijn voorzien om veel extra gewicht te dragen. De reeds bestaande daken zijn in de meeste gevallen enkel berekend op het dragen van sneeuw-, regen- en windbelasting. Het dak kan het gewicht van een dakwerker dragen, maar dan ook geen kilogram meer.

Omdat de dakbelasting precies is berekend, is het enkel mogelijk om slechts een dunne laag grond te voorzien waarop planten kunnen groeien die tegen barre omstandigheden opgewassen zijn, zoals rotsplantjes, vetplantjes of heideplanten. Met dit probleem wil ik graag verder aan de slag. In deze masterproef wil ik dan ook een antwoord zoeken op de vraag: "Waar kan er een extra meerwaarde gecreëerd worden op het vlak van groendaken op bestaande daken?"

1.2 Projectvoorstel

De bestaande mogelijkheden van groendaken zijn nog niet zo uitgebreid. Zeker niet wanneer ik kijk naar de mogelijkheden voor groendaken op bestaande daken. Ik merk dat dit een opkomende markt is waar nog veel mogelijkheden liggen. Met dit project wil ik een onderzoek doen naar groendaken en alles wat ik kan te weten komen in verband met deze materie. Met deze kennis wil ik doelgericht naar gaten in de bestaande markt zoeken. Wanneer ik enkele opties gevonden heb, weeg ik de relevantie en haalbaarheid van elke opportuniteit af, om vervolgens een relevant product te kunnen maken.

Met dit project zoek ik naar een nieuwe benadering voor groendaken op bestaande daken.

1.3 Onderzoeksoptzet

Om een goed beeld te krijgen van wat er speelt in de wereld van de groendaken heb ik mijn onderzoek in drie domeinen onderverdeeld: huidige situatie, marktsituatie en ten slotte mogelijkheden tot verbetering.

1.3.1 Hoofdvraag

Waar kan er een extra meerwaarde gecreëerd worden op het vlak van groendaken op bestaande daken?

1.3.2 Subvragen

Hoe zien de bestaande groendaken eruit?

- Wat zijn de bestaande methoden om een groendak te maken?
- Op welke daken is het mogelijk een groendak aan te leggen?
- Hoe zijn de bestaande daken opgebouwd?
- Wat zijn mogelijke opportuniteiten om te verbeteren?
(deskresearch, expertinterview, brainstorming, productresearch ...)

Hoe ziet de markt van groendaken eruit?

- Waar ligt het grootste marktpotentiëel?
- Wat is de meerwaarde van een groendak?
- Wie zijn de consumenten?
- Wie zijn de stakeholders?
- Wie zijn de huidige producenten?
(interviews, deskresearch, top-down- en bottom-upschatting ...)

Wat kan een extra meerwaarde creëren? / Wat is de

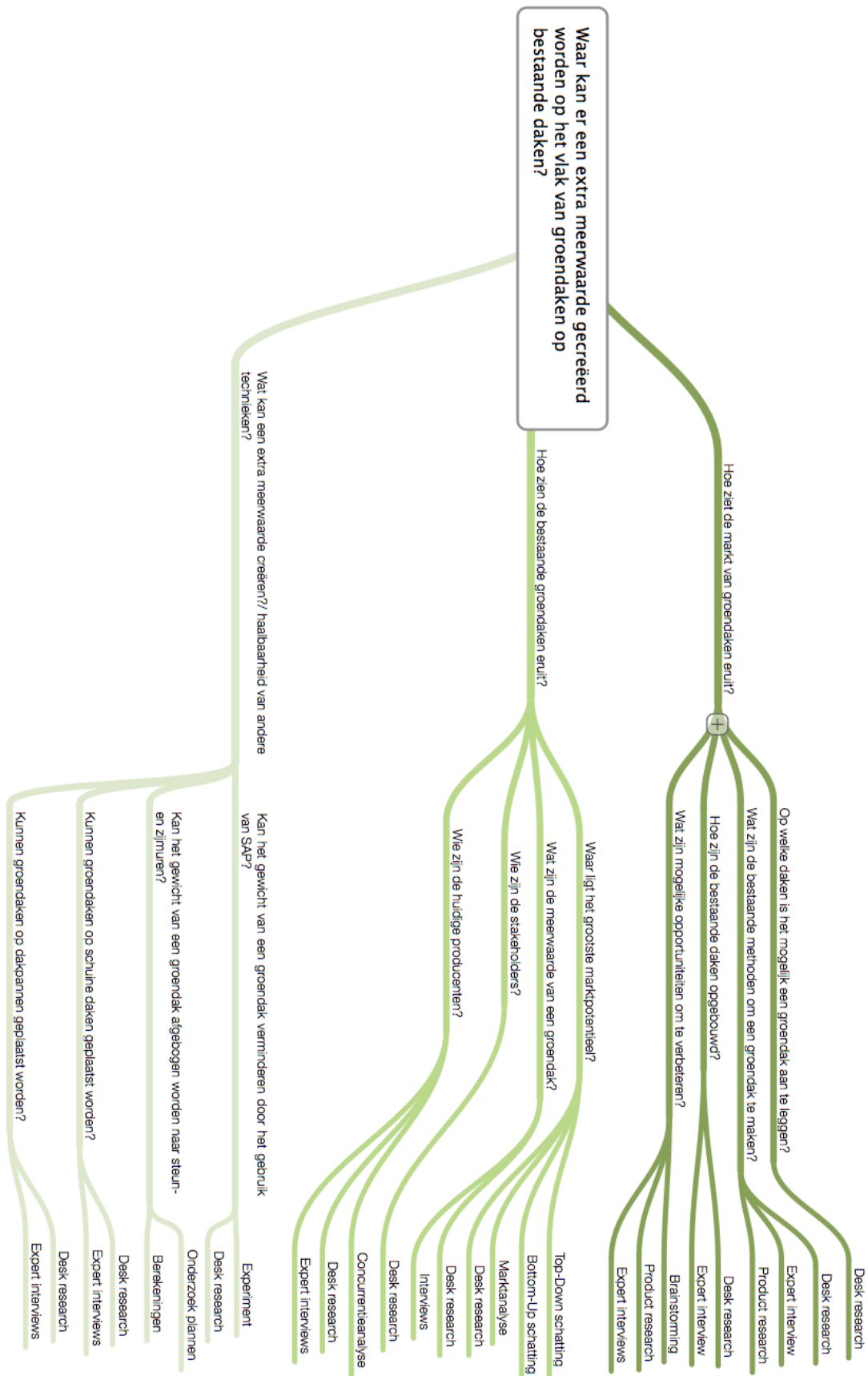


haalbaarheid van andere technieken?

- Kan het gewicht van een groendak verminderen door het gebruik van SAP?
- Kan het gewicht van een groendak afgebogen worden naar steun- en zijmuren?
- Kunnen groendaken op schuine daken

geplaatst worden?

- Kunnen groendaken op dakpannen geplaatst worden?
(testopstelling, plannen onderzoek, interviews, deskresearch ...)



2.1 Soorten groendaken

In het vakgebied van dakbegroeiing spreekt men over een groendak als er enige vorm van vegetatie op een dak groeit. Dit soort daken wordt ingedeeld in twee grote groepen. Deze onderverdeling wordt vooral gemaakt op basis van de dikte van de substraatlaag (grond/aardlaag) waarbij vooral het gewicht en de soorten van vegetatie een rol spelen. Er zijn intensieve en extensieve groendaken.

Een intensief dak heeft een dikke substraatlaag die tussen de 150 en de 800 kg/m² weegt. Dit soort daken heeft een tuinfunctie: je kan er op wandelen, bomen op planten of zelfs een park van maken. Het gebouw wordt speciaal ontworpen naar zo'n toepassing of men voert fundamentele verbouwingen uit om dit soort dak te kunnen plaatsen. Bij dit soort groendak zijn de meerwaarden het grootst.

Een extensief groendak weegt tussen de 30 en de 150 kg/m². Omdat deze daken lichter zijn, kunnen ze op bestaande daken geplaatst worden. De substraatlaag is zo dun dat enkel bepaalde soorten planten zich kunnen handhaven. Die soorten zijn het gewoon om in droge en rotsachtige omstandigheden te overleven. Het zijn vet- en sedumplanten die goed water kunnen vasthouden. Op een extensief dak mag je niet lopen, maar dat is ook niet nodig omdat deze planten weinig onderhoud nodig hebben.

2.2 Meerwaarde van groendaken

Een groendak heeft verschillende meerwaarden t.o.v. een gewoon dak. Deze meerwaarden kunnen opgedeeld worden in twee groepen. Er zijn enerzijds persoonlijke voordelen voor de gebruiker en anderzijds maatschappelijke voordelen.

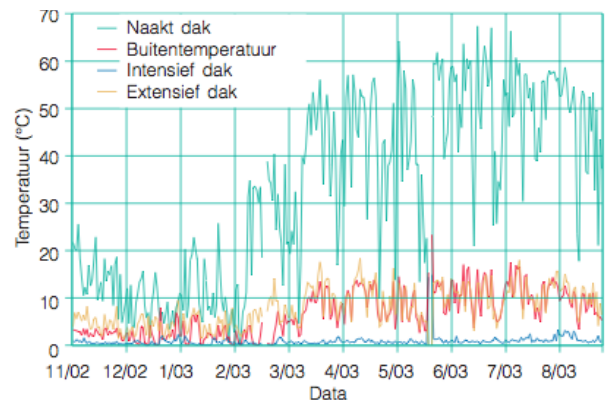
2.2.1 Persoonlijke meerwaarde

Een groendak is een leefruimte voor dieren en planten. De planten trekken insecten en vogels aan, waardoor een mooie biotoop wordt gecreëerd op het dak. Dit zorgt voor een compensatie van de afname van groen in de stad. Daarnaast leidt een groendak tot een visuele verbetering van het dak. Een dak dat normaal een saaie zwarte of grijze oppervlakte is, wordt nu een verademing van planten, bloemen en insecten. Op psychologisch vlak voelt de inwoner zich meer op zijn gemak omdat de begane grond dichterbij lijkt te komen voor mensen die in een hoog gebouw zitten.
(Teeuw and Ravesloot, 1998.)

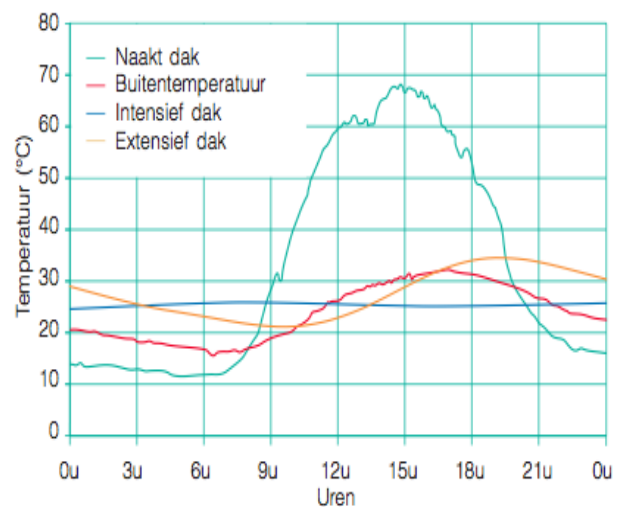
Een groendak verhoogt de levensduur van een dak. Een gewoon dak verouderd vrij snel en moet vaak vervangen worden na 10 à 15 jaar. Dat is het gevolg van extreme temperatuurschommelingen die het dak te verduren krijgt. In de winter kan het tot -20 °C afkoelen

en in de zomer kan het tot +80 °C opwarmen, een schommeling van 100 °C. Ook de schommelingen tussen dag en nacht kunnen oplopen tot 70 °C. Deze snelle temperatuurwisselingen vragen veel van een dak.¹ Een dakbedekking is zwart of grijs en absorbeert hierdoor de warmte van de zon, waardoor de temperatuurwisselingen extreem worden. In afbeelding 2 is de verandering van de temperatuur op een gewoon dak tegenover die op een groendak weergegeven. Afbeelding 3 geeft de temperatuurschommeling op langere termijn weer.²

(¹ Teeuw and Ravesloot, 1998., ² Kerstenne and et al, 2006.)



Afb.2: Dagelijkse temperatuurschommeling van het dichtingsmembraan in de loop van een jaar. (WTCB, 2006.)



Afb.3: Temperatuur van het dichtingsmembraan tijdens een warme zomerdag op een naakt plat dak, een dak met extensieve vegetatie en een dak met intensieve vegetatie. (WTCB, 2006.)

Planten gebruiken de zon om te groeien en zijn opgewassen tegen deze extreme temperatuurwisselingen. De planten vlakken enerzijds de extreme temperatuurschommelingen op het dak af, omdat ze niet zwart zijn. Anderzijds isoleren ze de dakbedekking. Door een groendak op het dak te plaatsen beschermt de bewoner van het huis de dakbedekking, waardoor de levensduur van het dak bijna verdubbelt en kosten voor een nieuw dak worden



uitgespaard.
(Teeuw and Ravesloot, 1998.)

Een groendak isoleert het dak extra in de zomer. Een gewone bitumen- of kunstofdakbedekking is zwart en absorbeert de warmte, waardoor het in de zomer zeer warm kan worden onder het dak. Daarbij komt nog dat huizen zo goed geïsoleerd zijn dat de warmte niet weg kan. Zo werkt een kamer onder het dak in de zomer als een soort oven. Een groendak kan dit effect afvlakken. Het zorgt ervoor dat er minder warmte wordt geabsorbeerd.

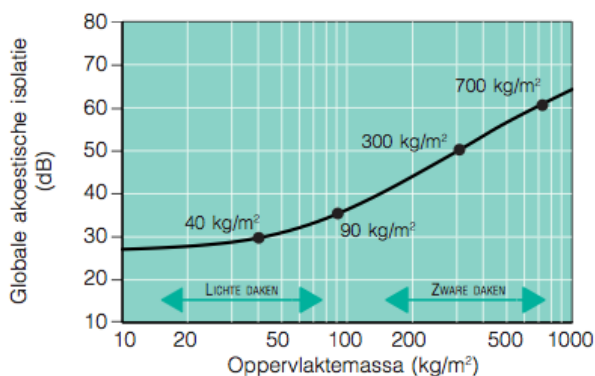
In de winter zorgt een groendak eveneens voor een verminderde uitwisseling van warmte via het dak, maar dat geldt alleen als het groendak droog is. Wanneer een regenbui de substraatlaag nat maakt en het overtollige water wegstroomt, voert het regenwater de warmte af, waardoor het dak afkoelt. Dat is nadelig in de winter wanneer de warmte net binnen moet blijven. Het isolerend vermogen van een groendak hangt af van de dikte van de substraatlaag. Hoe dikker de laag, hoe beter de isolatie van het dak. Op de grafiek zijn de isolatiewaarden van een groendak t.o.v. die van een gewoon dak te zien.

(Kerstenne and et al, 2006.)

16

Ten slotte dempt de vegetatie van een groendak het geluid. In een stad waar het geluid van auto's reflecteert op het asfalt kan dit een meerwaarde zijn voor de bewoner. De hoeveelheid demping van het geluid hangt wederom af van de dikte van de substraatlaag en kan oplopen tot enkele decibel. Het is maar een beperkte verbetering, aangezien de geluidswering afhangt van de minst geïsoleerde opening van het huis en dat zijn meestal ramen of een ventilatiegat. Afbeelding 4 geeft de akoestische isolatiewaarde aan t.o.v. de dikte van de substraatlaag.

(Kerstenne and et al, 2006.)



Afb.4: Luchtgeluidisolatie, afhankelijk van de oppervlaktemassa: empirische relatie in het geval van enkelvoudige wanden. (WTGB, 2006.)

2.2.2 Maatschappelijke meerwaarde

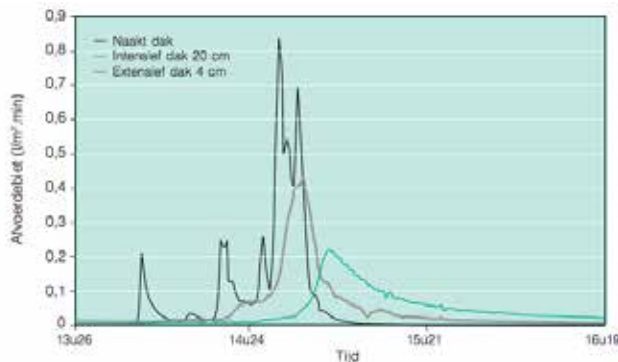
In een stad ontstaat een microklimaat met verschillende gevolgen. Steden zijn gemiddeld warmer dan het platteland en hebben meer droge lucht. Dat heeft vier oorzaken. In de eerste plaats verdampt in een stad minder water tegenover in een natuurgebied waar zich

planten en vijvers bevinden die veel water verdampen. Dat zorgt ervoor dat de lucht droog is en dat er veel zonne-energie in de stad blijft hangen. Ten tweede zijn de huizen en straten in de stad opvallend donkerder van kleur, waardoor veel zonne-energie geabsorbeerd wordt in plaats van teruggekaatst. Ten derde koelt de aarde 's nachts af door het afgeven van infrarood. In de stad is het aardoppervlak bedekt, waardoor het afgeven van infrarood minder goed mogelijk is. Ten slotte bestaat de stad vooral uit stenen oppervlakten die zorgen voor thermiek en traag afkoelen.

Al deze effecten worden vergroot door een klassiek dak, maar worden verminderd door een groendak.
(Van Dorland, Dubelaar-Versluis and Jansen, 2011.)

De stofdeeltjes die in de stad aanwezig zijn wervelen op door de thermiek die een warm zwart dak veroorzaakt. Een groendak daarentegen neemt deze deeltjes op en kan ze filteren. Wanneer het bladoppervlak van de planten voor meer dan 20 % bedekt is met fijne stofdeeltjes zal het filtereffect verminderen. Om dat tegen te gaan kan men de planten geregeld schoon sproeien om zo een optimale filterwerking te behouden. Planten zetten eveneens CO² om naar zuurstof. Een bladoppervlakte van 25 m² zorgt voor de zuurstofvoorziening van één persoon. In een stad is dit een zeer welkom gegeven, aangezien alle verbrandingsprocessen van automotoren, verwarmingsboilers, enz. zorgen voor een omgekeerde omzet van zuurstof naar CO².
(Teeuw and Ravesloot, 1998.)

De belangrijkste maatschappelijke meerwaarde is het feit dat een groendak veel water vasthoudt. Bij een stortbui kunnen de rioleringen overbelast worden, waardoor ze water afgeven aan het oppervlaktewater (bv. een meer) en hierdoor het oppervlaktewater vervuilen. Het zand van de substraatlaag en de drainagelaag (waterafvoerende/vasthoudende laag, zie verder) van een groendak kan een aanzienlijke hoeveelheid water vasthouden, afhankelijk van de dikte en het systeem van het groendak. Op tabel 1 toont de hoeveelheid water die de verschillende substraatdiktes kunnen vasthouden. De absorptiecapaciteit van een groendak kan oplopen tot 50 % van het regenwater dat erop valt. Hiervan verdampt een deel en de rest wordt geleidelijk aan afgegeven. De piekbelasting van de riolering tijdens een stortbui wordt afgevlakt door een groendak; dit is te zien op afbeelding 5. Door het extra aanleggen van groendaken kan de overheid overbelasting op rioleringen voorkomen en bij het aanleggen van nieuwe wijken de riolering zelfs kleiner maken.
(Teeuw and Ravesloot, 1998.)



Afb.5: Debiet van het afgevoerde regenwater op een extensief dak van 4 cm, een intensief dak van 20 cm en een naakt plat dak tijdens een hevige onweer. (WTCB, 2006)

Periode	Procentuele retenties		
	Vlak, 4 cm	Vlak, 6 cm	20° hellend
Jaarniveau	41%	44%	27%
Lente	75%	77%	54%
Zomer	70%	72%	35%
Herfst	29%	28%	24%
Winter	17%	17%	10%

Tabel 1: Procentuele retenties ten opzichte van de afvoer van een referentiedak op de opstelling (Mertens, 2004.)

Een laatste voordeel voor de maatschappij is het absorberen van geluid. Steen en glas weerkaatsen het geluid, waardoor het lawaai dat vooral door het verkeer wordt gemaakt vermenigvuldigt. Een groendak absorbeert een deel van dit geluid, waardoor de stad minder lawaaiertig wordt. (Kerstenne and et al, 2006.)

2.3 Enkele nadelen van groendaken

2.3.1 Brandveiligheid

De brandveiligheid van een groendak vormt voornamelijk een probleem in de zomer door de grote hoeveelheid dor en brandbaar materiaal dat in dit seizoen ontstaat. Aangezien er meestal slechts een dunne laag brandbaar materiaal ontstaat op het dak, zal de brand beperkt blijven en de grondlaag niet penetreren. Een groendak kan niet voldoen aan de normen die zijn opgesteld naar brandveiligheid toe van een dak. Diegenen die kiezen voor een groendak kunnen wel proberen om er zo veel mogelijk aan tegemoet te komen. Een mogelijke oplossing om de brandveiligheid te garanderen is een brandstrook. Dat is een strook van onbrandbaar materiaal, zoals bijvoorbeeld steen, die wordt aangelegd

tussen de verschillende vegetatievelden. Een tweede mogelijke oplossing is een onbrandbare substraatlaag van ongeveer 6 cm installeren, waardoor het vuur moeilijker door de eerste substraatlaag penetreert. Het vuur zal niet snel door de substraatlaag branden tot het eigenlijke dak, maar het is vooral gevaarlijk voor vliegvuren die door de wind worden meegenomen en delen van het gebouw die hoger zijn opgebouwd dan het groendak.

(Kerstenne and et al, 2006.)

2.3.2 Overbelasting

Bij groendaken is er altijd een gevaar voor overbelasting. Een groendak zorgt voor een groot extra gewicht op het gehele dak. Vooral bij intensieve tuinen is het aangeraden een expert te betrekken in de bouw van het groendak en om de krachten die het dak kan dragen te berekenen. Experts moeten bij de bouw van een groendak op reeds bestaande gebouwen nog steeds een schatting maken, omdat vaak niet 100 % zeker is geweten waaruit bepaalde lagen van de constructie zijn opgebouwd. Bij de bouw van een groendak op een nieuw gebouw kan een expert dit exact berekenen. De grootste beperking van groendaken of daktuinen is dus het gewicht. De draagkracht van het dak is bepalend. (Kerstenne and et al, 2006.)

2.3.3 Keuze van vegetatie

De keuze van vegetatie op een groendak is afhankelijk van de substraatdikte. Sommige planten komen niet in aanmerking op een groendak, omdat ze te agressieve wortels hebben die na een tijd de dakhuid zullen doorboren en voor lekken zorgen. Als men ervoor kiest om bomen te planten op een groendak, is het noodzakelijk rekening te houden met de verankeringsmogelijkheden en de plaatselijke extra belasting op het dak. Ten slotte moet rekening worden gehouden met bepaalde planten die veel water nodig hebben, waardoor een extra irrigatiesysteem ingebouwd moet worden om de planten te laten groeien. De keuze van vegetatie is dus beperkt, omdat ze afhangt van de dikte van de substraatlaag en die is dan weer afhankelijk van de belasting die de constructie kan dragen. (Kerstenne and et al, 2006.)

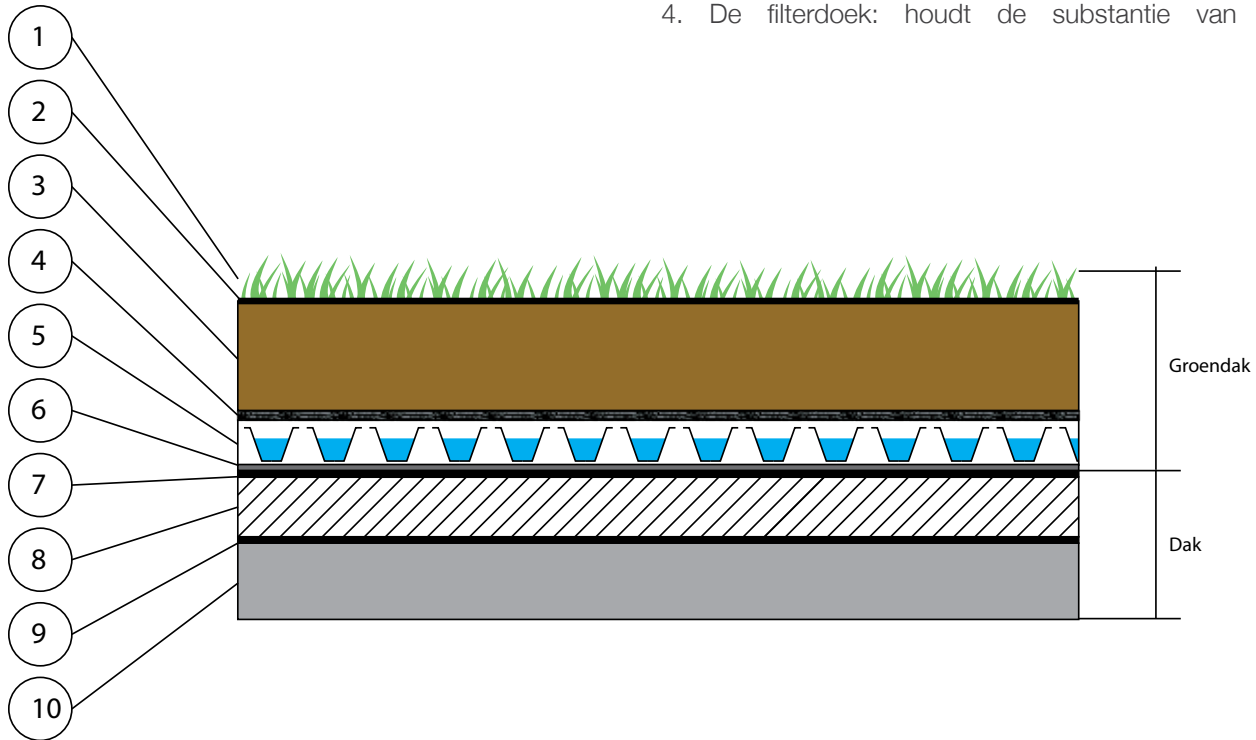
2.3.4 Onderhoud

Het onderhoud van een extensief groendak is gebonden aan de planten. De keuze van vegetatie valt vooral op planten die weinig tot geen onderhoud behoeven, omdat men op deze daken niet mag lopen. Een intensief groendak daarentegen heeft evenveel onderhoud nodig als een gewone tuin, misschien zelfs meer, omdat het in warme zomers minder wateropslagcapaciteit heeft dan volle grond. Hierdoor dient het meer bewaterd te worden en bepaalde afvoersystemen dienen nagekeken en proper gehouden te worden. (Kerstenne and et al, 2006.)



2.4 De lagen van een groendak

Een groendak is opgebouwd uit verschillende lagen die allemaal hun eigen functie hebben. De verschillende lagen zorgen ervoor dat het geheel kan werken en bestand is tegen de weersomstandigheden die het dak te verduren krijgt. Op afbeelding 6 ziet u een visualisatie van de verschillende lagen van een groendak. Dat zijn:



1. De vegetatielaag: zorgt voor het mooie uiterlijk en de extra voordelen van planten, zoals het omzetten van CO₂ naar zuurstof.

2. Het erosiedoek: zorgt ervoor dat de substraat- en vegetatielaag niet verschuift of wegwaait.

3. De substraatlaag: bestaat uit zand, klei of een ondergrond die voedingsstoffen, water en verankering voor de planten voorziet.

4. De filterdoek: houdt de substantie van de

Afb.6: De lagen van een groendak.

substraatlaag tegen, zodat die niet wordt weggevoerd door het water dat erdoor stroomt.

5. De drainagelaag: zorgt ervoor dat er genoeg water wordt vastgehouden voor drogere periodes, maar ook dat er overtollig water wordt afgevoerd, zodat de planten niet verdrinken.

6. De wortelkerende laag: zorgt ervoor dat de wortels niet door de dakhuid kunnen groeien.

7. De dakhuid: zorgt ervoor dat het dak waterdicht is.

8. De isolatie: zorgt ervoor dat er niet te veel temperatuurwisseling tussen de binnen- en de buitenlucht kan ontstaan.

9. De vochtkerendelaag: zorgt ervoor dat het vocht dat vanbinnen ontstaat en naar buiten wil, niet in de isolatie terecht kan komen.

10. De dakconstructie: dit is het systeem dat alles draagt.

(Teeuw and Ravesloot, 1998.)

2.4.1 De vegetatielaag

Dit zijn de planten die groeien op de substraatlaag. Zij vervullen het visuele doel van het groendak. De keuze van deze planten hangt af van de dikte, het waterabsorberend vermogen en de micro-biologische activiteit van de substraatlaag. De planten moeten aan verschillende

eisen voldoen om de barre omstandigheden van een dak te kunnen weerstaan. Ze worden enorm beperkt in hun mogelijkheden door het dak dat hun groei afstopt. In ons klimaat zijn er barre weersomstandigheden waar de vegetatie in moet weten te overleven. Zo kan er veel wind en regen zijn in het najaar, vrieskou in de winter en warme omstandigheden in de zomer. Op een dak zijn deze omstandigheden opvallender.

(Carriijn, 2011.)

Er bestaan verschillende soorten planten die op een dak kunnen groeien. Door diverse experimenten worden de laatste jaren nieuwe planten ontdekt die in een arme grondlaag kunnen overleven. Sommige plantensoorten kunnen overleven op een dunne grondlaag door middel van een intensief onderhoud.

(Kerstenne and et al, 2006.)

Voorplanten die het gewoon zijn om in een arme ondergrond te leven zijn geschikt voor een groendak, bijvoorbeeld rots- en duinplanten. In het algemeen is vastgesteld dat ideale planten op een groendak planten zijn die veel water vasthouden wanneer het nodig is en makkelijk water verdampen wanneer er te veel water is. Ze mogen geen te grote bladeren hebben, want die pakken veel wind en verdampen snel water. Ze moeten

goed tegen vrieskou kunnen. Ze moeten snel kunnen dichtgroeien tot een dicht plantendek om verdamping van water en de bodemerosie door verwaaiing te beperken. Ten slotte moeten ze voldoen aan een beperkte bewortelbare bodemdikte. Het moeten dus vlak wortelende planten zijn. In tabellen 2 en 3 staat een beperkte oplist van planten die in aanmerking komen voor de verschillende bodemdiktes. (Carrijn, 2011.)

Vegetatietype	Intensief of extensief	Verzadigd gewicht (in kg/m ²)	Totale dikte (in
Sedums en mossen	extensief	50 à 80	5 à 8
Sedums en kruiden	extensief	80	8
Sedums, kruiden en grassen	extensief	100	7 à 10
Sedums, kruiden en grassen	eenvoudig intensief	150	9 à 14
Grassen en heesters	intensief	260 à 600	23 à 50
Grassen, heesters en kleine bomen	intensief	350 à 750	30 à 70
Grassen, heesters	intensief	> 750	> 70

Tabel 2: Verschillende groendaktypes met hun gewicht (verzadigd) en totale dikte. (Mentens, Hermly and Raes,2002.)

Soorten voor extensieve tot eenvoudige intensieve groendaken		
Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Substraatdikte (cm) ¹⁴
Akkerhoornbloem	Cerastium tomentosum	10-60
Bevertjes(gras)	Briza media	10-60
Bieslook	Allium schoenoprasum	2-60
Breed fakkelgras	Koeleria pyramidata	15-60
Donderblad	Sempervivum tectorum	2-10
Driekleurig viooltje	Viola tricolor	10-25
Dwerglis	Iris pumila	6-60
Echte marjolein	Origanum vulgare	10-60
Gele kamille	Anthemis tinctora	10-60
Gele look	Allium flavum	2-25
Gewone brunel	Prunella vulgaris	6-60
Gewoon reukgras	Anthoxanthum odoratum	10-60
Gewoon grasklokje	Campanula rotundifolia	6-25
Kartuizeranjer	Dianthus carthusianorum	10-60
Kleine pimpernel	Sanguisorba minor	10-60
Margriet	Leucanthemum vulgare	15-60
Muurpeper	Sedum acre	2-15
Nachtsilene	Silene nutans	10-60
Oranje havikskruid	Hieracium aurantiacum	10-60
Plat beemdgras	Poa compressa	6-25
Roze vetkruid (+ variëteiten)	Sedum spurium	2-15
Schapegras	Festuca ovina	6-60
Smalle weegbree	Plantago lanceolata	10-60
Tripmadam	Sedum rupestre	2-15
Veldsalie	Salvia pratensis	15-60
Sedum van Nice	Sedum sediforme	2-15
Viltganzerik	Potentilla argentea	6-60
Wilde tijm	Thymus serpyllum	6-60
Wimperparelgras	Melica ciliata	10-60
Wit vetkruid (+ variëteiten)	Sedum album	2-10
Zacht vetkruid	Sedum sexangulare	2-15
Zeepekruid	Saponaria officinalis	6-60

Tabel 3: Beperktse soortenlijst voor extensieve en licht intensieve grondaken. (Mentens, Hermly and Raes,2002.)

Er zijn verschillende methodes om de vegetatielaag op het dak te plaatsen. Het zaaien van de planten of sprayen van een substraat-, zaailingen- en zadenmengeling is de goedkoopste manier om een groendak aan te leggen. Op afbeeldingen 7 en 8 ziet u voorbeelden van de zaailingen en het sprayen van een substraatlaag. Bij deze methodes duurt het enige tijd voordat de vegetatielaag is dichtgegroeid tot een stevig plantendek. Hierdoor ontstaat het gevaar van erosie, waarbij de zandlaag van het dak kan waaien of regenen. Het is noodzakelijk een vochtige ondergrond te voorzien tijdens de weken

dat het plantendek dichtgroeit. Gedurende dit proces is het soms nodig een extra bevoeiingssysteem aan te leggen. Bij het poten van planten komen deze gevaren minder voor omdat de planten al half gegroeid zijn en dus sneller dicht groeien. Ten slotte bestaan er ook volledig dichtgegroeide matten of tegels die men tegelgewijs aanlegt of gewoon uitrolt op de substraatlaag. Bij deze methode is er bijna geen gevaar voor erosie en ontstaat er al snel een volgroeid groendak. Op afbeeldingen 7 en 8 ziet u voorbeelden van deze prefabproducten. De keuze van beplantingsmethode hangt vooral af van de prijs. (Teeuw and Ravesloot, 1998.)



Afb.7: Zaailingen

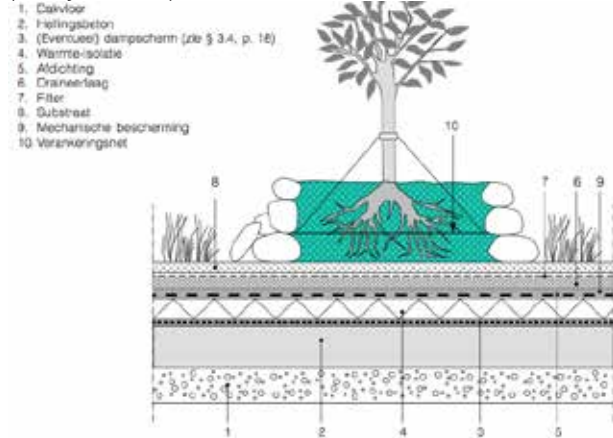


Afb.8: Substratsprayen

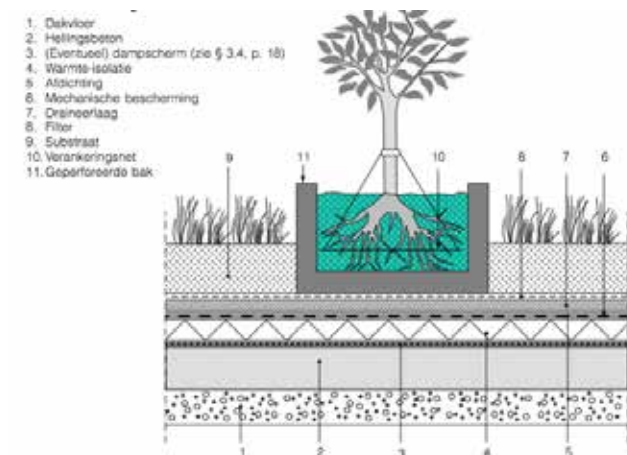
Op een intensief dak kunnen ook bomen en struiken worden geplant die erg onderhevig zijn aan de wind. Om deze bomen of struiken te planten bestaan verschillende verankeringsmethodes die ervoor zorgen dat de plant niet kan wegwaaien. Deze methodes bestaan vooral uit het plaatselijk verdikken van de substraatlaag, waardoor de wortels betere verankering hebben, én het stabiliseren van de plant met stenen, een paaltje of met kabels van de stam naar een muur of de grond. Op afbeeldingen 9, 10 en 11 zijn enkele



voorbeelden te zien.
(Carrijn, 2011.)

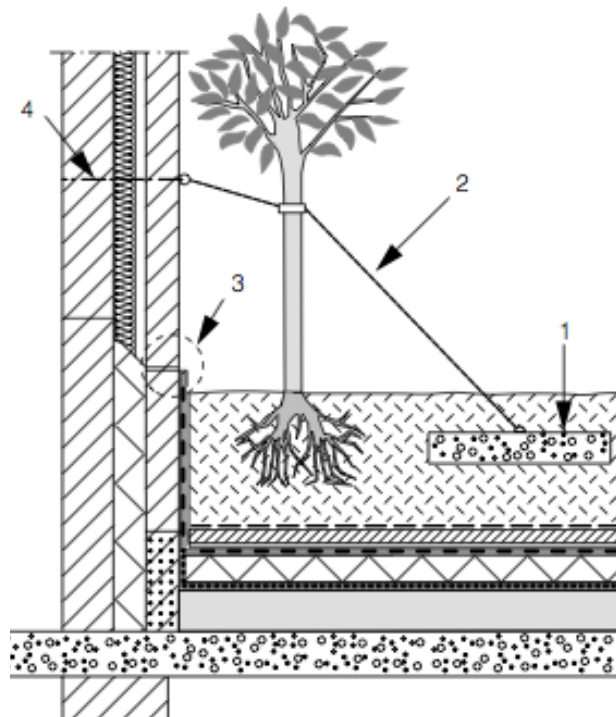


Afb.9: Verankering bomen zonder bak (WTCB, 2006)



Afb.10: Verankering bomen met bak (WTCB, 2006)

DWARSDOORSNEDE



Afb.11: Verankering bomen met kabel (WTCB, 2006)

2.4.2 Het erosiedoek

Het erosiedoek wordt niet bij alle toepassingen gebruikt. Het wordt slechts af en toe gebruikt om het substraat op zijn plaats te houden. Dat is bijvoorbeeld nodig bij planten die niet dichtgroeien tot een dicht plantendeck of tijdens de weken dat het groendak nog moet dichtgroeien. Het doek wordt vooral gebruikt op schuine daken waar de wind harder op inwerkt. Bij een dak waarop is gezaaid, ligt er gedurende de tijd dat de vegetatielaag nog moet dichtgroeien enkel zand dat makkelijk te verplaatsen is.
(Teeuw and Ravesloot, 1998.)

2.4.3 De substraatlaag

Dit is de grond waarin de planten groeien en hun wortels ontwikkelen. Deze grond heeft drie functies: het vasthouden van water en (even belangrijk) lucht, het voorzien van voedingsstoffen en nutriënten voor de plant en het verankeren van de wortels van de plant.³ Op een dak is het niet aangewezen om gewone potgrond te gebruiken, omdat die zwaar is en op termijn verdicht en verzuurd. Hierdoor neemt de opslagcapaciteit van water en lucht sterk af. Als de grond volledig uitgedroogd is, is het ook zeer moeilijk om hem weer te bevochtigen. Daarom worden speciale soorten substraat aangemaakt door gespecialiseerde fabrikanten. Deze substraten zijn lichter en meer betrouwbaar op lange termijn. De samenstelling is nog steeds een basis van potaarde, maar dit moet zo veel mogelijk worden beperkt, vanwege bovengenoemde nadelen. De potgrond wordt gemengd met materialen die beter water vasthouden en lichter zijn. Ze kunnen worden opgedeeld in



verschillende klassen: organische elementen, mineralen en chemische elementen. De organische elementen zijn soorten composten, vogeluitwerpselen, turf, maritieme planten of andere elementen, houtsnippers en mest; ze zorgen vooral voor een lichte en voedzame bodemlaag. Bruikbare minerale elementen zijn: klei, geëxpandeerde kleikorrels, geëxpandeerde vulcaniet, rivier of rijnzand, puimsteen, grind en lavasteen; ze zorgen voor het lichter maken van de bodemlaag, voor het vasthouden van meer water en lucht en ten slotte voor een goede draineerwerking. Als laatste kunnen chemische elementen worden toegevoegd, zoals polystyreenvlokken, ureumformaldehydevlokken, absorberende polymeren en chemische mest. Die elementen hebben vooral een werking op de waterhoudcapaciteit en de voedingsstoffen van de bodemlaag. De grond moet eveneens in staat zijn om gemakkelijk water over te dragen naar de plant. Dat wordt soms onderschat: water met een hoog zoutgehalte is moeilijk op te nemen door een plant.

Van deze verschillende grondstoffen wordt een mengeling samengesteld die goed past bij het soort planten die de aanlegger van het groendak wil laten groeien en ook bij de bodemdikte past. Voor het substraat van extensieve daktuinen is het essentieel de bodemlaag niet te voedzaam te maken, omdat ze dan ongewenste planten zal aantrekken.⁴

De substraatlagen worden zo licht mogelijk gemaakt. Dit zorgt ervoor dat daktuinen gevoelig zijn voor erosie door wind en regen. Daarom wordt er tijdens de aanleg vaak een stro- of kokosmat of een erosiedoek aangebracht om de verplaatsing van het substraat tegen te gaan.

De substraatlaag is een belangrijk onderdeel van het groendak. Ze moet zorgen voor een nabootsing van de volle grond, zodat planten erin kunnen overleven voor een lange tijd.⁵

(^{3.} *Carijn, 2011.*, ^{4.} *Kerstenne and et al, 2006.*, ^{5.} *Teeuw and Ravesloot, 1998.*)

2.4.4 Het filterdoek

Dit specifieke doek ligt tussen de draineerlaag en de substraatlaag. Het filterdoek zorgt ervoor dat de draineerlaag niet kan dichtslibben met zand van de substraatlaag en dat er water door kan in beide richtingen. Het doek moet bestand zijn tegen vertering en een stabiele structuur hebben, zodat het zijn werk kan blijven doen. Het mag de capillaire werking van de wortels die het water uit de draineerlaag zuigen niet tegenwerken. Ze moeten gedurende hun hele gebruikstijd waterdoorlatend zijn, ook wanneer er na verloop van tijd substraatdeeltjes in gespoeld zijn. Er bestaat een groot assortiment aan geotextielen die deze taken goed uitvoeren. De non-woven types zijn het beste: ze hebben een sterke zuigkracht en werken daardoor de capillaire werking van de planten in de hand. Het is belangrijk erop te letten dat het geotextiel niet rechtstreeks aan de watervoorraad kan, omdat het dan het water opzuigt en zo zorgt voor wateroverlast aan de substraatlaag.

(*Carijn, 2011.*)

2.4.5 De draineerlaag

De draineerlaag heeft twee specifieke tegengestelde functies. In de eerste plaats moet de laag een deel van het water bijhouden voor drogere tijden. Ten tweede moet het ervoor zorgen dat bij een hevige stortbui het water goed wordt afgevoerd, zodat het dak niet overstroomt en de vegetatielaag geen wateroverlast te verduren krijgt. Bij daken met een helling boven de 4° is een draineerlaag niet noodzakelijk, omdat daarbij het water vanzelf wordt afgevoerd door de zwaartekracht. (*Teeuw and Ravesloot, 1998.*)

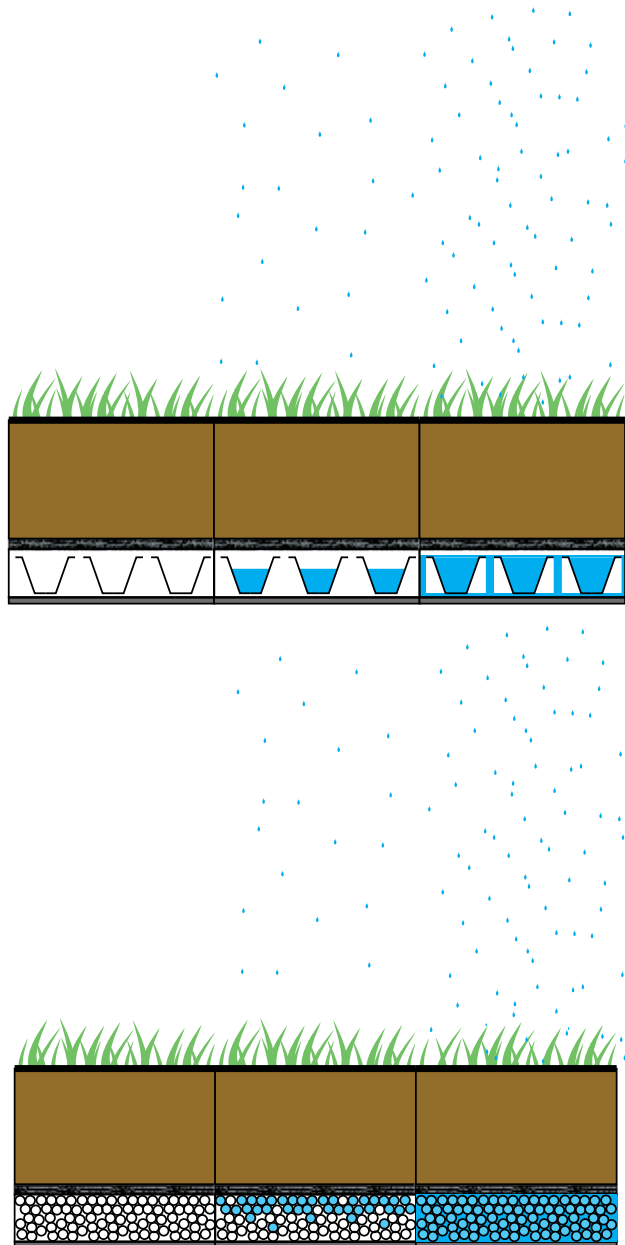
Om deze functie te kunnen volbrengen moet de draineerlaag aan verschillende eigenschappen voldoen. De laag moet bestand zijn tegen vertering, het moet dus mogelijk zijn erop te lopen en ze moet het gewicht van de substraatlaag kunnen dragen. Bovendien mag de draineerlaag geen kalkafzetting bij de afvoer en leidingen veroorzaken door te veel calciumoxide in het materiaal. Ze moet goed bestand zijn tegen chemische en fysische ontbinding omdat de laag zeker twintig jaar onder de grond ligt zonder enige verduring. De zuurtegraad en het zoutgehalte mogen niet te hoog liggen. Het materiaal moet ook capillair adhesief zijn, dat wil zeggen dat het makkelijk water afgeeft aan de laag daarboven.

(*Carijn, 2011.*)

Er zijn twee grote methoden die men gebruikt bij de draineerlagen. Bij de eerste methode wordt een hoeveelheid los materiaal gestort in de vorm van klei, lava of bims die makkelijk water opnemen en die, wanneer ze vol zitten, ook nog gaten in hun structuur hebben om het water door te laten. Op afbeelding 12 is te zien hoe dit werkt.⁶ Als tweede systeem om te draineren bestaan er kunststofplaten met een specifieke vormgeving die water opslaan in een soort van bekertjes; wanneer die overlopen kan het water weg langs de onderkant. Afbeelding 12 geeft de werking van de twee systemen weer en toont hoe ze eruitzien.⁷

(^{6.} *Argex, 2013.*, ^{7.} *Zinco, 2013.*)





Afb.12: Twee soorten draineerlagen.

2.4.6 De wortelkerende laag

Deze laag is een belangrijk doek dat ervoor zorgt dat het groendak na verloop van tijd het dak niet aantast. De wortels van planten en bomen voeren namelijk een chemische en fysieke belasting uit op de dakhuid. In vele gevallen volstaat de dakhuid om aan deze belasting weerstand te bieden, maar soms is een extra wortelwerend doek nodig. Voor de dakbedekking zijn drie grote groepen van materialen te onderscheiden: bitumen, hoogpolymeren en aluminium- of koperdaken. De bitumen dakbedekkingen hebben over het algemeen geen goede weerstand tegen wortels, ze kunnen beter weerstand bieden met toevoeging van bepaalde chemicaliën. In dat geval moet de dakbedekking gelast worden, omdat lijmen te weinig fysieke weerstand biedt. De synthetische dakbedekkingen bieden over het algemeen betere wortelwerende eigenschappen indien ze door dezelfde stof aan elkaar worden geplaatst.

Wanneer ze bijvoorbeeld door tape of lijm aan elkaar worden geplakt, is de fysieke weerstand niet groot genoeg.⁸

Enkele aandachtspunten bij het goed wortelwerend maken van het dak:

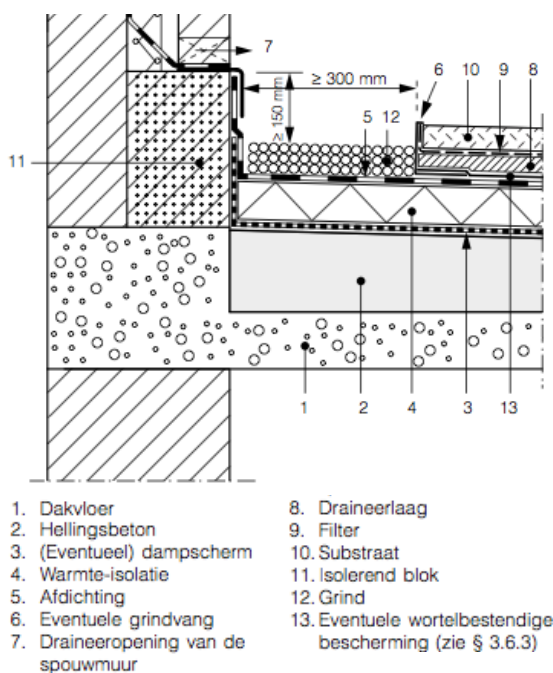
- Het dak moet zo weinig mogelijk naden hebben. Het is dus beter om brede doeken te gebruiken en die aan elkaar te lassen.
- Er moet genoeg overlapping zijn tussen de naden, tot 15 cm. Plooiën en oneffenheden moeten zo veel mogelijk vermeden worden
- Knikken en zwakke punten die ontstaan in hoeken en rond een schoorsteen of dakraam moeten vermeden worden.
- De folie moet minsten tot 15 cm langs de muur boven de vegetatielaag uitsteken.⁹

(⁸ Kerstenne and et al, 2006., ⁹ Carrijn, 2011.)

2.4.7 De afwerking

Als de begroeiing aansluit aan een andere opbouw, dient de aanlegger een plantvrije zone van minimum 300 mm te maken. Deze zone wordt voorzien van een grindlaag en is noodzakelijk om vochtschade van opspattend water en het dichtslibben van de substraatlaag bij hevige regenval te voorkomen. Ze moet ook beletten dat reinigingsmiddelen voor gevels of ramen direct worden afgevoerd zonder de planten te beschadigen. Bovendien staat de zone ook in voor de brandveiligheid. Ten slotte moet de plantvrije zone ervoor zorgen dat de bovenkant van het groendak 300 mm van de zijkanten verwijderd is. De grindlaag van deze zone moet 150 mm van de top van de opstaande rand verwijderd zijn, zoals op afbeelding 13.

(Kerstenne and et al, 2006.)



Afb.13: Opstand van de afdichting tegen een muur. (WTCB 2006)

- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1. Dakvloer | 8. Draineerlaag |
| 2. Hellingsbeton | 9. Filter |
| 3. (Eventueel) dampscherm | 10. Substraat |
| 4. Warmte-isolatie | 11. Isolierend blok |
| 5. Afdichting | 12. Grind |
| 6. Eventuele grindvang | 13. Eventuele wortelbestendige bescherming (zie § 3.6.3) |
| 7. Draineroening van de spouwmuur | |

2.4.8. De waterafvoer

De draineerlaag zorgt niet enkel voor het bijhouden van het water, maar ook voor een veilige en snelle afvoer van overtollig water. Ze moet daarom over de hele oppervlakte van de tuin worden gelegd, ook onder eventuele wandelpaden of grindstroken. Het aantal tapbuizen moet aangepast



Afb.14: Controle schacht. (WTCB 2006)

zijn aan de oppervlakte van het dak, de hellingsgraad, het type dak en de te verwachte neerslag. Het is aangeraden om altijd twee tapbuizen te installeren, ook bij kleine groendaken, ingeval er eentje verstopt zou geraken. Het is noodzakelijk dat elke tapbuis kan worden gecontroleerd; hiervoor is een controleschacht nodig. Op een groendak moet de tapbuis altijd bereikbaar zijn om te kunnen controleren. Ze dient afgeschermd te worden met een rooster, op veilige afstand van de substraatlaag. Bij intensieve tuinen kan dat verkregen worden door er een kleine 'kamer' rond te fabriceren. Op afbeeldingen 14 en 15 toon ik een voorbeeld van zo'n schacht.

(Kerstenne and et al, 2006.)

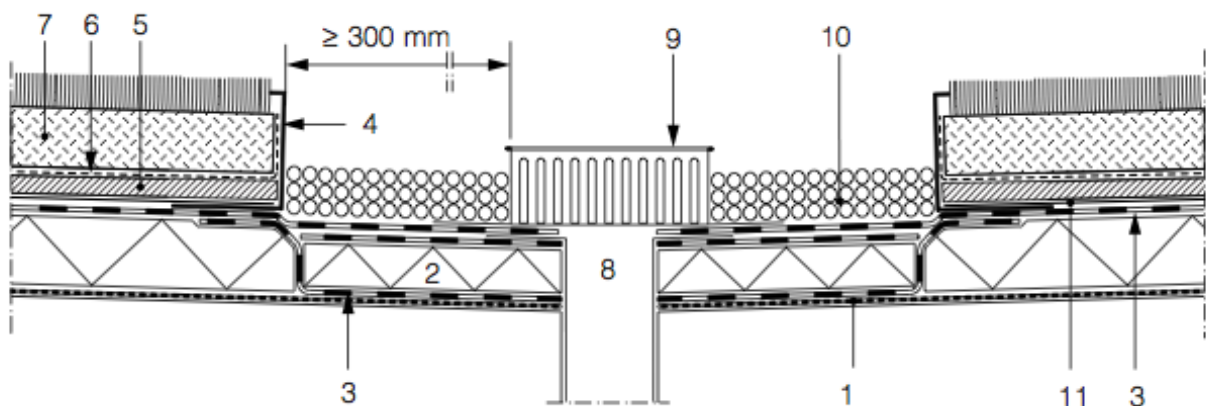
2.4.9 De watervoorziening

Een groendak heeft als grootste probleem, naast de gewichtsbeperving, het bijhouden van water. Omdat de substraatlaag beperkt is, kan het dak minder water vasthouden dan volle grond. Bovendien heerst op een dak meer wind, wat voor een snellere uitdroging van de planten zorgt. Er zijn drie manieren om het dak van water te voorzien en bovengenoemde problemen op te lossen, namelijk door middel van een kunstmatige watertafel, beregening of een druppelbevloeiing.

Een kunstmatige watertafel kan men maken door een in de hoogte instelbare tapbuis te gebruiken. Het gewenste waterpeil kan verkregen worden door de waterafvoerbuizen tot een bepaalde hoogte uit te trekken. Zo loopt het dak tot de uitgetrokken hoogte onder water. Het is hierbij van belang dat er een goede capillaire werking is tussen de drainagelaag en de vegetatie, zodat de planten gebruik kunnen maken van het water. Omdat het dak onder water loopt, is het belangrijk dat de draineerlaag voldoende zwaar is, opdat ze niet begint te drijven. Om het systeem goed te kunnen gebruiken is er een controleschacht nodig rond de uittrekbare afvoerbuizen. Dit systeem is zeer handig in de zomer om droogteperiodes te kunnen overbruggen. Maar in de winter moet het uitgezet worden omdat de installatie kan bevriezen.

(Carijn, 2011.)

Beregening kan dienen als aanvulling van de natuurlijke regen. Natuurlijk moet de eigenaar van de daktuin eraan denken het dak te besproeien in dit geval. Naast extra beregening kan de eigenaar van een daktuin er ook voor kiezen statieven te installeren waar de sproeiers in bevestigd worden. Een derde mogelijkheid om een daktuin extra te beregenen zijn ingebouwde systemen die volautomatisch of computergestuurd zijn. De methode van beregening heeft enkele voordelen t.o.v.



Afb.15: Toegankelijke afvoerbuizen voor een groendak (WTCB 2006)



de watertafel, onder andere: de planten worden ontdaan van stof en onzuiverheden, in droge periodes zorgt het systeem voor een hoge luchtvochtigheid en het systeem kan aangepast worden aan de waterbehoefte van de verschillende planten. Een nadeel van deze methode is het feit dat met een ingebouwdeberegeningssysteem grotere (hogere) planten en bomen niet worden bereikt. Daarnaast bestaat bij dergelijke systemen de kans dat een groot gedeelte van de voedingsnutriënten wordt doorgespoeld samen met het water. Bij deze technieken wordt jammer genoeg drinkwater gebruikt om de planten in leven te houden in plaats van regenwater. (Carijn, 2011.)

Het systeem van druppelbevloeiing ten slotte bestaat uit een geperforeerde leiding in PE die op regelmatige afstanden in de vegetatielaag aangebracht wordt. Ze ligt op ongeveer 4 cm van de filterlaag in een extensieve tuin en op 35 cm in een intensieve tuin. Door middel van speciale ventielen en sensoren kan de watervoorziening zeer precies geregeld worden en dat levert een rendement van ongeveer 90 % op. Er spoelt dus maar een klein percentage weg door de draineerlaag. (Carijn, 2011.)

2.5 De opbouw van een dak

24 Een dak heeft als functie het afschermen van de ruimte onder het dak en eveneens het volledige huis eronder. Het zorgt ervoor dat er geen koude of hitte naar binnen of buiten kan. Daarbij moet het evengoed zorgen dat de sneeuw en regen buiten blijft. En het moet ook de belasting die de wind uitoefent op een dak kunnen weerstaan.

Om al deze functies te kunnen vervullen zijn er verschillende technieken bij het opbouwen van een dak. In de eerste plaats zijn er schuine daken, waarbij het water van dakpan op dakpan van het dak wordt geleid, met daarachter een luchtspouw. Schuine daken kunnen ook met koperen of metalen platen dichtgelegd worden. Zolang ze schuin of bol zijn, is het water makkelijk naar de dakgoot te begeleiden en de ruimte eronder droog te houden. Jammer genoeg is de ruimte onder een schuin dak vaak moeilijk te gebruiken. Om dit op te lossen werd het platte dak bedacht, waarbij de ruimte onder het dak niet verloren gaat. Maar ook het platte dak heeft al voor veel problemen gezorgd. Het is moeilijk om het water van het dak te krijgen en als er plassen ontstaan moet het dak volledig waterdicht zijn.

Om de functies van een dak te vervullen zijn er bij platte daken drie soorten bedacht, de ene al beter dan de andere: een warm dak, een omgekeerd dak en een koud dak. Deze onderverdeling is gemaakt op de volgorde van de isolatie, de dakhuid, het dampscherm en de dakconstructie. (Louwers, F. and et al., 2000.)

2.5.1 Het warme dak

Het warme dak is tegenwoordig de meest gebruikte methode om een dak te isoleren. Op de dakconstructie

wordt in de eerste plaats een dampscherm geplaatst, daarop de isolatie en ten slotte de dakhuid. De isolatie is bij dit dak volledig afgeschermd van enige vorm van vocht tussen het dampscherm en de dakhuid. Ze kan dus op geen enkele manier schimmelen. De waterdichtheid van de twee hangt erg af van de kunde van de daklegger. Omdat de dakhuid bovenaan ligt, moet ze aan soms grote temperatuurwisselingen kunnen weerstaan. (Louwers, F. and et al., 2000.)

2.5.2 Het omgekeerde dak

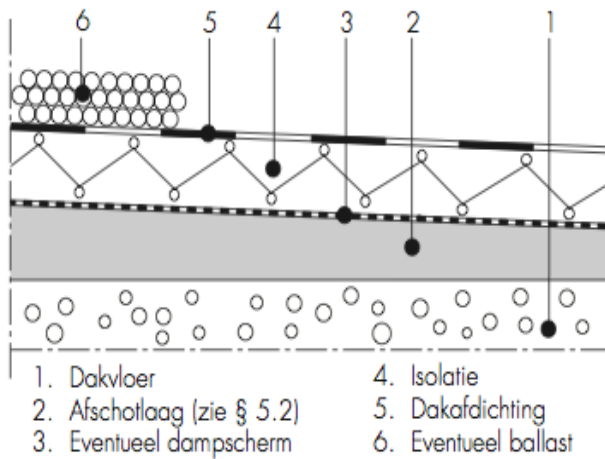
Dit dak bestaat uit een dakhuid die direct op de dakconstructie wordt geplaatst, met daarop de isolatieplaten. Omdat het gevaar bestaat dat de platen er afwaaien, wordt er een ballast zoals grind of mortel op de platen gelegd. Dit dak vraagt om een speciale isolatie die goed tegen regen of vocht bestand is. De isolatiewaarden van de opbouw van dit dak zijn minder goed, maar de dakhuid ligt niet bovenaan, dus wordt het aan minder extreme temperatuurwisselingen blootgesteld. (Louwers, F. and et al., 2000.)

2.5.3 Het koude dak

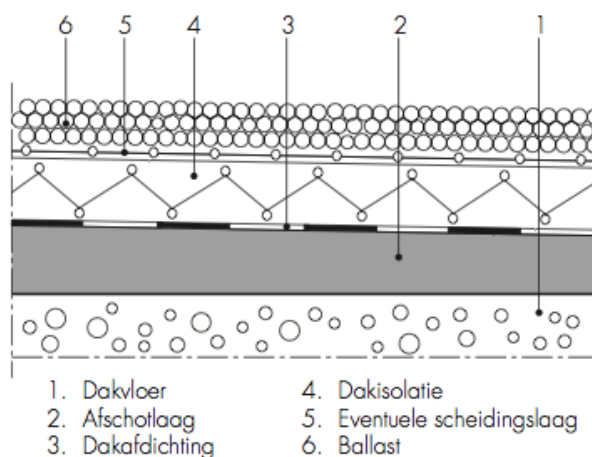
In dit geval wordt er rechtstreeks een dakhuid op de dakconstructie geplaatst. De isolatie wordt onder de dakvloer geplaatst, met daartussen een luchtspouw. Om de isolatie te beschermen tegen condensatie van vocht, wordt daarnaast een extra dampscherm geplaatst. Het gevaar bestaat erin dat door de luchtspouw vocht van buitenaf toch condenseert tussen de twee afschermingen, waardoor er vocht in de isolatie komt. Wanneer dit gebeurt, kan rotting ontstaan en verslechtert de werking van de isolatielaag. Het principe van het koude dak wordt meestal afgeraden. Deze techniek wordt enkel gebruikt in oude gebouwen.

Op afbeeldingen 16, 17 en 18 kan u de drie soorten dakopbouw met elkaar vergelijken. (Louwers, F. and et al., 2000.)

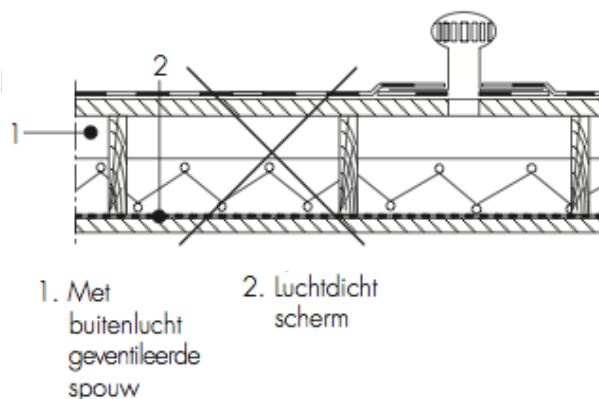




Afb.16: Warm dak. (WTCB, 2000.)



Afb.17: Omgekeerd dak. (WTCB, 2000.)



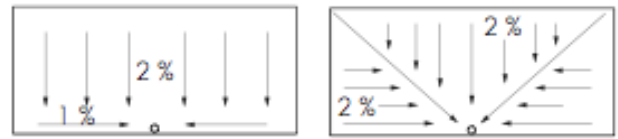
Afb.18: Koud dak. (WTCB, 2000)

2.5.4 Het afschot

Het afschot is een bepaalde laag van het platte dak die ervoor moet zorgen dat er geen plasvorming kan plaatsvinden. Het vermijden van plasvorming is belangrijk.

Zeker bij een bitumen dakbedekking wordt een snellere veroudering vastgesteld; de andere vormen van dakbedekking zijn beter bestand tegen plassen. Het afschot is een laag die in een lichte helling van ongeveer 2 % in de richting van de afvoer wordt gelegd. Het water wordt in sommige gevallen eerst naar een goot aan de zijkant afgeleid en vervolgens naar de afvoer. Deze goot

dient een helling van 1 % te hebben. Op afbeelding 19 zijn twee verschillende werkwijzen te zien. Het leggen van een afschot rond uitstekende volumes zoals een dakraam of een schoorsteen is moeilijk, het is belangrijk hier extra aandacht aan te schenken.



Afb.19: Nominale helling van het dakvlak en van de dakgoten. (WTCB, 2000)

Er zijn verschillende manieren om een afschot te maken. De dakconstructie wordt onder een helling gemaakt.

- Met prefab betonelementen die in een helling zijn gemaakt.
- Er kan achteraf met een lichte beton een helling worden gegoten.
- Er bestaan prefab isolatieplaten die in een afschot zijn gesneden.
- Soms worden twee van de bovenstaande technieken samen gebruikt.

In tabel 4 toon ik de voor- en nadelen van de verschillende technieken.

(Louwers, F. and et al., 2000.)



AFSCHOTSYSTEMEN	GEVAAR VOOR PLASVORMING	BIJKOMEND GEWICHT	BIJKOMEND BOUWVOCHT	AANDEEL IN DE TOTALE ISOLATIE-WAARDE	VEREISTE VAKKUNDIGHEID BIJ DE UITVOERING
Dakvloer in afschot	reëel	geen	geen	gering	groot
Prefab elementen in afschot	weinig	geen	geen	tamelijk goed bij cellenbeton	normaal
Cementgebonden afschotlaag	zeer weinig	veel	veel	gering	groot
Afschotisolatieplaten/bitumengebonden korrels	weinig	zeer weinig	geen	zeer goed/goed	zeer groot
Combinatie van de twee voorgaande oplossingen	zeer weinig	beperkt	beperkt	goed	zeer groot

Tabel 4: Kenmerkende eigenschappen van de afschotssystemen. (WTGB, 2000.)

2.5.5 Het dampscherm

Het dampscherm heeft als functie de isolatie te beschermen tegen condensatie van vocht dat in het huis ontstaat. Er moet telkens nagegaan worden of het dampscherm al dan niet noodzakelijk is. Het kan zijn dat de dakconstructie reeds lucht- en waterdicht is. Een dampscherm zorgt eveneens voor een betere luchtdichtheid, waardoor het dak beter bestand is tegen de wind. Bij een omgekeerd dak functioneert de dakhuid als dampscherm.

Indien er toch water in de isolatie terechtkomt, brengt het dampscherm toch enkele nadelen met zich mee: het bemoeilijkt het opdrogen van vocht en de herkomst van het vocht is moeilijker te vinden. Een mogelijke oplossing hiervoor is het dak compartimenteren, zodat een dakwerker bij een lek kan nagaan welk compartiment vocht bevat. Deze techniek heeft ook voordelen voor de windbelasting. Bij een extreme storm worden er slechts delen van het dak getrokken in plaats van het hele dak.

De keuze van het dampscherm hangt van verschillende factoren af. Het binnenklimaat, het vocht in de bouwconstructie, de eigenschappen van de dakmaterialen en hun gedrag met vocht, de bezonning van het dak en de absorptiefactor van de dakhuid spelen allemaal een rol.

Er zijn verschillende tabellen en grafieken om deze criteria tegenover elkaar af te wegen en zo het beste dampscherm te kiezen. Het dampscherm moet overal de isolatie volledig insluiten in samenwerking met de dakhuid.

(Louwers, F. and et al., 2000.)

2.5.6 De dakisolatie

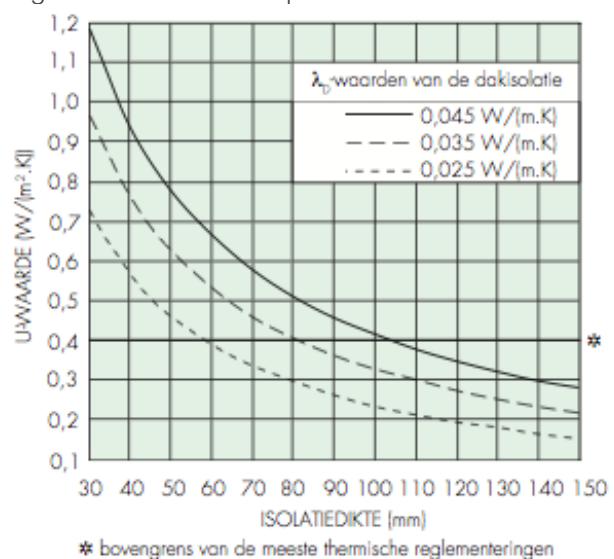
De dakisolatie moet ervoor zorgen dat er zo weinig mogelijk warmte kan ontsnappen uit het huis of migreren in het huis. Dit hangt af van de dikte van de isolatielaag,

de landawaarde van het materiaal en de uitvoering door de isolatielegger. Isolatie werkt maar zo goed als het zwakste punt. Dit wil zeggen dat elk stukje dak even dikke isolatie moet hebben. Wanneer er een kleine sleuf of gat in de isolatielaag is, ontstaat een koudebrug en is de isolatie tevergeefs.

De landawaarde, uitgedrukt in $W/(m.K)$, is de warmte die stationair door een materiaal van 1 meter dik over $1m^2$ gaat per tijdseenheid en graad temperatuurverandering tussen de twee oppervlakken van het materiaal. De waarde wordt statistisch vastgesteld. De fabrikant van het isolatiemateriaal is verplicht om deze waarde zelf vast te stellen. Op afbeelding 20 ziet u de landawaarde van de verschillende diktes.

De R-waarde van isolatie is de warmteweerstand van de materialen, uitgedrukt in $(m^2.K)/W$. Ze wordt berekend door de dikte te delen door landa.

Ten slotte is er nog de U-waarde, uitgedrukt in $W/(m^2.K)$. Ze geeft de landawaarde per vierkante meter weer.



Afb.20: Warmtedoorgangcoëfficiënt van een geïsoleerd dak met een betonnen dakvloer. (WTGB, 2000)

Ook bij dakisolatie is er een reële kans dat ze van het dak waait. Een goede bevestiging van de isolatiematerialen is dus een noodzaak. Er zijn verschillende technieken



om de isolatie op zijn plaats te houden:

- de isolatie kleven met warm of koud bitumen
- de isolatie kleven met synthetische lijmen
- de isolatieplaten mechanisch bevestigen
- de platen los leggen en ze op hun plaats houden door er een ballast van grind op te leggen.

De belasting van de isolatie kan bestaan uit statische belasting (een bepaalde ballast plus de dakhuid) of dynamische belasting (voetstappen, regen, sneeuw of hagel). Daarom moet de isolatie deze puntbelastingen aankunnen zonder in te deuken. De isolatiematerialen zijn hiervoor ingedeeld in vier klassen.

Tabel 5 toont de klassen met de bijhorende drukbelasting waar ze tegen opgewassen zijn.

KLASSE	VERVORMING (%)	TEMPERATUUR (°C) (*)	BELASTING (kPa)
A (**)	≤ 10 % ≤ 15 %	23 en 80 (60)	20 20
B	≤ 5 %	80 (60)	20
C	≤ 5 %	80 (60)	40
D	≤ 5 %	80 (60)	80

(*) 60 i.p.v. 80 °C op daken met een zware schutlaag.
(**) Niet van toepassing op een plat dak.

Tabel 5: Samendrukbaarheid van de isolatie. (WTCB, 2000.)

Er zijn vier grote groepen van isolatiematerialen waar isolatieplaten van worden gemaakt.

- kunststofschuimen (PUR, PIR, PF, EPS en XPS)
- minerale materialen (minerale wol, cellenglas en geëxpandeerd perilliet)
- plantaardige materialen (kurk)
- composiet-isolatiematerialen (samenstelling van twee of meer van de bovenstaande materialen).
- Ze hebben allemaal hun eigen eigenschappen en waarden. Via een tabel kunnen de juiste isolatiematerialen voor de toepassing gekozen worden.

(Louwers, F. and et al., 2000.)

2.5.7 De dakhuid

De dakhuid wordt blootgesteld aan zware weersomstandigheden. Daardoor komen maar enkele materialen in aanmerking. Ze zijn gemaakt van bitumen- of kunststofbanen, volledige kunststof dakzeilen of vloeibare kunststofproducten.

Bij het kiezen van een dakhuid is het noodzakelijk om zich verschillende dingen af te vragen. Wat zijn de gevolgen van een lek? Hoe groot is het risico op een lek? Hoe groot is de kans op beschadiging tijdens de opbouw? En hoe gemakkelijk zijn lekken op te sporen? De kwaliteit van een dakhuid hangt vaak af van de kwaliteit van degene die hem gelegd heeft en van de zorg die de eigenaar achteraf voor het dak heeft.

Een bitumen dakhuid kan gebruikt worden als onder-, midden- of bovenlaag. Wanneer ze gebruikt wordt als

bovenlaag moet ze gewapend zijn met polyester of glasvezel en goedgekeurd zijn door het ATG, omdat het materiaal snel verouderd. In tabel 6 kan u de vergelijking tussen de twee soorten vulmiddelen zien. Er zijn twee soorten bitumen: ofwel voegt de producent er 30 % atactische polymeren aan toe voor een plastischer effect ofwel 12 % styreen-butadieen-styreen voor een elastischer effect. Om de bitumen dakhuid af te werken kunnen leien schilfers in walsen worden geplaatst, die dienstdoen als UV-bescherming.

EIGENSCHAPPEN	MET EEN GLASVIBES GEWAPEND GEBAZEN BITUMEN	MET POLYESTER GEWAPEND POLYMEERBITUMEN
Treksterkte (per strook van 50 mm)	150 à 250 N	500 à 1200 N
Rak bij breuk	2 %	> 20 %
Afdruiptemperatuur	70 °C (110 °C)	110 tot 150 °C
Flooi temperatuur	+ 3 °C	- 5 tot + 30 °C
Veroudering	snel (brs worden)	langzaam; langdurig behoud van hoge aanvangswaarden

Tabel 6: Vergelijking tussen eigenschappen van afdichtingsmaterialen van geblazen bitumen en van polymeerbitumen. (WTCB, 2000.)

Om de bitumen goed te leggen moet de ondergrond goed bruikbaar gemaakt worden. Ten tweede dient een keuze te worden gemaakt tussen een 1-laags- of 2-laagsdak, waarvoor een legpatroon gekozen moet worden. Ten derde is de overlapping van de verschillende vellen belangrijk. En ten slotte is de soort van bevestiging van belang: lijmen met bitumen, vlamlassen, met koude lijm lijmen of het dak mechanisch bevestigen. Dit laatste is niet zo goed, omdat dan de waterdichte dakhuid wordt doorboord, waardoor een grotere kans op lekken bestaat. Wanneer een 1-laagse eindlaag wordt gebruikt, moet de bitumen minstens 3,8 mm dik zijn. Hierbij is het belangrijk op te letten dat de naden goed waterdicht zijn gemaakt.

Kunststof afdichting is een hoogpolymeer materiaal. Het wordt gefabriceerd in de vorm van banen die aan elkaar worden gelijmd of gelast of in de vorm van grote zeilen die ineens over het hele dak worden bevestigd. Dit specifieke zeil kan gewapend worden door de toevoeging van verschillende materialen. De zeilen mogen niet te dun gefabriceerd worden, omdat ze dan meer kans op perforatie en scheuren hebben. De kunststofzeilen worden gekozen voor hun goede mechanische en elastische eigenschappen. Ze kunnen goed tegen chemicaliën en zijn recycleerbaar. Er zijn diverse soorten kunststof afdichtingslagen mogelijk, waarvan EPDM en PVC de bekendste zijn.

De vloeibare dakhuid is de nieuwste methode om daken waterdicht te maken. Ze wordt op het dak zelf aangebracht in twee lagen, met daartussen een wapening. Het duurt enige tijd voordat de lagen regen- en vorstbestendig zijn; daardoor is de kwaliteit weersafhankelijk. Deze techniek wordt meestal gebruikt voor renovaties waarbij het oude dak een extra waterdichte laag krijgt.

Het controleren van de waterdichtheid is een belangrijk gegeven bij groendaken of parkeerdaken. Tijdens het aanleggen van een dak kan er altijd een fout in sluipen.



Om dit te controleren wordt het dak onder water gezet. Deze techniek werkt enkel wanneer er geen gebruik is gemaakt van een damscherf. De mogelijkheden om een dak onder water te zetten hangen af van de draagkracht en de helling van het dak. Het dak moet 48 tot 72 uur onder water worden gezet om zeker te zijn van de waterdichtheid. Door een beetje ammoniak aan het water toe te voegen is een lek makkelijker op te sporen. Wanneer na de test geen ammoniak door het dak is gekomen, is het waterdicht.

(Louwers, F. and et al., 2000.)

2.5.8 De dakconstructies

De dakconstructie heeft twee functies: het dragen van het damscherf, de isolatie en de dakhuid en het dragen van dynamische belastingen zoals sneeuw, wind of een dakwerker. Om deze functies te volbrengen bestaan er vijf soorten dakconstructies.

- Beton dat ter plekke wordt gestort. Het kan gewapend worden in één richting of in twee richtingen. Het probleem is dat achteraf niet te zien is hoeveel de platen verstevigd zijn.
- Prefab betonplaten worden in de fabriek gemaakt en dan naar het huis vervoerd. Ze kunnen gewapend zijn met staal of verstevigd worden door opstaande ribben. De platen wegen tussen 230 en de 330 kg/m². Ze hebben vaak een hoger draagvermogen dan andere daksystemen.
- Balken en planken: hierbij worden tussen twee muren balken geplaatst, waarna op deze balken een planken vloer wordt gelegd. De belastingen worden hierdoor maar naar twee muren afgedragen.
- Potten en balken of stalon: dit zijn daken waarbij eerst lange betonnen of bakstenen balken worden gelegd, waarna tussen deze balken potten worden geplaatst die mooi tussen de balken passen. Daarna wordt er vaak nog een betonnen druklaag op aangebracht.
- Stalen plooiplaten: dit zijn grote geplooid stalen platen die ineens worden aangebracht op het dak.

(Louwers, F. and et al., 2000.)

2.5.9 Tapbuizen en spuwers

De tapbuizen moeten in staat zijn om het water dat op een dak valt op een snelle en degelijke manier van het dak af te leiden. De dikte van een tapbuis is afhankelijk van de regenintensiteit en het dakoppervlak. Een tapbuis moet volgens bepaalde normen berekend worden, zodat het dak nooit kan overstromen of instorten door het gewicht van het water. Er moet minstens 1 tapbuis per 250 m² geïnstalleerd worden. Bij een dak met meerdere tapbuizen moet hun onderlinge afstand groter zijn dan 10 of 20 meter. Er dient ook rekening gehouden te worden met de gevolgen van het verstopping van een tapbuis.

Een spuwer is een horizontale tapbuis. Ze worden bij platte daken met opstaande randen geïnstalleerd ingeval de tapbuis verstopt geraakt. Ze worden ongeveer 50 mm boven het laagste punt van het dak geïnstalleerd.

(Louwers, F. and et al., 2000.)

2.6 Belastingen op een dak

Op een dak zijn er twee soorten belastingen: enerzijds de statisch belasting, anderzijds de dynamische belasting. De statische belasting is het eigen gewicht. De dynamische belasting is de belasting van het weer of van een persoon die erop loopt. Deze belasting kan erg oplopen.

2.6.1 De gebruikslast

De gebruikslast van een dak wordt meestal gewoon berekend op één dakwerker, wat op 100 kg/m² komt. De gebruikslasten in een huis zijn opgedeeld in verschillende categorieën die te zien zijn in tabel 7 hieronder. Voor een normale gebruikslast in een huis wordt meestal gerekend op een gewicht van 200 kg/m²; dan is ook het gewicht van de meubels mee ingerekend.

(Bureau voor normalisatie, 2005.)

Type vloer	Oppervlakte belasting
Hotel- en hospitaalkamers, woonlokalen (living, keuken,...)	2 kN/m ²
Gangen en trappen, klaslokalen en auditoria, restaurants, gemeenschappelijke lokalen in kantoorgebouwen of hospitalen, slaapzalen	3 kN/m ²
Handelslokalen, leeszalen, stationshallen, openbare zalen met vaste zitplaatsen (theater, bioscoop,...), balkons, kunstgalerijen, kerken	4 kN/m ²
Danszalen, openbare vergaderzalen met niet-vaste zitplaatsen, tribunes, turnzalen	5 kN/m ²

Tabel 7: Richtwaarde dynamische gebruiksbelasting volgens BN B 03-103. (Belgische Baksteenfederatie, 2006)

2.6.2 De groendakbelasting

De belasting van een groendak hangt af van het soort groendak dat men heeft. Een dun extensief groendak kan 30 kg/m² statische belasting aan, maar als wordt gekozen voor een park op een dak met 12 meter hoge bomen, wordt de belasting vergroot tot meer dan 600 kg/m². Het gewicht dat wordt gehanteerd bij het vergelijken van de verschillende groendaken is altijd het verzadigde gewicht van het substraat. In tabel 2 (bij puntje 2.4.1. De vegetatielaag) ziet u een goed beeld van de verschillende soorten groendaken en hun gewichten.

(Kerstenne, P. and et al, 2006.)

2.6.3 De windbelasting

De maximale windsnelheden in België zijn veranderlijk. De wind geeft een dynamische zuigbelasting op een plat dak. De windbelasting hangt af van de hoogte van het gebouw, de plaats waar het gebouw staat en de luchtdichtheid van het dak. Wanneer het dak niet helemaal luchtdicht is, ontstaat een overdruk in



het gebouw. De zuigbelasting kan aardig oplopen; in de bijlage vindt u een tabel die dit weergeeft. De zuigbelastingen op een dak zijn door de wervelingen van de wind niet even groot. Ze zijn groter aan de zijkanten van het dak en het grootst in de hoeken. Het is belangrijk hiermee rekening te houden bij het berekenen van de windbelastingen op het dak. Wanneer dit niet gebeurt, kunnen de verschillende lagen van de dakopbouw loskomen door de trekkrachten.

(Louwers, F. and et al.)

Er zijn vijf categorieën die overeenkomen met de plaats waar het huis zich bevindt. Hoe hoger de categorie, hoe kleiner de windbelasting.

- 1. Zee of kustzone waar het huis aan de zeewind wordt blootgesteld
- 2. Meren of platteland, een groot open terrein vrij van obstakels en hoge vegetatie.
- 3. Plaats met lage grasachtige vegetatie en af en toe een huis of een boom die minstens 20 keer hun lengte van elkaar verwijderd staan.
- 4. Terrein met gelijkmatige vegetatie en geïsoleerde huizen of bomen die maximaal 20 keer hun lengte van elkaar staan.

- 5. Terrein waarvan 15 % van de oppervlakte bedekt is met gebouwen met een gemiddelde hoogte van 15 meter.

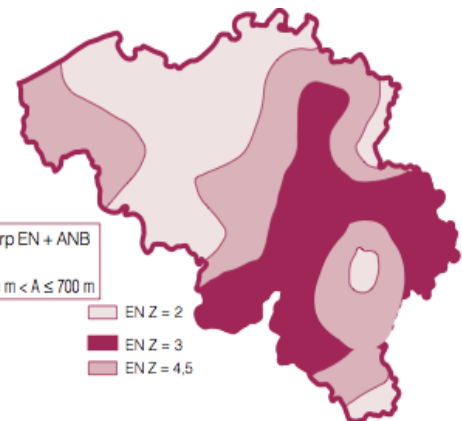
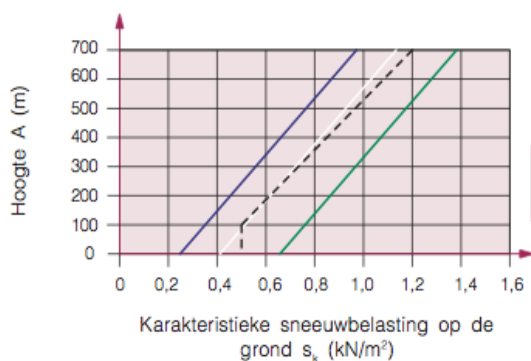
(2000., Bureau voor normalisatie, 2012.)

2.6.4 De sneeuwbelasting

De sneeuw vormt in België niet zo'n grote last. In Laag- en Midden-België valt er één op de twee jaar een maximale sneeuwlaag van 6 tot 13 cm. In de Ardennen is dit anders: daar kan een sneeuwlaag tot 80 cm vallen. De dikte van de laag neemt dan ook toe met de hoogte. (KMI, 2013.)

De sneeuwbelasting wordt berekend op basis van de plaats van het huis, de helling van het dak, de warmtecoëfficiënt van het dak, de blootstelling aan de wind en de vormcoëfficiënt van het dak. België is ingedeeld in drie zones met een bijhorende kans op een bepaalde sneeuwbelasting die in rekening moet worden genomen. Op de volgende pagina kan u afbeelding 18 bekijken. In Antwerpen bijvoorbeeld moet men rekening houden met een sneeuwbelasting van +/- 30 kg/m²

(Bureau voor normalisatie, 2008.)



Afb.32: Karakteristieke waarde voor de sneeuwbelasting op de grond (volgens NBN EN 1991-1-3). (Bureau voor normalisatie, 2008.)

2.6.5 De regenbelasting

Het is belangrijk te weten hoeveel regen er op het dak kan vallen, om zo te weten hoeveel water het dak moet kunnen verwerken zonder over te stromen. In België valt tussen de 750 en de 850 l/m² regen per jaar. Deze waarden liggen anders in de hogere delen van België; daar valt tot 1400 l/m² per jaar. Er zijn gemiddeld 200 regendagen op een jaar; in de Hoge Venen is dat 30 dagen meer en aan de kust 17 dagen minder.

De intensiteit van een regenbui is nog belangrijker. Hierbij is de hoeveelheid regen die per minuut valt belangrijk. Voor zachte motregen is dit ongeveer 2 tot 4 l/m² op 24 uur; bij een hevige stortbui kan dat 1 tot 2 l/m² per minuut zijn. De absolute maximale intensiteit van de regen bedraagt 5 l/m² per minuut en 100 l/m² op 2 à 3 uur.

(KMI, 2013.)

2.6.6 De temperatuur

Het dakoppervlak kan extreme temperaturen aannemen wanneer het gaat om een zwart dak. Een grijs dak is minder temperatuurgevoelig en een grind dak geeft geen thermische extremen weer. Op afbeelding 22 zijn duidelijk de verschillen tussen de soorten daken te zien. De temperatuur op een dak kan in de zomer oplopen tot 80 °C voor een zwart dak en 70 °C voor een grijs dak. De extreemste temperatuur op een grinddak is maar 55 °C.

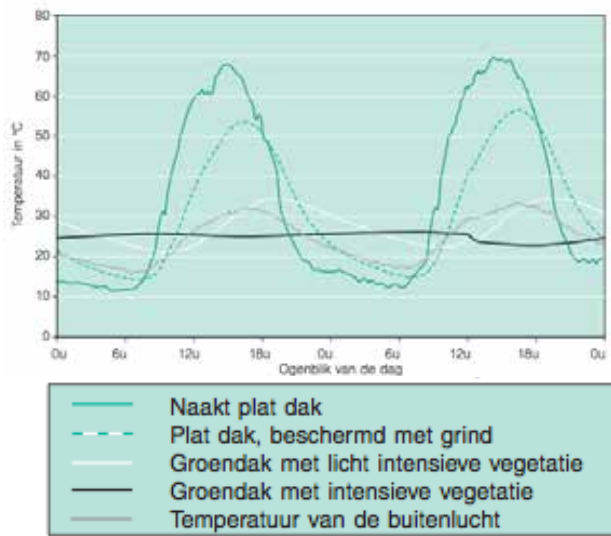
De hoge temperaturen in de zomer kunnen plots afkoelen door een regenbui, waardoor het dak een thermische schok krijgt. In de winter wordt het dak ook 12 °C kouder dan de buitentemperatuur, waardoor het bij -2 °C al temperaturen tot -14 °C krijgt.

Door grote temperatuurschommelingen tussen dag en nacht en zomer en winter verouderd het dak in een snel



tempo. Dit gebeurt sneller bij een warm dak, waarbij de dakhuid op de isolatie zit, dan bij een koud dak of omgekeerd dak.

(Louwers, F. and et al., 2000.)



Afb.21: Temperatuurprofielen van het dichtingsmembraan in de zomer. (WTCB,2000.)

2.6.7 De UV-straling

Op een dak komen veel UV-stralen terecht. Ze zorgen ervoor dat het dak gemakkelijk verouderd. Daarom is hoogwaardig materiaal vereist om het dak te kunnen beschermen tegen UV-straling. (KMI,2013.)

2.7 Wetgeving

2.7.1 Groendaken

In Antwerpen is het verplicht om bij nieuwbouw, uitbreiding of ingrijpende verbouwingen een groendak te plaatsen, maar enkel indien het dak een kleinere hellingsgraad dan 15° heeft. Het is niet verplicht bij het aanleggen van een regenwaterbuffer die een equivalent van het dakoppervlak kan bufferen. Bijvoorbeeld voor een dak van 30 m² moet er een ton van ten minste 1000 liter op aangesloten zijn. Dit water moet hergebruikt worden voor de planten, de wc of de overloop van de waterput mag afgeleid worden naar een openbare infiltratievoorziening, een kunstmatige afvoerweg voor regenwater of oppervlaktewater. Maximaal 25 % van het dak mag vrijgesteld zijn van het groendak indien het gebruikt wordt voor energiegellectoren of als dakterras.

In Vlaanderen is het mogelijk om subsidies aan te vragen voor de bouw van een groendak. Ze bedragen 31 €/m², met een maximum van 2015 €. Het groendak moet meer dan 6 m² groot zijn. Het geld kan in de eerste drie jaar na de aanleg van het dak bij de overheid aangevraagd worden. De subsidies zijn niet van toepassing voor huizen die voor 1962 gebouwd zijn. Om een intensief dakterras aan te leggen, met name een dak met een verzadigd gewicht hoger dan 200 kg/m² of een opbouwhoogte van meer dan 20 centimeter, is een

vergunning nodig. Ze kan aangevraagd worden bij de gemeente waar het huis staat.

(Stad Antwerpen, 2011.)

2.7.2 Inkijk

Het is verboden een balkon, raam of terras te bouwen wanneer hierdoor een rechtstreekse inkijk op het erf van een buur wordt verkregen. Dit mag enkel wanneer er een afstand van 190 cm is tussen de muur van de buur en het begin van de kijkinstantie. Bij schuine inkijk gaat het om een afstand van 60 cm. Het is mogelijk deze wetgeving te voorkomen wanneer een akkoord kan worden voorgelegd van de aanpalende eigenaars bij wie men binnen kan zien.

(Burgerlijk wetboek)

2.7.3 Brandbaarheid

In de Belgische wetgeving over nieuwe gebouwen staat dat er maatregelen getroffen moeten worden voor de preventie van brand en ontploffing. Hierbij zijn drie belangrijke aandachtspunten: de brandweerstand van de elementen waarmee het dak is opgebouwd, de brandreacties van de afwerkingsmaterialen en de algehele weerstand van het gebouw tegenover externe brand.

De brandweerstand van de elementen is afhankelijk van vier parameters: de stabiliteit, de vlamdichtheid, de thermische isolatie en de hoogte van het gebouw.

De brandreactie van materialen geeft aan in welke mate de materialen bijdragen aan het ontstaan en de ontwikkeling van een brand. De materialen worden beoordeeld op: het calorische potentiaal, de ontvlambaarheid, de vlamuitbreiding, de warmteontwikkeling, de rookontwikkeling en de opaciteit van de rook. De materialen worden vervolgens ingedeeld in zeven klassen, van zeer brandbaar tot onbrandbaar, volgens eurocode NBN EN 13501-1. Er bestaat ook een lijst met onbrandbare materialen.

De weerstand van het dak tegen externe blootstelling aan brand drukt uit hoe de bovenste laag van het dak reageert op extern vlieg vuur. Ze wordt beoordeeld op twee criteria: ten eerste de vlamuitbreiding op en onder de dakhuid en ten tweede de vlampenetratie in de verschillende lagen van het dak.

(Louwers, F. and et al., 2000.)

2.7.4 FLL

Er bestaan in verschillende landen richtlijnen rond het aanleggen, gebruiken en produceren van een groendak. In Duitsland is men al lang bezig met het aanleggen van groendaken en het ontwikkelen van technieken voor groendaken. Daar werden dan ook de eerste richtlijnen opgesteld voor het maken, aanleggen en gebruiken van groendaken. Deze richtlijnen heten de FLL, wat staat voor Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau. Het is een soort norm volgens dewelke de elementen van een groendak gekeurd worden. De

FLL doet geregeld tests met producten waarmee ze de kwaliteit van substraat- en drainagelagen en van verschillende folies vastlegt. Ze deelt certificaten uit aan bedrijven en producten die door haar zijn goedgekeurd. Ze heeft bij kwaliteitsgaranties en schadeclaims een belangrijke doorslaggevende juridische betekenis. De meeste normen rond groendaken in Europa zijn op deze norm gebaseerd.

(Teeuw and Ravesloot, 1998.)



Om een goed beeld over deze nichemarkt te krijgen heb ik ze van drie kanten onderzocht. Eerst heb ik gekeken naar alle verschillende bedrijven die iets in de richting van groendaken produceren of aanleggen. Als tweede invalshoek heb ik geprobeerd om een beeld te krijgen van de soorten en oppervlaktes groendaken die per jaar worden aangelegd, om te zien hoe groot deze markt in België is of kan worden. Tot slot heb ik geprobeerd een idee van de prijs te schetsen.

3.1 Concurrentieanalyse

Voor de concurrentieanalyse heb ik zo veel mogelijk bedrijven en bureaus gezocht die bezig zijn met het produceren en het aanleggen van groendaken. Op deze manier kreeg ik ook een idee van de bestaande producten en systemen die er op de markt zijn. Al snel werd duidelijk dat deze markt op te delen is in vier grote groepen die elk een deel van de markt bespelen. De eerste groep bestaat uit bedrijven die zich volledig bezighouden met groendaken. De tweede groep bestaat uit bedrijven die een andere expertise hebben en waarvan een klein onderdeel bezig is met groendaken, maar die ook een volledig groendakstelsel aanbieden. De derde groep bestaat uit bedrijven die een andere expertise hebben maar, mits een kleine aanpassing, een zeer gespecialiseerd onderdeel voor een groendak aanbieden, bijvoorbeeld draineermateriaal, worteldoeken of substraten. Tot slot zijn er nog tuinarchitectenbureaus en verschillende andere bedrijven die producten van diverse soorten bedrijven aankopen en die op het dak van de klant laten leggen; ze bieden vooral de service van het aanleggen en ontwerpen van een groendak aan.

3.1.1 Het volledige bedrijf

Deze groep bestaat uit bedrijven die als hoofdexpertise groendaken hebben. Ze bieden volledige systemen aan en alle nodige lagen om een groendak aan te leggen. Ze hebben een uitgebreide expertise op dit vlak en zijn ook de grootste vernieuwers van de markt. Ze proberen de verschillende lagen zo goed mogelijk op elkaar af te stemmen.

Zinco is een van de grootste bedrijven in deze groep. In 1957 begon het met het ontwerpen van systemen voor groendaken. Het kan alles leveren om een groendak mee op te bouwen, van de dakhuid tot de vegetatie. Daarnaast heeft dit bedrijf een hele productlijn rond de veiligheid en afwerking van het groendak. Het biedt verschillende toepassingen, van dunne extensieve groendaken tot hoog opgebouwde parkdaken. Het bedrijf is vooral actief in de Benelux en exporteert zijn producten over heel de wereld.
(Zinco, 2013.)

IBIC is een Antwerps bedrijf dat sinds 1996 bezig is met afdichting en waterbuffering van tunnels, liftschachten en daken. Vanuit deze expertise is het uitgebreid naar groendaken. Ondertussen is het uitgegroeid tot een grote groendakproducent. Het biedt de volledige service van het systeem aan, van het ontwerpen tot de logistiek van het leggen, zowel extensieve als intensieve daken. Het bedrijf biedt een volledig systeem aan met alle lagen van de groendaken.

(IBIC, 2013.)

Sempegreen is een Nederlands bedrijf dat zich al 17 jaar focust op het kweken van vegetatie op daken of gevels. Het heeft een relatief klein productgamma met groenmatten of -bakken om een extensief groendak aan te leggen en nog enkele producten voor groengevels.

(Sempegreen, 2013)

3.1.2 Een onderdeel van het bedrijf

Deze groep van bedrijven heeft een andere hoofdexpertise, bijvoorbeeld het produceren van dakbedekking. Een onderdeel van het bedrijf is gericht op het maken van volledige groendaksystemen, maar meestal bieden ze maar één soort extensief groendak aan.

De Renolitgroep is over de hele wereld actief in 12 vakgebieden; de bouwindustrie is er slechts één van. In het bouwonderdeel van het bedrijf zorgt een deel voor Renolit-waterproofing. Deze tak van het bedrijf heeft veel expertise omtrent het maken van verschillende soorten membranen en het voorzien van dakbedekking en isolatie. Ze hebben producten om een dak vanaf de constructie op te bouwen.

Een ander onderdeel van dit bedrijf is Renolit Alkogreen; het is een productcategorie die alles aanbiedt om een extensief groendak vanaf de constructie op te bouwen. Hun grootste voordeel is hun breed expertiseveld, waardoor ze een volledig groendak kunnen aanbieden. Dit kan echter ook in hun nadeel werken: omdat ze met zoveel verschillende producten bezig zijn, hebben ze geen diepgaande expertise over groendaken in het algemeen. Ze bieden bijvoorbeeld maar één soort extensieve groendaken aan.

(Renolit, 2013.)

Eternit is een bedrijf gespecialiseerd in vezelplaten voor dak en gevel. Het biedt ook één soort extensief groendak aan. Dat is een tegel waar alles al in zit: draineerlaag, aarde en vegetatielaag. De tegels moeten naast elkaar op het dak geplaatst worden. Nadien moeten ze enkel nog aan elkaar groeien om een dicht vegetatiedek te verkrijgen. Elke doe-het-zelver is in staat om met dit product een extensief groendak aan te leggen. Daarom wordt een gelijkaardig product in de doe-het-zelfzaak Hubo en op vele internetsites aangeboden.

(Eternit, 2013.)

3.1.3 Een onderdeel van een groendak

Deze bedrijven zijn gespecialiseerd in één onderdeel van het groendak. Ze hebben expertise op een bepaald vlak en hebben die zodanig aangepast dat ze een zeer specifiek onderdeel van een groendak kunnen aanbieden. Zo zijn er enkele drainagebedrijven die de draineerlaag van een groendak kunnen voorzien, enkele bedrijven in geotextiel die de wortelwerende en filterende laag kunnen maken en een potgrondbedrijf dat het substraat kan samenstellen.

Insulco is een grote producent van geotextielen, geluids- en warmte-isolatie en drainagematerialen. Deze drainagematerialen worden veel gebruikt voor groendaken, zowel intensief als extensief.

(Insulco, 2013.)

Argex is een producent van geëxpandeerde kleikorrels die in verschillende industrieën gebruikt kunnen worden. Eén daarvan zijn groendaken. De korrels zijn goed bruikbaar voor draineerlagen of voor het ophogen van een tuin. Ze houden goed water vast en laten makkelijk water door wanneer ze verzadigd zijn.

(Argex, 2013.)

Tradecc is een Belgisch bedrijf dat actief is op verschillende vlakken in de bouw. Het heeft enkele producten voor groendaken, zoals tegels en matten om een extensief groendak te maken, een drainagemat en een valbescherming. Het is dus vrij actief in deze branche.

(Tradecc, 2012.)

Drain Products BV is een Nederlands bedrijf dat zich specialiseert in het afvoeren of het draineren van water. Het gebruikt deze expertise op verschillende vlakken, van sportvelden tot autowegen. Op het vlak van groendaken biedt het enkel drainagematten en geotextielen aan. Hun producten zijn niet speciaal ontworpen voor groendaken, ze gebruiken min of meer dezelfde producten voor verschillende toepassingen.

(Drain Products, 2013.)

Terra top is een Nederlands bedrijf gespecialiseerd in het maken van potgrond en teelaarde. Met deze expertise kan het degelijke daktuinsubstraten samenstellen voor verschillende toepassingen.

(Terra Top, 2013.)

BASF en Bayer zijn grote Duitse chemische bedrijven waarvan een klein onderdeel dakbedekkingen maakt. Het zijn grote spelers in de productie van isolatie en dakbedekkingen. Omdat ze Duits zijn, doen ze al van bij het begin van de groendaken mee met het ontwikkelen van groendakmaterialen. In hun gamma hebben ze enkele specifieke toepassingen voor groendaken, bijvoorbeeld een stevige isolatie waarop een groendak geplaatst kan worden of een wortelwerende doek.

3.1.4 Bureaus en aanlegbedrijven

In deze groep zitten veel tuinarchitecten die een eigen bureau hebben opgestart en intensieve en extensieve groendaken aanleggen. Ze hebben een aanzienlijke expertise over de aanleg en het gebruiken van groendaken. Ze bieden een volledige service aan: ze schatten wat het dak kan dragen, ontwerpen het groendak, kiezen welke planten er komen te staan en de hele logistiek van het aanleggen is inbegrepen. Ze kopen hun materialen bij de bovenstaande groepen aan en leggen ze op het dak. Ze beschikken meestal ook over een ingenieur die een schatting komt maken. Het voornaamste waar deze tuinarchitecten voor zorgen is het ontwerp en het visuele aspect van de tuin.

3.1.5 Conclusies

De markt van groendaken in België is niet zo groot. Eigenlijk zijn er maar twee spelers die hun volledige bedrijf erop hebben gericht. Er zijn veel bedrijven uit andere bedrijfstakken die een beetje proberen mee te spelen door één of twee producten aan te bieden. Op Europees vlak zijn er in Duitsland wel meer bedrijven die goede producten aanbieden voor groendaken. Zo vertelde Bart Haverkamp, zelf een tuinarchitect, dat hij het substraat uit Duitsland liet komen omdat ze daar de beste soorten aanbieden.

De echte verkopers van groendaken vormen de laatste groep; zij maken van de verschillende producten een geheel en passen het zodanig aan dat het op elk dak past.

Het grootste gebrek in deze markt is dat nergens een volledig systeem voor intensieve daktuinen wordt aangeboden, in tegenstelling tot de extensieve systemen van matten en tegels. De experts die de intensieve daktuinen aanleggen, moeten altijd na de daklegger met grote voorzichtigheid de tuin aanleggen.

3.2 Marktanalyse

Om een goed beeld van de markt te krijgen is het nodig te weten hoeveel er geproduceerd wordt en hoeveel mogelijke afnemers er nog zijn.

In deze marktanalyse wil ik twee dingen te weten komen. In de eerste plaats wil ik weten hoe groot de bestaande markt is. Daarnaast wil ik erachter komen hoe groot de potentiële markt is.

3.2.1 De bestaande markt

In 2002 werd een studie uitgevoerd over het aantal groendaken in Vlaanderen en Brussel. Hiervoor werd aan de bedrijven die groendaken aanleggen gevraagd om door te geven hoeveel groendaken ze al gemaakt hadden. Bovendien werd gepeild naar het soort groendaken, het bouwjaar en de oppervlakte van die groendaken. Het studiemateriaal hangt dus af van de medewerking van de 25 verschillende bedrijven. In totaal werden 509 groendaken bestudeerd. Uiteindelijk bleek dat er ongeveer 100 groendaken per jaar werden aangelegd. Dat was op dat moment in de laatste



drie jaar (1999, 2001, 2002) gestabiliseerd. Van deze groendaken zijn er 53 % intensief, 39 % extensief en 5 % was een combinatie van beide. De extensieve daken hebben gemiddeld een oppervlakte van 370 m², bij de intensieve daken is dat gemiddeld 215 m².

De spreiding van de groendaken in Vlaanderen is niet zo breed; de grootste concentratie ligt in Antwerpen, Vlaams Brabant en Brussel. In het artikel wordt met grote positiviteit naar de toekomst gekeken. Verwacht werd een verdubbeling van het aantal groendaken voor 2003. Dit komt door de subsidiëring en promotie van de groendaken.

(Mertens, 2002.)

Dirk Van Regenmortel (persoonlijke communicatie 24 februari 2013) is het hoofd van het Ecohuis in Borgerhout. Ik heb met hem getelefoneerd over het aantal gesubsidieerde groendaken die zij al verzorgd hadden. Al sinds 2006 zijn ze actief in Antwerpen. Ze hebben sindsdien ongeveer 300 groendaken gesubsidieerd, dus een gemiddelde van ongeveer 50 groendaken per jaar.

Conclusie

Aangezien er zeer weinig informatie ter beschikking is over het aantal groendaken in Vlaanderen moet ik een soort schatting maken met de informatie die ik heb. Als er nu ongeveer 50 subsidies voor groendaken per jaar in Antwerpen alleen worden aangevraagd en in 2002 werden er ongeveer 100 groendaken per jaar aangelegd, kan ik stellen dat er ongeveer 200 groendaken per jaar in Vlaanderen worden aangelegd. Deze stijging t.o.v. 2002 ontstond omdat er nu een verplichting is om op nieuwe daken een groendak of regenton te plaatsen en doordat het thema actueler werd.

3.2.2 De potentiële markt

De potentiële markt bestaat uit alle daken in België waarop een groendak geplaatst kan worden. Ze is opgedeeld in particulieren en bedrijven. Om dit te weten te komen heb ik gezocht naar de totale dakoppervlakte in België en dit vermindert met enkele parameters zoals aantal schuine daken, aantal bedrijven en aantal huizen zonder tuin. Om deze parameters vast te leggen heb ik enkele onderzoeken gedaan.

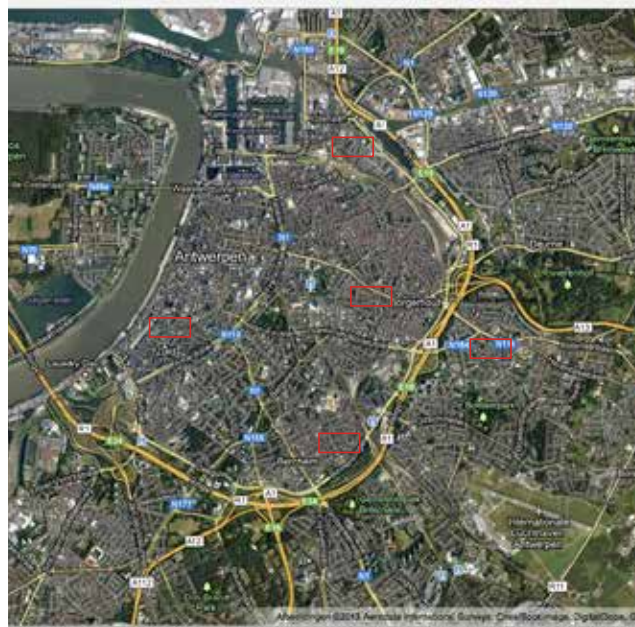
Om erachter te komen hoeveel soorten daken er zijn en om welke verdeling het gaat, gebruikte ik drie technieken. De eerste is het turven van verschillende soorten daken op Google Maps; hiermee kon ik op de snelst mogelijke manier een grote steekproef houden. De tweede was mensen bevragen over het daken van hun huis; hiermee kreeg ik een iets gedetailleerder beeld van de verschillende situaties waar mijn product in zal terechtkomen. Tot slot heb ik plannen van huizen bekeken, om zo nog gedetailleerder de daken te kunnen bestuderen (zie 4.1. Plannen bekijken en 4.2. Berekeningen van belastingen).

Turven

Voor dit onderzoek heb ik screenshots van 5 verschillende gebieden op Google Maps genomen. Het waren gebieden die ik kende, in de buurt van huizen waar ik gewoond heb, zodat ik bij sommige huizen een live verificatie kon doen. Ik heb daken van Borgerhout, Deurne, Antwerpen-Zuid, Berchem en Den Dam geteld. Hiermee heb ik 1297 huizen waargenomen. Ze zijn in 6 groepen onderverdeeld: huizen met een schuin dak, huizen met een schuin dak en een platte achterbouw, grote gebouwen met een schuin dak, huizen met een plat dak als hoogste dak, huizen met een plat dak en een achterbouw en als laatste grote gebouwen met een plat dak.

Dit onderzoek is toegespitst op woongebieden. Het gaat eveneens enkel over de vorm van het dak: schuin of plat.

Op afbeelding 23 worden de vijf locaties weergegeven die ik geturfd heb. In de bijlage vindt u van elke locatie een detail afbeelding die weergeeft welke blokken ik geturfd heb.



Afb.22: De vijf locaties waar ik geteld heb.

Het valt op dat wijken vaak dezelfde soort huizen hebben. In Deurne zijn er vooral huizen met een plat dak als hoogste dak en in Berchem bijna alleen maar huizen met een zadeldak als hoogste dak. 44,5 % van de gebouwen heeft een zadel- of schuin dak, 55,5 % heeft een plat dak. Er zijn 26,5 % zadeldaken met een platte achterbouw, bij de platte daken is dit maar 18,6 %. In de woonwijken zijn er maar 4,2 % grote gebouwen: kerken, sporthallen, appartementsgebouwen en industriehallen. Hiermee hebben ik een beeld van de verdeling van de verschillende soorten daken in Antwerpen gemaakt.

Als ik achteraf terugkijk naar dit onderzoek merk ik enkele zaken op. Om privacyredenen is de detaillering van deze kaarten niet zo goed, maar wel goed genoeg om grote verschillen in daken te zien. Soms was het moeilijk te zeggen of het één huis was of twee huizen waren, of het een plat of een schuin dak was. Maar de algehele verdeling klopt. Er is bij dit onderzoek ook geen rekening gehouden met de oppervlakte van de

daken. Een sporthal of een appartementsgebouw werd allebei als één huis beschouwd. Dus een schatting naar de oppervlakte van de daken is hiermee onmogelijk. Maar ik heb een beeld van de verdeling van de daken in Antwerpen verkregen. De afbeeldingen geven de plaatsen en de blokken die ik geteld heb weer.

Bevraging

In deze bevraging heb ik gepeild naar het aantal verschillende daken. Dan heb ik voor elk dak apart enkele vragen gesteld naar de vorm van het dak en het dakoppervlak, naar bereikbaarheid en dakramen. Uiteindelijk was er nog een vraag over de meerwaarde van een groendak in de omgeving van hun huis. In de bijlage kunt u de vragenlijst vinden. Ik heb 21 mensen bevroegd die in zeer diverse woongebieden leven, van stad tot dorp tot boerenbuiten.

Hieruit ben ik te weten gekomen met wat voor soort dak mensen leven. Er zijn min of meer algemene lijnen in te trekken. Ik ben erachter gekomen dat het gemiddelde huis 2 à 3 verschillende daken heeft en als hoogste dak een zadeldak. Deze daken zijn meestal bereikbaar via een raam of ladder en zijn door één muur ingesloten. Slechts 6 van de 21 bevroegde mensen hebben als hoogste dak een plat dak. Er zijn ook maar 3 huizen die geen bijgebouw hebben, waarbij er dus maar één hoogste dak is. Er waren ook maar 4 huizen met 4 verschillende daken. Bij 11 van de 21 mensen zou een daktuin een extra meerwaarde geven.

De bevraging heb ik gedaan bij iedereen die ik kon vinden. Hierdoor is de verdeling van de bevroegden is niet zo goed: er zijn bijvoorbeeld veel dorpsbewoners bevroegd en minder stadsmensen, waardoor de cijfers niet veralgemeend kunnen worden. Maar door de bevragingen weet ik goed hoe de huizen van al deze mensen eruitzien en kan ik weten in welke omgeving mijn product zal terechtkomen.

Dakoppervlakte in België

Om een idee te krijgen van de dakoppervlakte in België heb ik enkele cijfers gebruikt van het Algemeen Instituut van Belgische Statistiek. Hier vond ik dat er 2.503,9 km² van de 13.522,3 km² oppervlakte in België bebouwd is. Dit gaat niet over de dakoppervlakte, maar over de oppervlakte van bebouwde percelen. Van deze bebouwde percelen bevindt 490,2 km² zich in grootsteden en provinciesteden. Er is ook 310,9 km² percelen bedrijfshallen in België. Ik heb ook cijfers gevonden over het aantal huizen zonder tuin in België; hieruit kon ik berekenen dat ongeveer 25 % van de huizen geen tuin ter zijn beschikking heeft. (Studiedienst van de Vlaamse Regering, 2012.)

Conclusie

Met al deze cijfers en verdelingen kan ik een zeer ruwe schatting maken van het marktpotentieel voor mijn verschillende productideeën. Bij het onderdeel

“mogelijkheden tot verbetering” ziet u de verschillende productideeën met hun marktpotentieel.

3.3 Prijszetting

De prijzen van een groendak kunnen zeer sterk verschillen. Dit is van verschillende factoren afhankelijk: dikte, beplanting en gebruik van het groendak. Een dunne extensieve tuin is veel goedkoper dan een volledig met bomen uitgedost intensief parkdak. Het feit dat de kost van een nieuw dak er altijd bijkomt, zorgt ervoor dat een groendak veel duurder wordt. Eerst zal de daklegger een nieuw dak leggen, waarna de groendakleggers hun werk kunnen doen.

In tabellen 8 en 9 wordt een idee gegeven van de prijs van een groendak. De berekening verschilt van bedrijf tot bedrijf, omdat ze afhankelijk is van waar men de verschillende materialen aankoopt.

Prijs van het substraat		Dakoppervlakte		
		1-80 m ²	80-200 m ²	200 m ²
Extensief	kg/m ² 95	prijs/m ² in €		
		81-55	55-29	< 29
	100	125-73	73-39	< 39
	130	137-77	77-46	< 46
Intensief	236	181-91	91-72	< 72
	392	218-120	120-108	< 108

Tabel 8: Prijs van het substraat. (Leefmilieu Brussel 2010)

Prijs van de vegetatie		Dakoppervlakte		
		1-80 m ²	80-200 m ²	> 200 m ²
		prijs/m ² in €		
Stekvormvegetatie		5-4	4-3,5	< 3,5
Voorgeteelde vegetatie		15-12	12-9	< 9
Vegetatie in de vorm van een tapijt		28-24	24-18	< 18
Intensieve vegetatie + transport + installatie		40-35	35-28	< 28

Tabel 9: Prijs van de vegetatie. (Leefmilieu Brussel 2010)

Ten slotte zijn er nog de goedkope extensieve tuinen die men als tegels kan aanleggen op het dak. De prijzen hiervoor variëren tussen 30 en 60 €/m².

Het kostenplaatje voor een nieuw plat dak is afhankelijk van de grootte van het dak, de soort isolatie en



dakbedekking en de ernst van de renovatie. Men kan bijvoorbeeld het oude dak laten liggen, zodat het fungeert als damp scherm, en enkel nieuwe isolatie leggen met een nieuw dak daarop. Wanneer men een volledige renovatie uitvoert, moet het oude dak eerst verwijderd worden vooraleer er een nieuw dak gelegd kan worden; het spreekt voor zich dat dit zeer duur is. Een nieuwe dakbedekking kost tussen 130 en 350 €/m². De kosten van een intensief groendak kunnen oplopen van 120 €/m² tot 260 €/m². Deze prijzen gelden enkel wanneer men bomen op het dak wil plaatsen; men spreekt dan van parkdaken. Alles opgesomd kan de prijs van een nieuw intensief groendak variëren tussen 250 en 710 €/m².

(Leefmilieu Brussel., 2010.)



4

Mogelijkheden tot verbetering

Na deze grondige uiteenzetting over de verschillende gebieden van groendaken kunnen enkele mogelijkheden tot verbetering vastgesteld worden. De technieken die nodig zijn om deze mogelijkheden verder te kunnen uitwerken heb ik in dit hoofdstuk verder onderzocht. Ik heb geprobeerd te onderzoeken of ze al dan niet bruikbaar zijn voor een groendaksysteem. Deze technieken heb ik vervolgens vertaald naar drie productideeën. Ik heb deze ideeën zodanig uitgewerkt dat ze op verschillende domeinen beoordeeld konden worden. Dit is gebeurd aan de hand van een trade-off. De haalbaarheid van de verschillende ideeën werd zowel op economisch als technisch gebied geschat. Ook de meerwaarde van het idee t.o.v. de bestaande situatie werd afgetoetst. Ten slotte heb ik het idee uitgekozen dat het beste scoorde in de trade-off en hiervoor specificaties geschreven. Deze specificaties zijn immers nodig om het vervolg van het ontwerptraject te kunnen aanvatten.

4.1 Plannen bekijken

Om na te gaan in welke verschillende situaties mijn systeem kan terechtkomen heb ik 16 bouwplannen van huizen en appartementen bekeken. Hierop waren de plaatsing en aard van de draagmuren zichtbaar, dus kon ik nagaan hoe krachten hiernaar afgedragen kunnen worden. Ik heb deze plannen benaderd a.d.h.v. acht specifieke vragen.

1. Hoeveel daken heeft het huis?
 - Eén dak: vijf huizen (31,3%) hadden slechts één dak
 - Twee daken: zeven van de 16 huizen (43,7 %) hadden twee daken
 - Drie daken of meer: vier huizen (25 %) hadden drie of meer daken

Van al deze huizen zijn er drie met een schuin dak als hoogste dak. Eén huis had enkel één schuin dak en is dus onbruikbaar voor de volgende vragen.
2. Is de maximumafstand tussen twee draagmuren groter dan zes meter?

Ik heb 29 daken beoordeeld op de mogelijkheid om binnen zes meter krachten op aanwezige draagmuren af te buigen. Bij acht daken moet er een te grote overbrugging gemaakt worden om de krachten van het groendak veilig af te buigen. Er zijn dus 21 daken (72,4 %) waarbij gemakkelijk binnen een afstand van zes meter naar de draagmuren kan worden afgebogen.

3. Hoe ziet de dakrand eruit?

De dakrand van de meeste gebouwen met een plat dak is een muurtje of opstandje tussen 15 en 40 cm waar de dakbedekking aan vastgekleefd of geschroefd wordt. Er zijn ook huizen met twee muurtjes aan weerszijde, met op deze muurtjes een deksteen en aan de andere twee zijden een heel laag opstaand randje.

4. Door hoeveel muren is het huis ingesloten?

De meeste huizen zijn op hun hoogste dak niet ingesloten door burens, aangezien de huizen meestal even hoog zijn. Ook op de lagere daken was er meestal maar één muur van het huis die grenst aan het dak.

5. Welke vorm heeft het dak?

Het overgrote deel van de daken is rechthoekig (21 van de 29 daken of 72,4 %). Sommige daken hadden een onduidelijke vorm met zeer veel hoeken en draaien (6 van de 29 of 20,8 %) . Er was één dak met een L-vorm (3,4 %) en één dak in de vorm van een parallellogram (3,4 %).

6. Hoeveel ongelijkheden bevinden zich op het dak?

Hiermee worden de soort van vormen en voorwerpen bedoeld die in of naast het rechthoekige dak staan. Meestal is er een schoorsteen of een dakraam aanwezig waarmee rekening gehouden moet worden. In één geval waren er ook extra muurtjes opgetrokken. Op een ander huis zijn er twee punten om valbescherming aan te hangen en op nog een ander huis zijn er vier balken die men kan gebruiken voor het verhuizen.

7. Hoe is het dak bereikbaar?

De meeste daken zijn redelijk moeilijk te bereiken. Er is meestal een ladder nodig om op het dak te kunnen (69 %). In de andere gevallen is het dak bereikbaar via een raam of een deur.

8. Hoeveel plaats is er voor een daktuin?

Bij de plannen die onderzocht zijn, is gemiddeld 129,3 m² plaats voor een daktuin. Dit hoge getal is te wijten aan het feit dat er grote appartementsgebouwen bij zijn met een zeer grote oppervlakte.

Aangezien slechts een beperkt aantal plannen bestudeerd werd door de moeilijke toegankelijkheid ervan zijn deze data niet volledig sluitend. Een gedeelte van de plannen (10) kreeg ik van het bedrijf De Ideale Woning. Het bouwt grote appartementsgebouwen en gebouwen die uit verschillende huizen in één bestaan. Voor deze huizen is een daktuin niet echt een meerwaarde, maar deze oefening gaf mij wel inzicht in hoe huizen en daken gemaakt worden en hoe hun draagstructuren eruitzien.



4.2 Berekening van belastingen

Bij het bouwen van een huis berekent de architect de muren op het eigen gewicht plus gebruikslast. Het eigen gewicht van het gebouw is de statische belasting. De sneeuw-, loop- en windbelasting vormen de dynamische belastingen. Vooral de onderste steen moet het gewicht van alles erboven kunnen dragen. Op deze berekeningen wordt een grote veiligheidsfactor genomen, zodat de muren veel meer kunnen dragen dan het dak. Wat ik te weten wil komen, is eigenlijk de omgekeerde berekening: hoeveel extra gewicht mag er op de muur komen? Dit is een zeer lastige berekening en het is moeilijk om hiervoor een standaard te vinden die geldig is voor alle huizen.

Volgens W. Coppieters (persoonlijke communicatie 19 april 2013) zijn de draagmuren van een gebouw overgedimensioneerd. Er zijn pas problemen wanneer er zich ramen in de draagmuur bevinden of wanneer de draagmuur eindigt in een kolommetje. In dat geval komt alle belasting samen op één plaats in de muur en zal ze berekend moeten worden door een ingenieur. Omdat een huis heel veel weegt, is het extra gewicht van een groendak erop maar een klein onderdeel van het geheel. De vraag is: hoe groot is dat onderdeel?

38 Om een goede schatting te maken van hoeveel een daktuin mag wegen in kg/m^2 heb ik het gewicht van drie huizen berekend: een appartementsgebouw, een rijhuis en een alleenstaand huis. Allereerst heb ik de oppervlakte van het gebouw berekend in m^2 . Vervolgens berekende ik de oppervlakte van de draagmuren per verdieping, eveneens in m^2 . Deze oppervlakte kan dan vermenigvuldigd worden met de hoogte, om zo tot het volume van de draagmuren te komen. Met enkele standaardgewichten kan zo een schatting gemaakt worden van het totale gewicht. Wanneer ik het totale gewicht deel door de oppervlakte van de draagstructuur kan ik te weten komen hoeveel newton deze moet dragen per mm^2 . Het extra gewicht van een daktuin druk ik uit in een percentage van het totale gewicht. Ik heb ervoor gekozen om telkens de meest extreem mogelijke situatie te berekenen. Dit houdt in dat het volledige dak volgebouwd wordt met daktuin. In de berekening wordt uitgegaan van een tuindak van telkens 400 en 600 kg/m^2 . Dit is ruim voldoende om een goed groendaksysteem te kunnen maken. Voor de berekening van het gewicht dat de funderingen moeten houden heb ik deze waarden gebruikt:

- betonnen vloeren = 250 kg/m^2
- gewapend beton = 2500 kg/m^3
- bakstenen muren = 1800 kg/m^3
- gebruikslast = 200 kg/m^2

De gebruikslast is zo hoog omdat, volgens W. Coppieters, ervoor gezorgd moet worden dat elke vloer ongeveer twee mensen per vierkante meter moet kunnen dragen. Er zullen echter bijna nooit op elke vierkante meter in het huis twee personen staan. Daarom heb ik voor de berekening van de funderingen maar op één verdieping

200 kg/m^2 gebruikslast gerekend en op de andere verdiepingen maar 100 kg/m^2 .

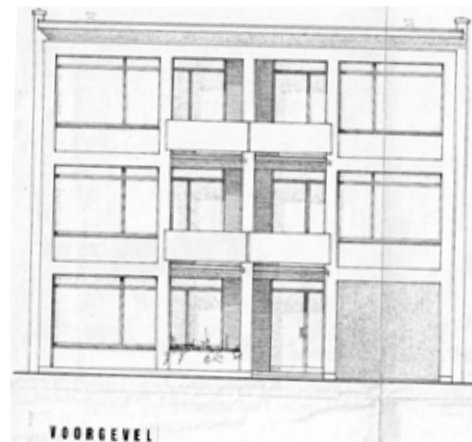
Een bakstenen muur ten slotte kan tussen 0,5 en 25 kg/mm^2 dragen. Voor deze berekeningen maak ik gebruik van de kleinste waarde.

Tabel 10 geeft de resultaten van de berekeningen weer. Als eerste staat het gewicht van het gebouw, gevolgd door de belasting die de funderingen moeten dragen. Als derde wordt het gewicht van de daktuin van 600 kg/mm^2 weergegeven. Hierachter staat telkens het percentage dat het gewicht uitmaakt van het totale gewicht. Daaronder staat de belasting die de fundering moet dragen met de daktuin erbij.

De laatste drie zijn steeds dezelfde variabelen als de bovenstaande, maar dan voor een tuin van 400 N/mm^2 . Afbeeldingen 24, 25 en 26 tonen de drie gebouwen die ik berekend heb.



Afb.23: Appartementsgebouw.



Afb.24: Alleenstaand huis.





Afb.25: Rijhuis.

Uitkomsten van de berekeningen			
	Appartementsgebouw	Rijhuis	Alleenstaand huis
Totaal gewicht in ton	2596,05	265,16	424,06
Belasting fundering in N/mm ²	0,50	0,25	0,27
Gewicht daktuin 600 kg/m ²	456,5	48	90
Procent van het totaal	17,5%	18%	21%
Belasting fundering in N/mm ²	0,63	0,30	0,32
Gewicht daktuin 400 kg/m ²	311,6	32	60
Procent van het totaal	12%	12%	14%
Belasting fundering in N/mm ²	0,60	0,28	0,31

Tabel 10: Uitkomsten van de berekeningen.

Conclusies

Het extra gewicht van de daktuinen overschrijdt bijna nooit 20 %. Daarom kan ik concluderen dat 600 kg/m² een aanvaardbare richtlijn is voor mijn groendak. Er is echter niet veel marge, dus zal nog steeds een ingenieur nodig zijn om eventuele zwakke punten in de constructie te berekenen. Als we kijken naar de

belastingen op de funderingen zien we dat ze nooit boven 0,7 N/mm² komen. Dit wil zeggen dat er nog veel marge is, aangezien deze funderingen in staat zijn tussen 0,5 en 25 N/mm² te dragen.

Reflectie

De berekeningen die gemaakt werden zijn uiteraard slechts schattingen, aangezien ik enkel de draagmuren in rekening heb genomen en maar ruwe cijfers heb gebruikt. De gebouwen zullen in realiteit nog een stuk zwaarder zijn. Ik heb nu wel inzicht verworven in de grootheden waarmee gewerkt worden in de bouwwetenschap.

4.3 SAP (superabsorberende polymeren)

4.3.1 Toepassingsmogelijkheden

SAP is een afkorting voor Super Absorberende Polymeren. Deze polymeren worden o.a. gebruikt in luiers als absorberend materiaal. Het zou een zeer nuttig materiaal zijn om te gebruiken in een groendak, omdat het zeer veel water kan vasthouden en zelf zeer licht is. Als het gebruikt kan worden in een substraat kan dit het gewicht t.o.v. de wateropslagcapaciteit sterk verbeteren. Het gebruik van SAP in groendaken zou ook zeer goed zijn omdat er veel knipafval van luiersfabrieken komt waarvoor momenteel geen enkele toepassing is. (Batelaan, 1998.)

SAP zijn bepaalde polymeren die tot 1000 keer hun droge gewicht aan water kunnen opnemen. Een zeer belangrijke eigenschap van het materiaal is dat het dit water ook niet snel zal afgeven. Met een watje, een spons of een stuk keukenrol kan men een bepaalde hoeveelheid water opnemen omdat het dit absorbeert, maar als we de stof uitknijpen zal het water er ook even gemakkelijk weer uitgaan. Een superabsorberende polymeer daarentegen neemt water op maar kan ook een bepaalde druk aan zonder het water terug af te geven. Wanneer het verzadigd is, wordt het een soort gel, hydrogel genoemd. Het is een elastische blubber die geen water afgeeft wanneer men het uitwringt. Door deze specifieke eigenschap wordt de stof sinds de jaren 80 zeer frequent en graag gebruikt in de markt van luiers en maandverband. (Batelaan, 1998.)

Gewone absorberende materialen werken door de capillaire druk die de fijnmazige materialen uitoefenen. Deze capillaire krachten zijn niet erg sterk. SAP daarentegen werkt door osmotische druk die ontstaat door de vereffening van concentratieverschillen. Wanneer het SAP water opneemt, begint het polymeer steeds meer te vernetten tot het een hydrogel wordt. Wanneer het polymeer niet verzadigd is, zal het een droge indruk geven, met enkele concentraties van gel op het bovenste oppervlak. Om het best absorberende materiaal te maken zijn enkele parameters van belang: de hoeveelheid water die het opneemt in een bepaalde



tijdspanne en de kracht waarmee het polymeer zich bindt met het water. Deze grootheden kan men vaststellen en verbeteren door verschillende chemische parameters te analyseren.
(Batelaan, 1998.)

Er zijn verschillende soorten superabsorberende polymeren, te verdelen in synthetische en halfsynthetische anionische polymeren. De grootste groep zijn de synthetische polymeren op basis van polyacrylzuren. Ze worden het meest gebruikt in luiers. Ze worden verkocht in de vorm van korrels met 1 mm diameter. Polyacrylzuur is niet biologisch afbreekbaar, wat zeer handig is voor de toepassing die ik voor ogen heb. Dit zorgt er namelijk voor dat het jarenlang kan overleven in een planrijke omgeving.

Met zetmeel is het mogelijk een halfsynthetische SAP te maken, maar het is redelijk duur, waardoor de commerciële ontwikkeling is stopgezet.

Carboxymethylcellulose is een vezelige vorm van SAP. Dit zorgt ervoor dat ze in luiers beter op hun plaats kunnen blijven dan de korrelige acrylzuren. Het tweede grote voordeel is dat ze biologisch afbreekbaar zijn en dus composteerbaar. Dit is een voordeel voor luiers die met een meer ecologische visie geproduceerd worden. Het is een materiaal waar nog veel onderzoek naar gebeurt om de eigenschappen nog verder te verfijnen.
(Batelaan, 1998.)

40

De toepassingsgebieden van SAP worden steeds meer uitgebreid. Er wordt volop onderzoek gedaan naar verschillende manieren om de wateropslagcapaciteit van de stof te gebruiken om planten beter te laten groeien in droge grond. Het houdt het water vast dat weg wil vloeien en in warmere en drogere tijden wordt het water weer beschikbaar voor de planten. Het is helaas wel een veel duurdere oplossing dan het gebruik van compost.

4.3.2 Patentonderzoek

Ik heb enkele patenten en toepassingen gevonden waarbij SAP wordt gebruikt in het domein van de landbouw.

- Een Israëliisch bedrijf heeft een soort SAP ontwikkeld die men op het land kan uitstrooien en die drie maanden later is opgelost. Het bevordert de groei van de planten aanzienlijk.
- Men heeft een test uitgevoerd waarbij men vier verschillende hoeveelheden SAP tussen 0 en 225 kg op een veld van 1000 m² met sojabonen uitstrooide. Nadien liet men dit veld verschillende intervallen van droogte ondergaan: 6, 8 en 10 dagen. Men heeft de planten dan gemeten op verschillende aspecten zoals bladgrootte, plantgrootte en de groeigrad per dag. Er werd een significant verschil vastgesteld op alle aspecten per hoeveelheid SAP die men extra op het veld gebruikte.

(Yazdani, Allahdadi, and Akbari, 2007)

- Er is een patent waarbij een

superabsorberende gel gebruikt wordt om planten te transporteren. De levensduur van de plant zou toenemen en de plantopbrengst zou verbeteren.

(Hughes, 1991.)

4.3.3 Mogelijkheden voor groendaken

SAP is een zeer bruikbare stof om substraten van een groendak mee te kunnen verlichten, aangezien gewicht een van de grootste problemen is bij groendaken. De meeste planten hebben echter niet enkel water nodig, maar ook de nodige voedingsnutriënten om te kunnen overleven. De substraatlaag van een groendak heeft ook als derde belangrijke functie, naast het voorzien van nutriënten en het vasthouden van water, het verankeren van de wortels. Dit wordt moeilijker gemaakt wanneer er een dunnere substraatlaag aanwezig is.

Er worden reeds waterabsorberende polymeren gebruikt in de substraten van groendaken. Er zijn echter nog niet voldoende testen uitgevoerd om het gedrag van SAP te kunnen voorspellen over de levensduur van het groendak.

Volgens het WTCB zouden de SAP na veelvuldig opzwellen en ontzwellen naar de bovenlaag van het substraat migreren, waar ze afgebroken zouden worden door UV-straling.

Het gebruik van SAP in substraten van groendaken zou een zeer grote vooruitgang betekenen, omdat men de substraten dan lichter kan maken voor dezelfde wateropslagcapaciteit. Men moet echter opletten dat een goede verhouding verkregen wordt tussen de wateropslag van het SAP en de voedingsnutriënten die een plant nodig heeft van de teelaarde. Het tweede voordeel aan het gebruik hiervan is dat luiurbedrijven tijdens de productie heel wat knipafval hebben. Dit zou men kunnen implementeren in de substraten; dan is sprake van een win-winsituatie.

Om deze kennis in praktijk om te zetten heb ik een klein experiment gedaan. Op mijn bureau plaatste ik vijf plastic bakjes van 180 cm² waarin ik onderaan gaatjes prikte om de waterafvoer van een groendak na te bootsen. Ik berekende de waterbuffercapaciteit van teelaarde is en die van SAP. Er is 511,4 g potgrond nodig om één liter water vast te houden en maar 12,3 g SAP om dezelfde hoeveelheid water vast te houden. Op deze manier kon ik ervoor zorgen dat elk bakje eenzelfde waterbufferingscapaciteit had. In het eerste bakje deed ik 5 cm potgrond, wat wil zeggen dat het water 100 % door potgrond wordt vastgehouden. In het tweede bakje deed ik een mengeling van de twee, waarbij 70 % van het water door potgrond en 30 % door SAP wordt vastgehouden. In de andere drie potjes zaten 100 % SAP, 50 % van allebei en 70 % SAP met 30 % aarde. Elk bakje had nu dezelfde waterbufferingscapaciteit, maar er was wel een groot verschil in gewicht. Op deze verschillende samenstellingen heb ik gazonzaadjes uitgestrooid. Dit experiment vond plaats op maandag 11 maart. Vanaf die dag heb ik de bakjes elke dag evenveel water gegeven.



In tabel 10 ziet u de gewichten en de verdeling van de verschillende bakjes.

Gewichten en verdeling van de grondstoffen			
	Gewicht in g droog		
	Totaal gewicht	g SAP	g Potgrond
Leeg bakje	52	0	0
100 % potgrond	364	0	312
70% PG 30 % Sap	272,65	2,25	218,4
50% Pg 50 % Sap	211,75	3,75	156
30% Pg 70 % sap	150,85	5,25	93,6
100 % droge Sap	59,5	7,5	0

Tabel 11: Gewichten en verdeling van de grondstoffen.



Afb.26: Bakjes van de proef dag één

Na een periode van vijf dagen kwamen in vier van de vijf bakjes al korte grassprietjes opsteken. In het bakje van 100 % SAP was echter nog niets gebeurd. Gedurende tien dagen stond er in de vier bakjes een dun gazonnetje met grassprietjes van zes à zeven centimeter, maar in dat met 100 % SAP gebeurde er nog steeds niets.

Eén maand later, op 11 april, waren in de vijf bakjes grassprietjes te zien. In het bakje met 100 % SAP waren maar enkele grassprietjes tot leven gekomen. De 70 % potgrond had de dichtst begroeide bodem, gevolgd door het bakje met de 100 % potgrond. De bakjes met 50 % en 30 % potgrond hadden het iets moeilijker omdat daar grote stukken SAP in de weg lagen waar de grassprietjes moeilijk over of rond konden groeien. Afbeelding 27 geeft de bakjes met de dichtbegroeide gazon weer.



Afb.27: Gras na 1 maand.

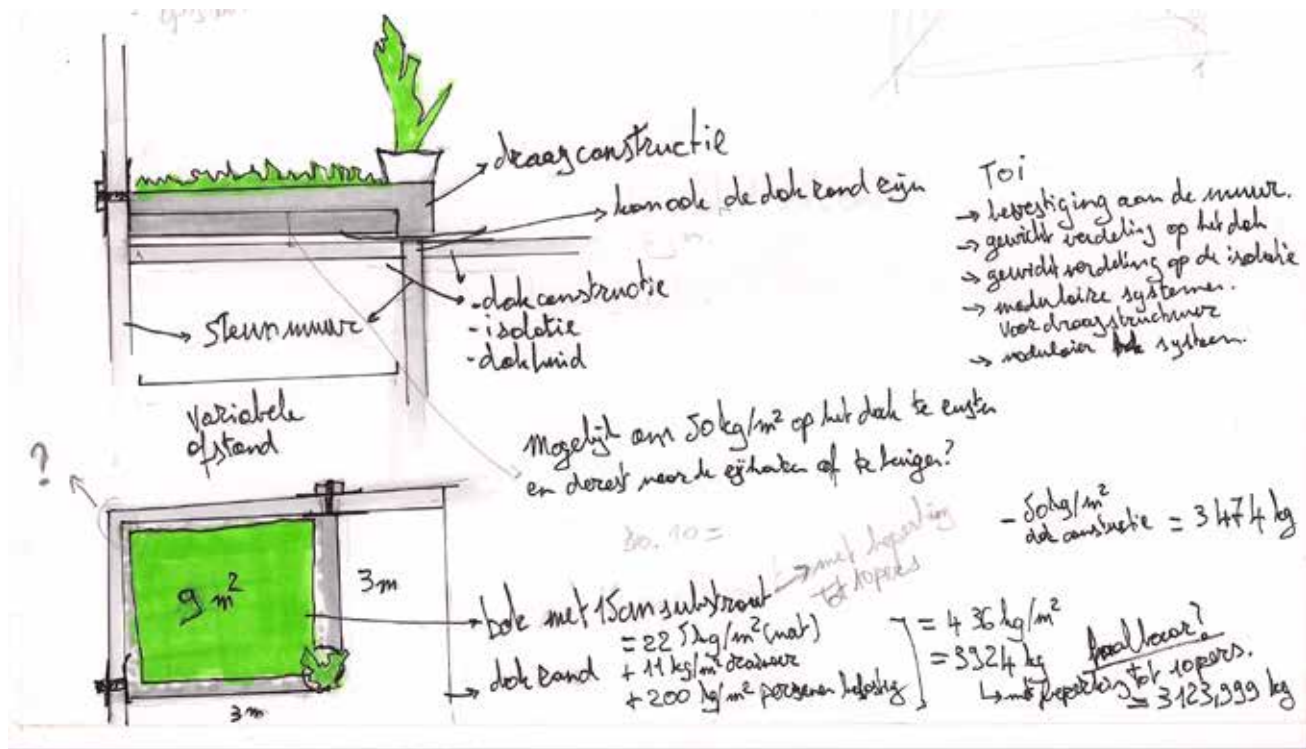
Voor het vervolg van dit experiment ga ik wachten tot er een volgroeide gazon staat in alle bakjes. Hierna zal ik nagaan welke bakjes het slechtst reageren op tijden van zes, acht en tien dagen droogte.

Deze proef geeft aan dat het mogelijk is om gras te laten groeien op een mengeling van SAP en potgrond. Maar het is geen volledige nabootsing van een groendak, omdat het in zulk geval gaat over een biologische situatie die 10 tot 20 jaar goed moet werken. Indien het WTCB gelijk heeft over de afbraak van de SAP door UV-stralen zal er na enkele jaren een dunne substraatlaag liggen waar geen enkele plant meer op kan groeien.

4.4 Quick designs

Om voeling te krijgen met de verschillende deelproblemen waar mijn productideeën mee te maken zouden krijgen, heb ik gebruikgemaakt van quick designs. Ik heb elk idee uitgetekend met de algemene werking. Afbeeldingen 28, 29 en 30 geven deze tekeningen weer.



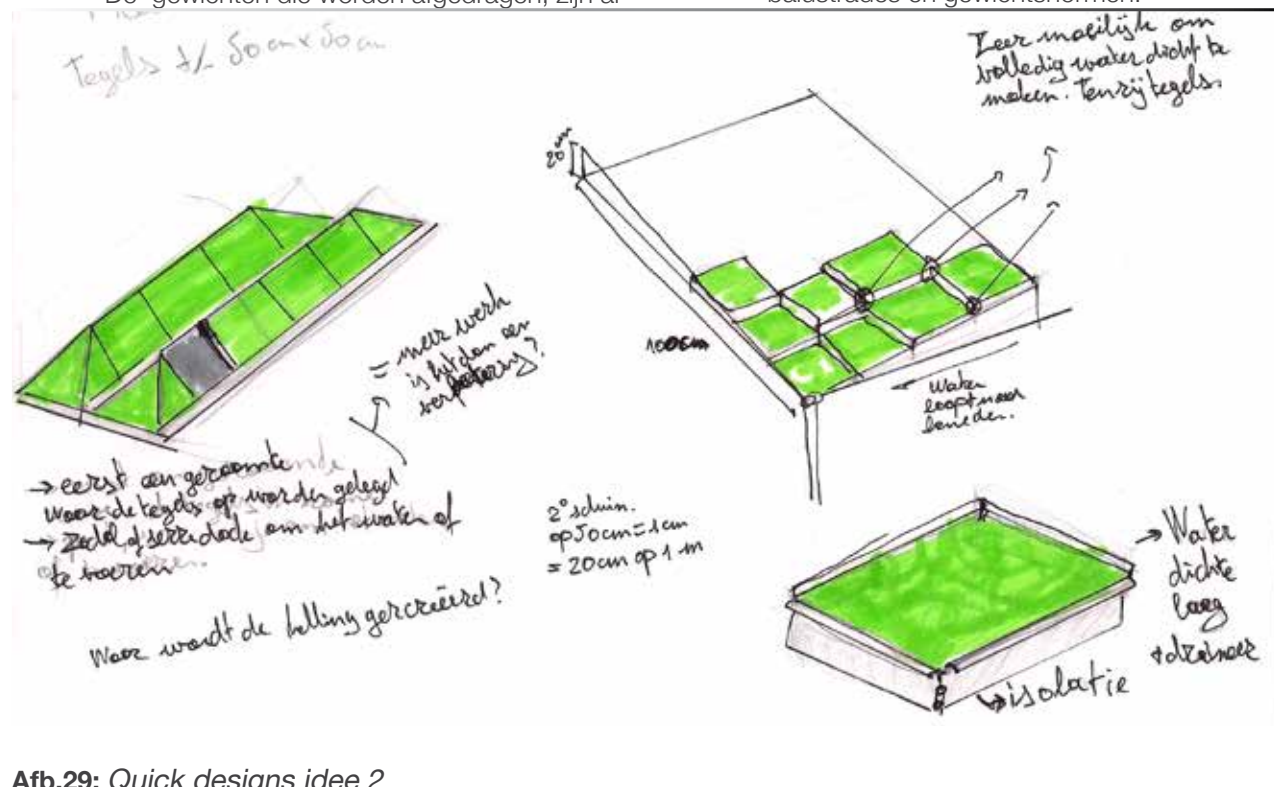


Afb.28: Quick designs idee 1

Het eerste productidee gaat over een versterking van het dak waar het groendak op wordt gebouwd. Hierbij worden de belastingen van het dak afgedragen naar de steunmuren. De problemen die zich bij dit idee voordoen, zijn:

- Het groendak moet zowel aan een muur als aan een dak bevestigd kunnen worden zonder de waterdichtheid ervan te beschadigen.
- Het gewicht moet goed verdeeld worden op het dak, zodat de isolatie en dakheid niet ingedrukt of beschadigd worden.
- De gewichten die worden afgedragen, zijn al

- snel zeer groot en moeilijk te verdelen.
- De constructie zweeft boven de dakopbouw, waardoor de dakheid overbodig wordt. We moeten ons afvragen of er een mogelijkheid is om het gewicht deels op het dak en deels op de muren af te dragen, zodat de dakheid nog optimaal gebruikt kan worden.
- De diepte die men met dit systeem kan creëren, is beperkt. Zullen er dan nog bomen kunnen groeien?
- Het dak moet op dezelfde manier beveiligd worden als een terras, gebruikmakend van balustrades en gewichtsnormen.



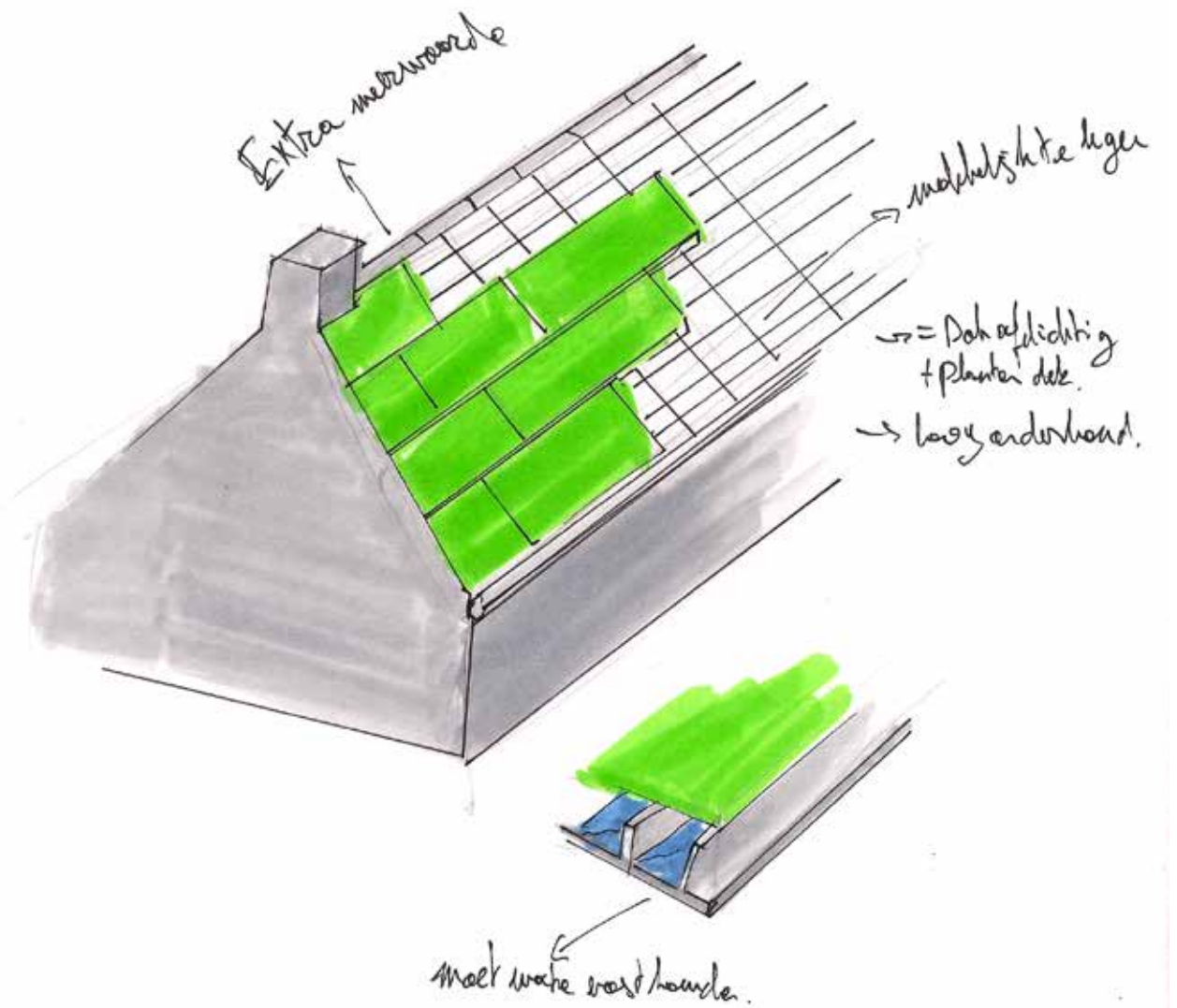
Afb.29: Quick designs idee 2

Het tweede productidee gaat over een dakbedekking die zowel damp scherm, isolatie als dak huid bevat en fungeert zoals groendak systemen met drainagelaag, substraat en vegetatie. Het gaat hier dus over een soort integraal systeem dat men op een dak constructie kan leggen. De problemen die bij deze quick designs naar boven kwamen, zijn:

- Het is zeer moeilijk om dit waterdicht te maken. Een dak huid wordt nu aan elkaar gelast of gelijmd, maar met dit systeem moet er absoluut een goede afwatering zijn waarbij de verschillende leg modules het water aan elkaar overgeven tot het uiteindelijk in de d a k g o o t terecht komt. Bij plas vorming is er zelfs nog meer gevaar voor lekkages.
- Een mogelijke oplossing is het gebruik van een systeem zoals dakpannen, waarbij eerst een schuin geraamte wordt gelegd met daarin de tegels die onder een grote hoek liggen; zo kan

het water er van zelf afstromen. Het voordeel van het snel leggen is dan wel veel kleiner, omdat eerst het geraamte opgebouwd moet worden.

- Bij de huidige dakbedekking wordt de isolatie erg aansluitend gelegd, zodat nergens koude bruggen kunnen ontstaan. Dit is moeilijk te realiseren met modules waar de andere lagen al ingebouwd zitten. Het is dus moeilijk om een goede isolatiewaarde te creëren.
- Een modulair systeem is heel handig om grote oppervlaktes mee vol te leggen, maar onhandig om hoekafwerkingen rond schoorstenen, dakramen ... te maken. De module moet dus makkelijk in grootte aanpasbaar zijn.
- De mogelijkheden van vegetatie blijven beperkt tot extensieve planten.
- De module zal waarschijnlijk snel heel zwaar worden.



Afb.30: Quick designs idee 3

Het laatste productidee is een soort dakpan die men tussen andere bestaande dakpannen leg, om zo delen van het dak of het gehele dak groen te maken. Het is een dakpan die in het huidige systeem van dakleggen past. De problemen die hierbij naar boven kwamen, zijn:

- Doordat het water naar beneden gaat en dus enkel de onderste planten voldoende water krijgen, zal de bovenkant van het dak verdorren, terwijl de onderkant wel mooi groen blijft.
- De dakpan wordt zeer zwaar: Het gewicht van een normale bestaande dakpan is



3,2 kg, het gewicht van de vegetatiedakpan 8,6 kg.

- Het zal moeilijk te vervoeren zijn en ook moeilijk op het dak te krijgen.
- Zal het gewicht niet te zwaar zijn voor de panlatten?

4.5 Conclusies

Al deze verschillende onderzoeksmethoden brengen de opportuniteiten en problemen van de mogelijke wegen die ik kan inslaan in kaart. Met deze vergaarde kennis weet ik nog niet voldoende om een goed onderbouwde keuze te maken over het product dat ik ga ontwikkelen. Ik heb echter wel kunnen aantonen wat er mogelijk is en wat niet. Ik heb eveneens een duidelijk beeld van de problemen en de mogelijke situaties waar mijn product in terecht zal komen.

In het volgende deel zal ik dan ook een afweging maken tussen de drie productideeën. Op basis hiervan kan ik dan beslissen welk product ik verder zal uitwerken in het verdere verloop van het project.



In dit onderdeel heb ik mijn drie productideeën zo goed mogelijk omschreven, alsook de meerwaarde en economische mogelijkheden onderzocht. De meerwaarde voor alle stakeholders van het product heb ik telkens in vier gebieden verdeeld: marktpotentieel, functionele meerwaarde, financiële meerwaarde en maatschappelijke meerwaarde. Deze beoordeling heb ik gebaseerd op een bestaand product dat diende als referentie. Zo kon ik duidelijk zien waarin mijn idee beter of slechter is. Ten slotte heb ik per productidee een economische top-down- en bottom-upanalyse gemaakt om na te gaan of er wel degelijk een markt voor het product is.

5.1 Productvoorstel 1: tuindak

Het eerste productidee gaat over een groendak of dakterras dat op een bestaand platdak geïnstalleerd kan worden. Het is een constructie die de draagkracht van het dak kan verbeteren van 50 kg/m² naar 600 kg/m². Dit wordt mogelijk door het extra gewicht naar de draagmuren af te dragen. Hierdoor wordt het bewandelbaar en kan het met andere planten dan vetplanten begroeid worden. Om het groendak aan te leggen zijn geen al te grote verbouwingen vereist. Het groendak wordt door één bedrijf op het bestaande dak aangelegd. De gebruiker kan de functies van het dak zelf invullen, indien gewenst kan men er een gazon op laten groeien, maar er kunnen evengoed bomen op geplant worden. Men kan het gebruiken als een volwaardige tuin met een barbecue, een schommel of een composthoop als men dat wil. Als de gebruiker liever een moestuintje onderhoudt, kan dit ook, zodat men elk jaar verse tomaten of courgettes kan oogsten. Het dakterras is bereikbaar via een deur, raam of ladder en er komt meer zon op dan in een doorsnee tuin. Als de gebruiker het wenst, kunnen er ook dieren zoals kippen, konijnen, een geit ... op gehouden worden. Het product creëert een nieuwe tuin, met ook evenveel onderhoud als in een gewone tuin.

5.1.1 Meerwaarden

De grootste meerwaarde van dit product is dat de gebruiker gemakkelijk een persoonlijk stukje groen bij zijn stadswoning kan laten aanleggen. Hij kan een eigen tuin creëren, wat voordien nog niet mogelijk was. Ook blijven alle meerwaarden van een groendak gelden die in het begin opgelijst staan. De meerwaarden zijn groot, omdat dit product gebruikmaakt van een dikke substraatlaag.

5.1.2 Vergelijking van de meerwaarden

Het referentieproduct waar ik mijn productideeën mee zal vergelijken, is een intensieve daktuin met een substraatdikte van ca. 40 cm. Men kan erop lopen en

het als gewone tuin op het dak gebruiken. Ik kies voor dit product omdat het dezelfde functies vervult als mijn product, maar het kan op een kleiner aantal plaatsen aangelegd worden.

Marktpotentieel

Het product is bedoeld voor huizen in de stad die geen tuin hebben en waar geen mogelijkheid is om een daktuin te plaatsen op het bestaande dak. Voor deze mensen kunnen we een stukje tuin met veel zon creëren. Bij de gemeente moet wel een vergunning aangevraagd worden in verband met de wet van inkijk bij de burens. De consumenten van dit product zijn stadsmensen zonder tuin of mensen met bovenhuurders die ook een eigen tuin willen. Voor dit product komt ongeveer 183,8 km² dakoppervlakte in aanmerking. Dit is ongeveer hetzelfde als bij het referentieproduct.

Functionele meerwaarde

De functionele meerwaarde zit hem vooral in de hoeveelheid plaatsen waar het product aangelegd kan worden. Die is namelijk groter dan bij het bestaande product. Tuinarchitecten botsen vaak op het probleem dat het dak het gewicht niet kan dragen. Mijn product biedt een oplossing voor dat probleem. Hierdoor is de functionele meerwaarde veel groter dan bij het referentieproduct.

Financiële meerwaarde

De daktuin moet verkocht kunnen worden tegen dezelfde prijs als een intensieve daktuin,;dit komt neer op ongeveer 200 €/m² voor de duurste intensieve daktuin.

Maatschappelijke meerwaarde

Op het maatschappelijke vlak is de meerwaarde groter dan bij een extensief groendak, want de substraatlaag is dikker. Zo houdt het dak meer water vast en zorgt het voor meer isolatie. In vergelijking met het referentieproduct is de maatschappelijke meerwaarde gelijk.

Het product moet volgens de theorie van cradle-to-cradle gemaakt worden, zodat het een betere ecologische meerwaarde biedt t.o.v. een gewone intensieve daktuin.

5.1.3 Stakeholders

De stakeholders van dit product zijn min of meer dezelfde als bij de andere vormen van groendaken. Maar de meerwaarde voor elke stakeholder is soms wel verschillend.

- De leveranciers van de vegetatie
- De leveranciers van grondstoffen voor het groendakproduct
- De producenten van het groendakproduct
- De verkopers van het groendakproduct
- De aanleggers van het groendakproduct
- De gebruikers van het groendakproduct
- De afbrekers van het groendakproduct
- De recycleurs van het groendakproduct



5.1.4. Top-downschatting over de markt van het product

Bij de top-downschatting heb ik de waardepropositie, de maatschappelijke meerwaarde en de markt geschat. Dan heb ik mij voorgesteld dat het product op de markt

komt en mij afgevraagd hoeveel het marktaandeel zou bedragen. Ten slotte heb ik het marktaandeel vermenigvuldigd met de geschatte verkoopprijs en verminderd met de geschatte productiekosten. Zo kon ik een ruwe schatting maken van hoeveel het product in één jaar zou kunnen opbrengen.

Waardepropositie	Markt	Maatschappelijke meerwaarde
Het is een product voor mensen in de stad met een goed inkomen. Het geeft een verbetering aan de bestaande situatie door de mogelijkheid tot een extra tuin. Voor stadsmensen zonder tuin Tuinarchitect en ingenieur zijn nodig. Prestigieus	200 groendaken per jaar 100 zijn intensief 215 m ² per dak 21.500 m ²	Kleine sociale meerwaarde, niet toegankelijk voor armen Hoog opgeleid personeel nodig voor het leggen Ecologische meerwaarde Kleine oplage Dikke laag Grote waterbuffer in de stad Klein bladoppervlakte Hoge biodiversiteit
5 % van de markt geeft 1.075 m ² in Vlaanderen verkoopprijs = 300 €/m ² = 322.500 €		
Kostprijs ingenieur, tuinarchitect, fabricage, transport, installatie: 120 €/m ² = 129.000 €		
180 €/m ² winst = 193.500 € per jaar		

Tabel 12: Top-downschatting productvoorstel 1.

5.1.5 Bottom-up schatting van de markt van het product

Bij de bottom-upschatting ben ik begonnen met me voor te stellen dat ik een bedrijf opricht met een beginkapitaal van 600.000 €. Dat moet terugverdiend zijn binnen een periode van drie jaar. Dat wil zeggen dat 200.000 € per jaar verdiend moet worden. Als we dat in vierkante meters uitdrukken, wil dat zeggen dat er 1.111 m² per jaar verkocht moet worden om op tijd het beginkapitaal terug te verdienen. Dit is 5,12 % van de bestaande markt.

5.1.6. Discussie

Dit groendak heeft een grote meerwaarde voor mensen zonder tuin. De markt is niet zo groot omdat de kopers enkel mensen uit steden zijn. Maar het is een volledig nieuw product, waardoor de markt van de intensieve daken groter zal worden. Hierdoor is het moeilijk om een schatting te maken van de markt op basis van de bestaande markt.

De belangrijkste criteria in de trade-off voor dit product zijn criteria nummer 6, 7, 8, 9 en 15.

5.2 Productvoorstel 2: integrale groendaktegel

Dit productidee is een groendak dat men niet op een bestaand dak plaatst, maar dat als een volwaardig nieuw dak gelegd wordt. Het systeem bevat isolatie, een waterdichte laag en een vegetatielaag in één module. De potentiële klant van het groendak moet dus niet eerst een nieuw waterdicht dak laten leggen om daarna een groendak te laten plaatsen. Hij kan meteen een volledig nieuw groendak laten leggen en dat voor dezelfde prijs als een gewoon nieuw dak. Het is een gemakkelijk te leggen module die de daklegger gewoon in elkaar kan klikken. Enkel aan de zijkanten is er een verankering in de dakconstructie nodig. De dakbedekking gaat ook aanzienlijk langer mee dan bij gewone daken. Het product is bestemd voor een plat dak. De plantenkeuze is helaas niet zo gevarieerd.

5.2.1 Meerwaarden

De grootste meerwaarde is dat het goedkoper is dan eerst een normaal dak te laten leggen en daarna een extensief groendak te plaatsen. Met dit productidee kunnen deze twee stappen in één keer gebeuren, waardoor de prijs behoorlijk zal dalen. Het referentieproduct is het bestaande systeem van



extensieve groendaktegels, in combinatie met het leggen van een nieuw dak.

5.2.2 Meerwaardevergelijking

Marktpotentieel

Er is een zeer groot marktpotentieel: elk plat dak dat vernieuwd moet worden, komt in aanmerking, zowel bij bedrijven als bij particulieren. Door de invoering van een nieuwe wet is het verplicht om op een nieuwbouwdak een extensief groendak te leggen. Dit vergroot de markt nog meer. In tegenstelling tot productvoorstel 1 is dit product ook bruikbaar op nieuwbouwgebouwen. Er is in België ca. 3.775,8 km² dakoppervlakte die in aanmerking komt voor dit product. Deze markt is er ook bij het referentieproduct, maar als mijn product goed is, zal het zeker verkozen worden boven het referentieproduct.

Functionele meerwaarde

Omdat alles in één keer gelegd wordt (isolatie, dakhuid en groendak), is er een grote tijdsbesparing. Het is gemakkelijker dan het dak laag voor laag te moeten leggen (+/- 7 lagen voor één dak). Er is dus enkel een functionele meerwaarde t.o.v. de daklegger en niet voor de gebruiker zelf.

Financiële meerwaarde

Het product moet goedkoper zijn dan een nieuw dak, gecombineerd met een extensief groendak (dakbedekking + extensief groendak – subsidies = 370 €/m² + 40 €/m² - 31 €/m² = +/-379 €/m²). De uren van de dakleggers worden ook verminderd, waardoor de prijs nog meer omlaag kan. Hierdoor is er een zeer grote financiële meerwaarde.

Maatschappelijke meerwaarde

De meerwaarden van de gewone extensieve daktuinen blijven behouden. Door het makkelijk aanleggen en de lagere prijs wordt de barrière voor de aankoop van een groendak kleiner gemaakt, waardoor er zeer grote oppervlaktes groendak kunnen komen. Dit zorgt dan weer voor een zeer grote maatschappelijke meerwaarde. Door een makkelijke op- en afbouw wordt het gebruik van "cradle-to-Cradle" makkelijker gemaakt.

5.2.3 Top-downschatting over de markt van het product

Bij de top-downschatting heb ik de waardepropositie, de maatschappelijke meerwaarde en de marktgrootte geschat. Voor dit product heb ik twee soorten markten verondersteld. De eerste is geschat op basis van de totale dakoppervlakte die bebouwd kan worden met extensieve groendaken, aangezien dit product samen met de wetgeving en de prijsdaling een veel grotere markt zal aanspreken dan het huidige product. De tweede schatting is op basis van de bestaande markt van extensieve groendaken. Bij de eerste markt gaat het om een enorm grote markt die men nooit zal kunnen bereiken.



Eerste schatting:

Waardepropositie	Markt	Maatschappelijke meerwaarden
Het product past op elk plat dak. Het is makkelijk te leggen. Het geeft een meerwaarde op gebied van tijd en prijs. Het is toegankelijk op industrieel niveau en voor particulieren.	Stad + platteland 2503 km ² is bebouwd in Vlaanderen. 402,8 km ² = industrie 70 % wil dit dak 37,5 % is een schuin dak Min 20 % onbruikbare opp. Bruikbaar opp. = 1.372 km ² 25 % mensen zonder tuin	Makkelijk te leggen door laag opgeleid personeel Te leggen door de doe-het-zelver Voor iedereen toegankelijk <i>Ecologische meerwaarde</i> Kleine oplage Persoonlijke meerwaarde is niet zo groot wegens dunne laag Grote bladoppervlakte Lage biodiversiteit
1 % van de markt geeft 137.200.000 m ² in Vlaanderen Verkoopprijs = 200 €/m ² = 27.447.200.000 €		
Kostprijs fabricage , transport, installatie: 150 €/m ² = 50 €/m ²		
Winstmarge = 6.860.000.000 €		

Tabel 13: Eerst top-downschatting productvoorstel 2.

Tweede schatting:

48

Waardepropositie	Markt	Maatschappelijke meerwaarde
Het product past op elk plat dak. Het is makkelijk te leggen. Het geeft een meerwaarde op gebied van tijd en prijs. Het is toegankelijk op industrieel niveau en voor particulieren.	Stad + platteland 200 per jaar 90 extensief 370 m ² 33.300 m ²	Makkelijk te leggen door laag opgeleid personeel Te leggen door de doe-het-zelver Voor iedereen toegankelijk <i>Ecologische meerwaarde</i> Kleine oplage Persoonlijke meerwaarde is niet zo groot wegens dunne laag Grote bladoppervlakte Lage biodiversiteit
1 % van de markt geeft 333 m ² in Vlaanderen Verkoopprijs = 200 €/m ² = 66.600 €		
Kostprijs fabricage , transport, installatie: 150 €/m ² = 50 €/m ² = 49.950 €		
Winstmarge = 16.650 €		

Tabel 14: Tweede top-downschatting productvoorstel 2.

5.2.4 Bottom-upschatting van de markt van het product

Ik heb bij de bottom-upschatting dezelfde getallen gebruikt: 600.000 € als beginkapitaal, die binnen drie jaar terugverdiend moet worden. Om dit te verkrijgen moet er 4.000m² per jaar verkocht worden. Dat is 0,003 % van de eerste geschatte markt en 12 % van de tweede markt.

5.2.5 Discussie

Dit product heeft enkel een economische meerwaarde. Alles wat verbeterd wordt, kan herleid worden tot een vermindering van de prijs. Om echt te kunnen concurreren met de bestaande producten moet de prijs minstens halveren. Het moet eveneens dezelfde specificaties kunnen waarmaken. Het product zorgt wel voor een grote vereenvoudiging van het leggen.

De belangrijkste criteria in de trade-off voor dit productidee zijn de nummers 1, 11, 17, 18 en 21.



5.3.3. Top-downschatting over de markt van het product

De markt van de extensieve groendaken is eigenlijk niet zo'n goede referentie, omdat het hier gaat om een totaal andere toepassing van het extensieve groendak. Maar door een gebrek aan cijfers heb ik deze gebruikt om mijn schatting te maken. Ik heb maar 3 % marktaandeel omdat de meerwaarden van dit product kleiner zijn.

Waardepropositie	Markt	Maatschappelijke meerwaarde
Het product past op elk pannendak. Voor iedereen betaalbaar Bestemd voor particulieren Extra isolatie	Stad + platteland 200 per jaar 90 extensief 210 m ² 18.900 m ²	Makkelijk te leggen door laag opgeleid personeel Te leggen door de doe-het-zelver Voor iedereen toegankelijk Ecologische meerwaarde Kleine oplage De persoonlijke meerwaarde is niet zo groot wegens dunne laag. Grote bladoppervlakte Lage biodiversiteit Goede waterbuffer
3 % van de markt geeft 567 m ² in Vlaanderen Verkoopprijs = 150 €/m ² = 85.050 €		
Kostprijs fabricage , transport, installatie: 110 €/m ² = 40 €/m ² = 62.370 €		
Winstmarge = 22.680 €		

Tabel 15: Top-downschatting product voorstel 3

5.3.4 Bottom-upschatting van de markt van het product

Ik heb dezelfde getallen gebruikt bij deze bottom-upschatting: 600.000 € als beginkapitaal, die binnen drie jaar terugverdiend moet worden. Om dit te verkrijgen moet er 5.000 m² per jaar verkocht worden. Dat komt neer op 26 % van de markt.

5.3.5 Discussie

Het product heeft niet zo'n grote meerwaarde, aangezien een groendak vaak gebruikt wordt om het uiterlijk van een dak te veranderen. Het is vaak de bedoeling om van binnenuit op een mooi groendak te kunnen kijken i.p.v. een "lelijk" normaal zwart dak. Bij deze toepassing is het groendak niet zichtbaar van binnen naar buiten, dus is de meerwaarde kleiner. Om hiervan een goed product te maken zal er een extra meerwaarde aan toegevoegd moeten worden, zoals waterzuivering, energiewinning of de mogelijkheid tot aanleggen van een moestuin. Als tweede nadeel moet men voor het onderhoud op een schuin dak klimmen.

Dit zal voor sommige mensen een hindernis vormen. Een andere mogelijkheid is tweemaal per jaar iemand laten komen om het dak te onderhouden, maar dit doet de prijs dan weer stijgen.

Belangrijkste criteria in de trade-off zijn: 5, 6, 10, 11 en 12.



5.4 Trade-off

Met deze trade-off wil ik de drie productkandidaten op alle gebruiksvlakken zo goed mogelijk afwegen en hun meerwaarde tot hun recht laten komen. Bij een gewone trade-off worden alle criteria evenwaardig afgewogen, maar daarbij wordt de meerwaarde waarvoor men het product koopt niet voldoende in rekening gebracht. Daarom worden bij deze trade-off de vijf belangrijkste criteria per productidee nogmaals verdubbeld om zo ook hun specifieke meerwaarde te kunnen afwegen.

5.4.1 Uitleg per criteria

Marktpotentieel

1. Gebruikspotentieel op het aantal type daken: Dit criterium geeft aan op hoeveel verschillende soorten dakoppervlakte het product een meerwaarde geeft, alsook hoeveel deze dakoppervlaktes precies inhouden. Het is gequoteerd op de bruikbare bebouwde oppervlakte in Vlaanderen.
2. Aantal marktsegmenten: Dit geeft weer hoeveel mensen het product zouden kunnen kopen. Deze wordt gequoteerd volgens het aantal mogelijke kopers.
3. Meerwaarde ten opzichte van bestaande producten: Dit criterium geeft de verbetering van het nieuwe product t.o.v. bestaande oplossingen weer. In hoeverre gebeurt er een upgrade van het bestaande product?
4. Constructurele verandering aan het gebouw: Dit geeft weer hoeveel er moet veranderen aan het gebouw om het product te installeren.
5. Technische toepasbaarheid: Dit criterium geeft weer hoe technisch de oplossing van het product zal zijn, ingeschat volgens de kritieke punten van elk van de productideeën.
6. Nieuw voor de markt + nieuw voor de industrie: Nieuw voor de markt gaat over een oplossing die nog niet gebruikt is in dit geografisch gebied (België). Nieuw voor de industrie is een oplossing die nog nooit is gebruikt in de hele industrie over de hele wereld. Dit wordt gequoteerd op de vernieuwingsgraad van het product.

Gebruiksmeerwaarde

7. Functionele meerwaarde: Dit geeft weer hoe groot de meerwaarde voor de gebruiker zelf is.
8. Plantendiversiteit: Dit criterium geeft weer hoeveel verschillende soorten planten er aangelegd kunnen worden. Dit wordt gequoteerd op substraatdikte en waterretentie.
9. Beloopbaarheid: Dit geeft weer in hoeverre men erop kan wandelen en dat het de bedoeling is om erop te wandelen. Bijvoorbeeld: 1 = enkel 1 persoon voor onderhoud en 5 = 2 personen per m².
10. Onderhoud: Geeft weer hoeveel onderhoud er

nodig is voor het dak. Dit criterium hangt nauw samen met criterium 8.

11. Plaatsing: Dit geeft weer hoe gemakkelijk het dak te plaatsen is: is er veel expertise nodig om het te plaatsen of kan een doe-het-zelver het ook?

Maatschappelijke meerwaarde

12. Ecologische duurzaamheid van de productmaterialen waaruit het bestaat: Dit geeft weer hoeveel afval het product creëert, hoeveel materialen er gebruikt worden en welke mogelijkheden er zijn om het product gemakkelijk te recyclen of te hergebruiken.

Ecologische diensten

Deze criteria geven weer in hoeverre de bestaande meerwaarden van een groendak in stand blijven, verbeterd worden of verminderen.

13. Waterbuffer: Geeft weer welk product het meeste water kan bufferen.
14. Energie + isolatie: Geeft weer welk product het beste bijdraagt aan de isolatie van het gebouw.
15. Visueel: Geeft weer welk product de grootste visuele meerwaarde biedt.
16. Dieren aantrekken: Geeft weer welk product de beste biotoop vormt voor verschillende dieren. Dit criterium hangt sterk samen met criterium 15.

Sociale meerwaarde

Deze criteria geven weer in hoeverre het product bijdraagt aan de sociale maatschappij.

17. Prijs toegankelijkheid: Geeft weer welk product het best betaalbaar is en te verantwoorden is om het aan te kopen. Is het product ook voor armere delen van de bevolking toegankelijk?
18. Makkelijk te installeren: Dit geeft weer of het door hoog opgeleide vakmannen of door laaggeschoolde mensen gelegd kan worden.
19. Transporteerbaar: Dit geeft weer hoe makkelijk het te transporteren is van de fabriek naar de werkplek en van de vrachtwagen naar het dak.

Economische meerwaarde

20. Aantal grondstoffen: Geeft weer welk product het meeste en welk product het minste grondstoffen nodig heeft.
21. Prijs: Geeft weer welk product tegen de hoogste prijs verkocht zal worden.

5.4.2 Trade-off



		Gewicht	Product1 Tuindak	Product2 Daksysteem	Product3 Groene dakpan
Marktpotentieel					
1	Gebruikspotentieel aantal type daken	3	2	5	3
2	Marktpotentieel aantal marktsegmenten	4	5	3	2
3	Meerwaarde t.o.v. bestaande referentie	4	5	1	3
4	Constructurele veranderingen aan het gebouw	3	1	3	4
5	Technische toepasbaarheid	3	3	3	5
6	Nieuw voor de markt + nieuw voor de industrie (innovativiteit)	5	4	2	3
Gebruiksmeerwaarde					
7	Functionele meerwaarde	3	5	3	2
8	Plantdiversiteit	2	5	2	2
9	Beloopbaarheid	1	5	1	2
10	Onderhoud	1	1	4	3
11	Plaatsing (dakwerker) (doe-het-zelf)	4	2	4	3
Maatschappelijk					
12	Ecologische waarde van de productmaterialen	2	2	3	3
Ecologische diensten van een groendak					
13	Waterbuffer	1	5	2	3
14	Energie Isolatie + koeling	1	4	3	3
15	Visueel	1	5	3	2
16	Dieren aantrekken	1	4	2	2
Sociale meerwaarde					
17	Prijstoegankelijkheid	2	1	5	2
18	Makkelijk installeerbaar	3	1	4	4
19	Transporteerbaar	1	2	4	4
Economische meerwaarde					
20	Aantal grondstoffen	1	2	3	3
21	Prijs	1	2	4	3
	Totaal		205	199	204

Tabel 16: Trade-off 1



5.4.3 Conclusie van de trade-off

De scores van de producten liggen zeer dicht bij elkaar, wat wil zeggen dat ze alle drie een goede meerwaarde kunnen bieden aan de bestaande markt van de groendaken.

De meerwaarde van product 1 is duidelijk: het zorgt voor een extra tuin of een tuin voor mensen die er geen hebben. Het grote probleem bij dit product is dat de gebruiker van dit product zeer specifiek is. Het zijn stadsbewoners zonder tuin met genoeg geld voor zo'n dure investering. Hierdoor is het gebruikspotentieel veel kleiner.

Als we de meerwaarde van product 2 analyseren zien we dat het eigenlijk enkel een financiële meerwaarde heeft tegenover de bestaande extensieve groendaken. Men kan het sneller leggen, dus wordt het goedkoper. Het heeft ook een zeer groot marktpotentieel doordat het bij wet verplicht is en ook op industriële gebouwen geplaatst kan worden. Het grote probleem is de waterdichtheid. Wanneer men een modulair dak waterdicht wil maken, is er eerst een geraamte nodig om de tegels op te kunnen bevestigen. Naar afwerking toe is het ook niet gemakkelijk om met een tegelsysteem te werken.

52

Product 3 is een zeer haalbaar en goed idee, maar het probleem is dat er een extra meerwaarde nodig is omdat het meestal op het hoogste dak komt te zitten, waardoor het niet echt zichtbaar is vanuit het huis. Het moet dus water kunnen zuiveren of energie kunnen opwekken om het echt te kunnen verkopen. Ook wanneer men er meer verschillende soorten planten op zou willen kweken, zodat er een mooi bloemendek op het dak ontstaat, zijn er nog wat problemen. Men moet dan twee of meer keren per jaar op het schuine dak wandelen om de planten te maaien of te onderhouden.

Omdat producten 1 en 2 de grootste meerwaarden bieden, heb ik gekozen om een combinatie van beide te maken. Het wordt een product dat vanaf de dakconstructie wordt opgebouwd, met een geraamte dat meer gewicht kan dragen dan het huidige dak.



5.4.4 Trade-off 2

		Gewicht	Product 1 Tuindak	Product 2 Daksysteem	Product 3 Groene dakpan	Nieuwe samenstelling 1 + 2
Marktpotentieel						
1	Gebruikspotentieel aantal type daken	3	2	5	3	2
2	Marktpotentieel aantal marktsegmenten	4	5	3	2	5
3	Meerwaarde t.o.v. bestaande referentie	4	5	1	3	5
4	Constructieve verandering aan het gebouw	3	1	3	4	2
5	Technische toepasbaarheid	3	3	3	5	2
6	Nieuw voor de markt+ nieuw voor de industrie (innovativiteit)	5	4	2	3	5
Gebruiksmeerwaarde						
7	Functionele meerwaarde	3	5	3	2	5
8	Plantdiversiteit	2	5	2	2	5
9	Beloopbaarheid	1	5	1	2	5
10	Onderhoud	1	1	4	3	1
11	Plaatsing (dakwerker) (doe-het-zelf)	4	2	4	3	2
maatschappelijk						
12	Ecologische duurzaamheid van de productmaterialen	2	2	3	3	3
Ecologische diensten van een groendak						
13	Waterbuffer	1	5	2	3	5
14	Energie Isolatie + koeling	1	4	3	3	5
15	Visueel	1	5	3	2	5
16	Dieren aantrekken	1	4	2	2	4
Sociale meerwaarde						
17	Prijstoegankelijkheid	2	1	5	2	3
18	Makkelijk installeerbaar	3	1	4	4	1
19	Transpoteerbaar	1	2	4	4	2
Econimische meerwaarde						
20	Aantal grondstoffen	1	2	3	3	1
21	Prijs	1	2	4	3	3
	Totaal		205	199	204	272

Tabel 17: Trade-off 2



5.5 Productdefinitie

Hieronder beschrijf ik het product dat ik ga ontwerpen in het verder verloop van de Masterproef.

5.5.1 Definitie

Het product is een integraal systeem van dakopbouw, dakbedekking en groendak. Het bevat een damp scherm, isolatie en een dakhuid van de dakbedekking en een drainagelaag, filterdoek, substraatlaag en vegetatielaag van een groendak. Daarnaast bevat het systeem een stevige structuur die het gewicht van het groendak kan afbuigen. Al deze onderdelen zijn zeer modulair, zodat ze aanpasbaar zijn aan elk dak.

Het product zorgt voor een beloofbare tuin waar veel verschillende soorten planten kunnen groeien. Het systeem kan een bepaald gewicht afbuigen naar de zijmuren. Dit gewicht is in te vullen zoals de gebruiker het zelf wil. Als men een stevige gazon wenst waar een groot aantal mensen op kan lopen, kan dit, maar kiest men liever voor een klein gazonnetje met een boom waar hooguit twee personen tegelijk op komen, dan is dit evengoed mogelijk. Design for everyone!

5.5.2 Functies

54

Het tuindak heeft als hoofdfunctie: voorzien in een stuk tuin. Dit is een recreatieve ruimte die visueel aantrekkelijk is. Ze biedt alle functies die een gewone tuin ook vervult. Als tweede hoofdfunctie moet het product zorgen voor een volledig waterdicht en goed geïsoleerd dak.

5.5.3 Nevenfuncties

Om de hoofdfuncties te kunnen vervullen zijn er enkele nevenfuncties te onderscheiden: veiligheid en bereikbaarheid. Ze worden vervuld door een balustrade en een trap of ladder. Er moet eveneens een afscherming zijn te voldoen aan de wet tegen inkijk.

Om de tuin goed te laten werken moet hij water kunnen afvoeren en water kunnen vasthouden. In tijden van droogte moet er een extra watertoevoer zijn. De staat van de verschillende lagen in het dak moeten gecontroleerd kunnen worden.

Ten slotte zijn er natuurlijk ook nog de maatschappelijke functies die het product vervult: vasthouden van water, CO₂ omvormen naar zuurstof, de lucht filteren, geluid dempen, water verdampen en een habitat vormen voor dieren.

5.5.4 De meerwaarde

Men krijgt een extra stukje tuin in de stad. Op elk stukje dak is het mogelijk om een tuin te maken. De gebruiker kan de gewichtsverdeling invullen zoals hij/zij het zelf wil. De voordelen van een groendak komen bij dit concept zeer sterk tot hun recht, omdat alle lagen precies op elkaar afgestemd kunnen worden. Zo moet de dakhuid van minder hoogwaardig materiaal zijn omdat ze niet meer UV-bestendig moet zijn en geen extreme temperatuursveranderingen ondergaat. Er kunnen zeer

veel verschillende planten aangelegd worden in deze tuin.

5.5.5 Nadelen

Er zal nog steeds de hulp van een ingenieur nodig zijn die de muren i.p.v. het dak schat om te zien of ze wel stevig genoeg zijn om het gewicht te kunnen dragen. Bovendien zal een aanvraag moeten gebeuren bij de stad of de burens, aangezien het dak als terras wordt gebruikt. Er is een bouwvergunning en een goedkeuring van de burens nodig.



5.5.6 Top-downschatting over de markt van het product

Waardepropositie	Markt	Maatschappelijke meerwaarde
Het product is voor de helft van de bevolking betaalbaar. Particulier Extra isolatie Het geeft een aangename (extra) tuin. Het is beter dan een nieuw dak.	Stad + platteland 200 per jaar 110 intensief 370 m ² 40.700 m ²	Hoge geluidsbuffer Biodiversiteit Minder hitte in de stad <i>Ecologische meerwaarde</i> Kleine oplage De persoonlijke meerwaarde is groot door de dikke substraatlaag: zorgt voor veel isolatie Grote bladoppervlakte Hoge biodiversiteit Goede waterbuffer
5 % van de markt geeft 2035 m ² in Vlaanderen Verkoopprijs = 450 €/m ² = 915.750 €		
Kostprijs fabricage , transport, installatie 300 €/m ² = 100 €/m ² = 109.890 €		
Winstmarge = 203.500 €		

Tabel 18: Bottom-upschatting nieuw product.

5.5.7 Specificaties op idee niveau

Technische specificaties

- Het moet een modulair product zijn dat op 90 % van de platte daken geplaatst kan worden.
- Het moet zowel op muren kunnen staan als aan muren bevestigd kunnen worden.
- Het moet een gewicht van 500 kg/m² kunnen afbuigen naar de muren, met een maximum van 36 m² per twee draagmuren.
- Het moet maximaal 6 meter kunnen overbruggen.
- Het moet cummuleerbaar zijn (6 meter naar één steunmuur + 6 meter naar de volgende)
- Het moet een maximale substraatlaag van 30 cm kunnen houden.
- Het moet mogelijk zijn het te dragen gewicht te variëren naare te overbruggen afstand.
- Het moet 100 % waterdicht zijn.
- Het moet 100 l water kunnen opslagen voor tijden van droogte.
- Het moet een isolatiegraad van 0,03 W/(m.K) hebben.

Ergonomische specificaties

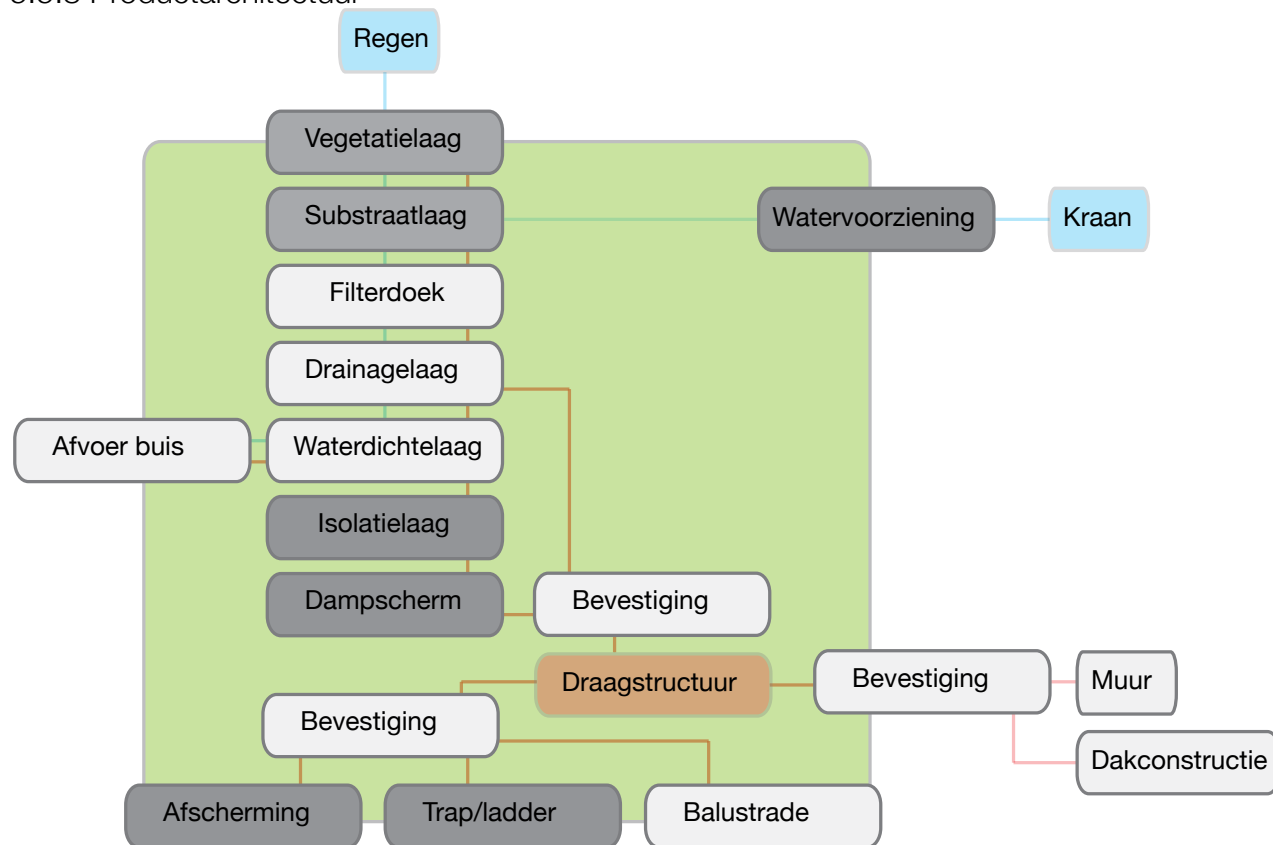
- De aparte opbouwmodules mogen niet meer dan 50 kg per stuk wegen.
- Er moet een balustrade geplaatst kunnen worden van minstens 90 cm hoog.
- Het moet na installatie makkelijk te betreden zijn. Er mag geen opstap hoger dan 20 cm zijn.

Economische specificatie

- De productie mag tot 400 €/m² oplopen.
- De verkoopprijs mag maximaal 500 €/m² bedragen.
- Het product moet na gebruik makkelijk te assembleren zijn voor recyclage van de verschillende onderdelen.



5.5.8 Productarchitectuur



56

Afb.31: Productarchitectuur.

5.5.9 Te ontwikkelen items

- Modulaire dragende structuur
- Bevestigingssysteem voor de structuur
- Systeem voor waterdichtheid
- Isolatiesysteem
- Drainagesysteem
- Modulair systeem om alle lagen gemakkelijk te leggen
- Systeem voor de waterbevoorrading
- Trap of ladder
- Balustrade
- Afscherming



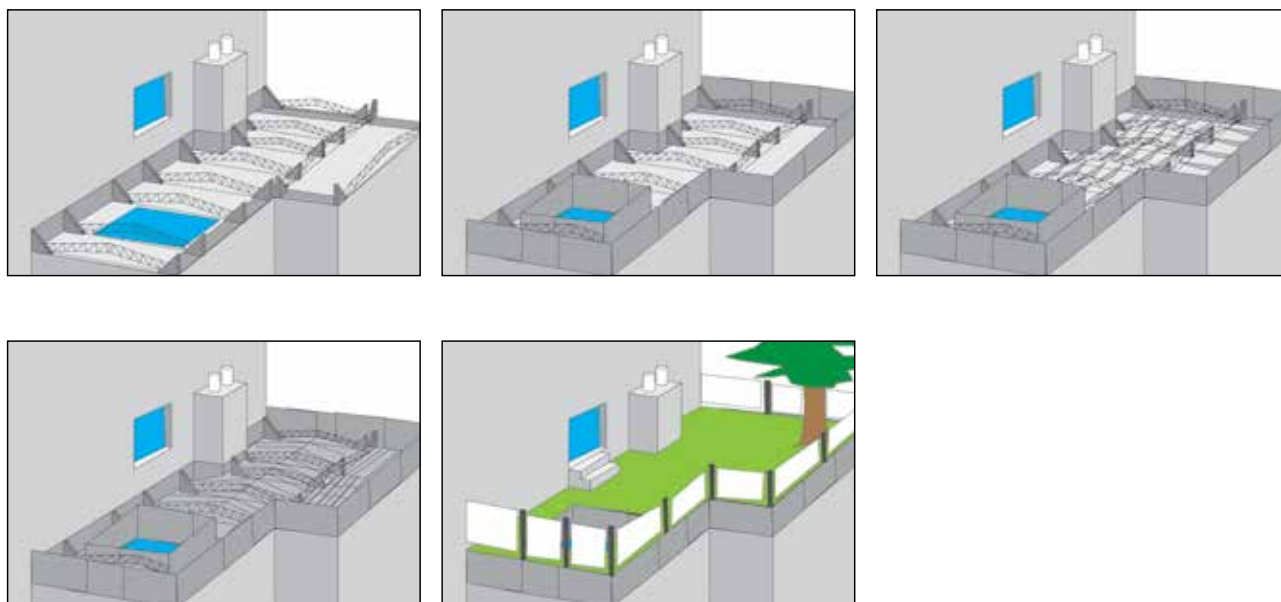
System ontwerp

6.1. De opbouw van de structuur

De structuur bestaat uit vier grote systemen: de overspanningsbalken, de randplaten, de tussenbalken en de drainagetegels. Elk onderdeel moet tot op centimeters aanpasbaar zijn, zodat het op elke dakvorm geplaatst kan worden.

De opbouw en volgorde van de daktuin zijn zeer bepalend voor de systemen en verbindingen tussen alle

verschillende systemen en onderdelen. Eerst worden er hoekstukken gemonteerd op de juiste afstanden, waarna de overspanningen worden gemonteerd en vastgeënt aan de hoekstukken. Vervolgens worden de randplaten tussen de hoekstukken van de balken geplaatst. Daarna worden er tussen de overspanningsbalken tussenbalken gemonteerd; ze vormen de ondergrond voor de drainagetegels. Dit is gelijkaardig aan de opbouw van een pannendak met kepers en gordingen. Tot slot worden de drainagetegels op de tussenbalken gelegd. Dit alles voorziet een grote bak waarvan de randen op de draagmuren van het huis staan. In deze bak kan men een substraat storten om daarop een tuin aan te leggen.



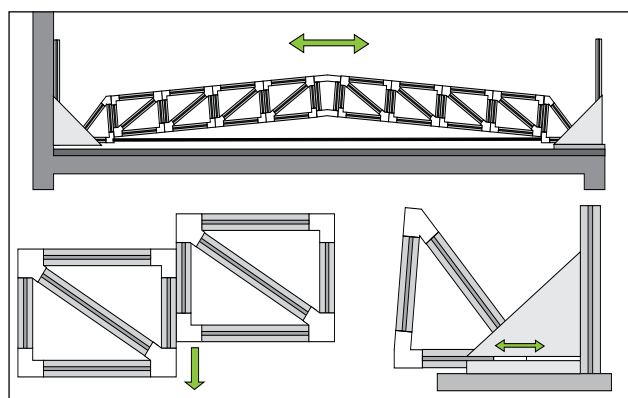
58

Afb.33: Opbouw volgorde van de daktuin

6.1.1 Overspanningsbalken

Het belangrijkste element van de structuur is het overspanningssysteem: het moet heel stevig zijn om het gewicht van de daktuin te kunnen dragen en heel modulair zijn om op elk dak geplaatst te kunnen worden. Het systeem bestaat uit rechthoekige vakwerkelementen van 0,5 meter per stuk. De vakwerkmodules zijn opgebouwd uit extrusiebuizen en koppelstukken. Door het gebruik van de extrusieonderdelen kan op elke plaats iets worden vastgemaakt aan de structuur. Deze modules kunnen aan elkaar worden geschoven om zo één vakwerk te vormen. Twee vakwerken worden onder een kleine hoek aan elkaar bevestigd door middel van een tophoekstuk. Onderaan het vakwerk zorgt een kabel ervoor dat het samengehouden wordt. De opbouw van de structuur begint met het plaatsen van hoekstukken. Deze verbinden de overspanningsbalken en de kabel tot een geheel. Deze hoekstukken moeten eveneens het gewicht van de daktuin doorgeven aan een muur, een dakrand of een opstand. Als laatste worden er ook randplaten aan de hoekstukken verbonden om zo een bak te vormen. Door een module tussen het vakwerk uit te halen kan de overspanningsafstand van het systeem variëren met telkens 0,5 meter. Omdat de breedte van een dak tot op de centimeter kan variëren, moeten de

hoekstukken nog een variatieruimte van 0,25 cm per kant hebben. De te overbruggen afstand kan dan tot op een centimeter nauwkeurig aangepast worden.



Afb.34: Systeem van de overspanningen

6.1.2 Tussenbalken

De tussenbalken hebben een vaste lengte die wordt bepaald door de afstand die de overspanningen uit elkaar staan. De overspanningsbalken staan niet op een vaste afstand van elkaar; daarom kunnen de tussenbalken

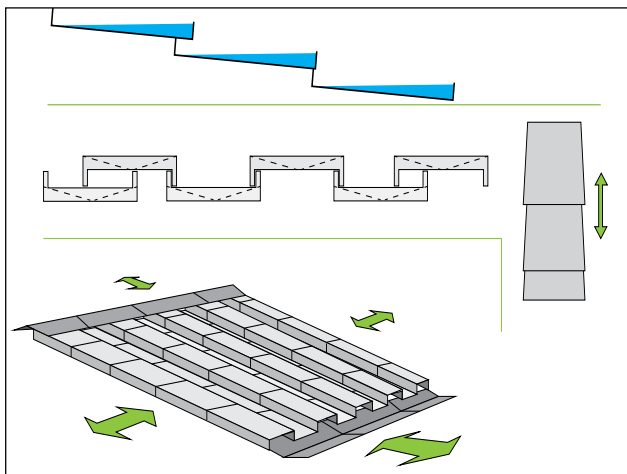
verschuiven in hun bevestigingsonderdelen. Het verbindingsstuk kan zich over de extrusie van het vakwerk verplaatsen, zodat de afstand tussen de balken kan variëren. De tussenbalken worden dwars onder de overspanningen gemonteerd zodat er niet te veel ruimte verloren gaat. De overspanningen zitten mee in de substraatlaag om ervoor te zorgen dat de substraatlaag diep genoeg kan gemaakt worden om er een tuin op te leggen.

6.1.3 De randplaten

Tussen alle hoekstukken die aan de uiteinden van de balken vastzitten, kunnen platen gemonteerd worden. De platen kunnen over elkaar schuiven om variabele afstanden tussen de hoekstukken te overbruggen. Deze platen kunnen ook aan de zijkant van de overspanningsbalken worden bevestigd zodat ze volledig rondom een afscherming kunnen maken voor de substraatlaag.

6.1.4 De drainagetegels

De drainagetegels moeten zowel water kunnen vasthouden als water gemakkelijk kunnen afvoeren. Het zijn een soort dakpannen die op twee tussenbalken worden gelegd. In het systeem zijn er twee soorten tegels die op elkaar liggen. Zo kunnen ze over elkaar schuiven en variaties in de dwarsrichting opvangen. De tegels kunnen in de andere richting in elkaar schuiven omdat ze conisch zijn. Zo kan de volledige oppervlakte worden aangepast en tot op de millimeter het hele oppervlak bedekken.



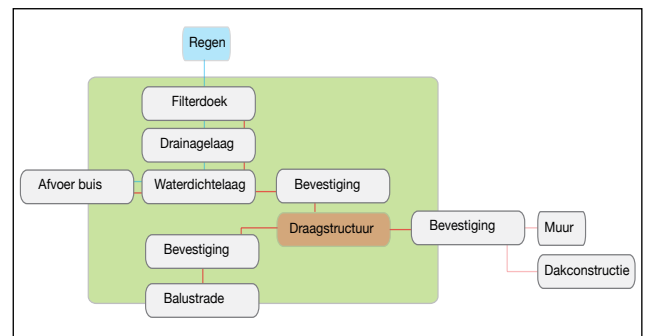
Afb.35: *Systeem van de drainagetegels*

6.1.5 Productarchitectuur

Na de systeemjury is de productarchitectuur een beetje veranderd omdat sommige elementen niet haalbaar bleken. Aanvankelijk was het de bedoeling om het product ook als dak te laten fungeren met isolatie, dakhuid en dampscherm, zodat er niets dubbel op het dak ligt. Uiteindelijk bleek dat dit geen haalbare kaart is om naar behoren en binnen de gegeven tijd uit te voeren.

Het product beperkt zich daarom tot een stevige

structuur waar een daktuin op gelegd kan worden. De drainagetegel zorgt voor de integratie van verschillende functies omdat hij een stevige ondergrond en een goede drainagelaag moet vormen.



Afb.36: *Nieuwe productarchitectuur*

6.1.6 Specificaties op systeemniveau

Technische specificaties

- Het moet een modulair product zijn dat op 80 % van alle platte daken geplaatst kan worden.
- Het moet zowel op muren kunnen staan als aan muren bevestigd kunnen worden.
- Het moet een gewicht van 750 kg/m² kunnen afbuigen naar de muren, met een maximum van 36 m² per twee draagmuren.
- Het moet maximaal 6 meter kunnen overbruggen.
- Het moet cummeleerbaar zijn (6 meter naar één steunmuur + 6 meter naar de volgende)
- Het moet een maximale substraatlaag tussen 50- 20 cm kunnen houden.
- Het moet mogelijk zijn het te dragen gewicht te variëren naar te overbruggen afstand.
- Het moet 100 liter water kunnen opslagen voor tijden van droogte.
- Het moet een isolatiegraad van 0,03 W/(m.K) hebben.

Ergonomische specificaties

- De aparte opbouwmodules mogen niet meer dan 25 kg per stuk wegen.
- Er moet een balustrade geplaatst kunnen worden van minstens 90 cm hoog.
- Het dak moet tegen een snelheid van 1 uur per vierkante meter gelegd kunnen worden.

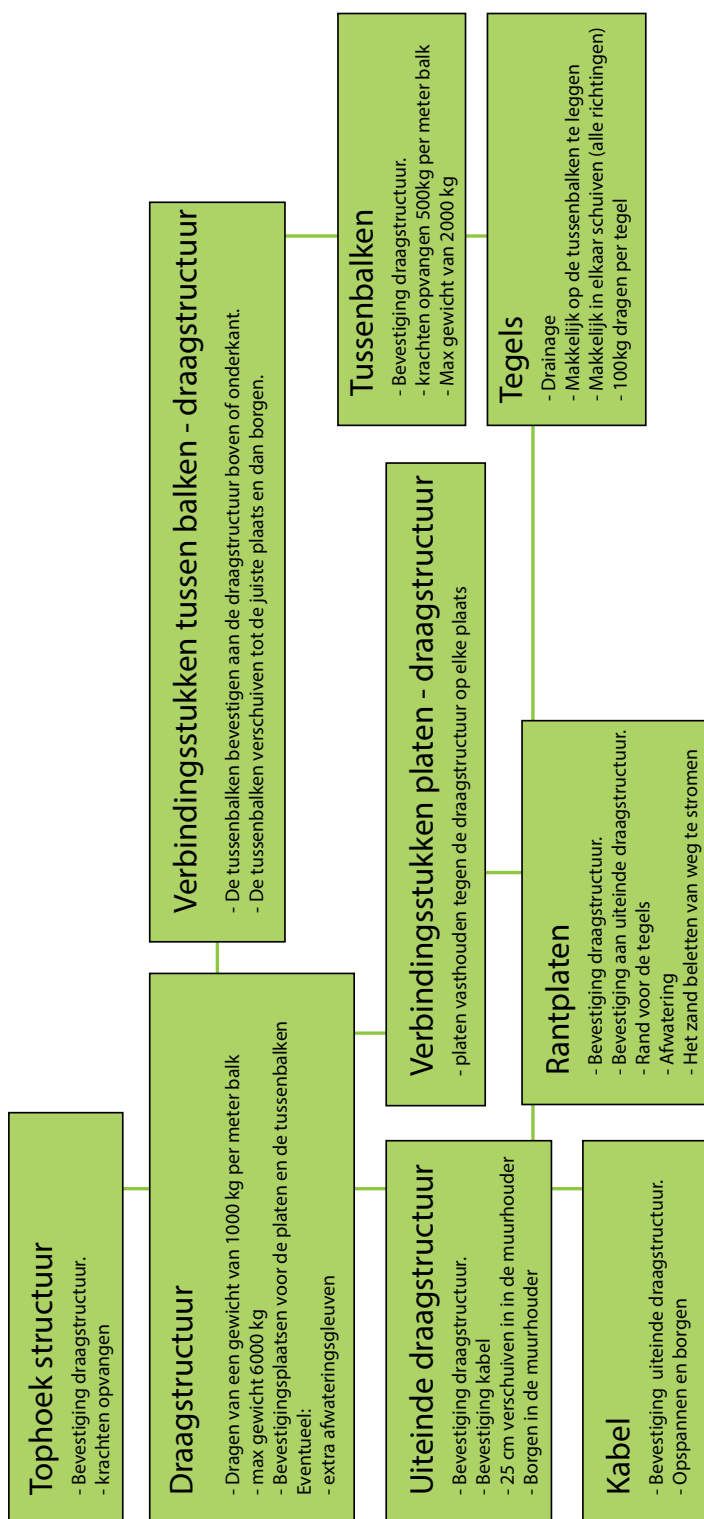
Economische specificatie

- De productie mag maximaal 400 €/m² bedragen.
- De verkoopprijs mag maximaal 500 €/m² bedragen.
- Het product moet na gebruik makkelijk te demonteren zijn voor recyclage van de verschillende onderdelen.



7.1 Functies per onderdeel

Om elke onderdeel te ontwerpen heb ik een diagram gemaakt dat de samenhang en de functie van elk onderdeel laat zien. Hierop wordt duidelijk weergegeven wat de ontwerpopdracht per onderdeel inhoudt en het toont de verbindingen tussen alle onderdelen onder elkaar.



Afb.37: Functies per onderdeel van het systeem

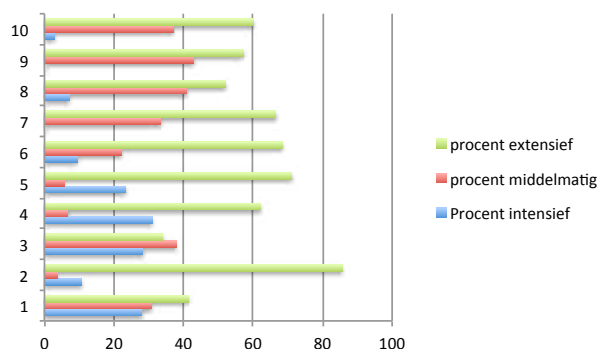
7.2 Toegepast onderzoek 1: Daken en tuinen

Ik heb een overzicht gemaakt van de verschillende situaties waarin mijn product kan terecht komen. Daaruit kan ik opmaken wat mijn product moet kunnen en in hoeverre het zich kan aanpassen aan de verschillende omstandigheden. Hiermee kan ik vervolgens ook bepalen wat mijn product niet moet kunnen zodat ik het product verder kan specificeren.

7.2.1 Substraatdikte

De tuinarchitecten zijn de gebruikers van het product. Zij moeten het kunnen invullen zoals zij en de klant het willen. Het product voorziet een bepaalde draagkracht waarin verschillende soorten tuinen aangelegd kunnen worden. Om deze draagkracht optimaal te benutten heb ik ervoor gekozen een substraatlaag met variabele dikte te gebruiken. Dit wil zeggen dat de zijkant van het systeem meer aarde draagt dan het midden. Met deze dikkere substraatlaag is het mogelijk om bomen en struiken te planten en op de dünnere laag in het midden kan gemakkelijk een gazon aangelegd worden.

Door een onderzoek naar verschillende tuinen kon ik achterhalen hoeveel procent van de tuin extensief, semi-intensief of intensief begroeid is. Dit heb ik gedaan door op ontwerpen van verschillende tuinen de plantensoorten aan te duiden: een boom is intensief, een grasveld extensief, enzovoort. Daarna heb ik per soort de oppervlakte gemeten waardoor ik procentueel kon bepalen hoeveel elke soort aanwezig is. Op afbeelding 37 ziet u de verdeling van de begroeiing van 10 tuinen.



Afb.38: Verdeling van intensieve, semi-intensieve en extensieve begroeiing

Het is duidelijk dat de extensieve begroeiing het meest aanwezig is: gemiddeld is 14 % van de begroeiing intensief, 26 % is semi-intensief en 60 % is extensief. Hieruit kan ik besluiten dat met de variabele substraatdikte nog steeds de meeste tuinen mogelijk zijn.

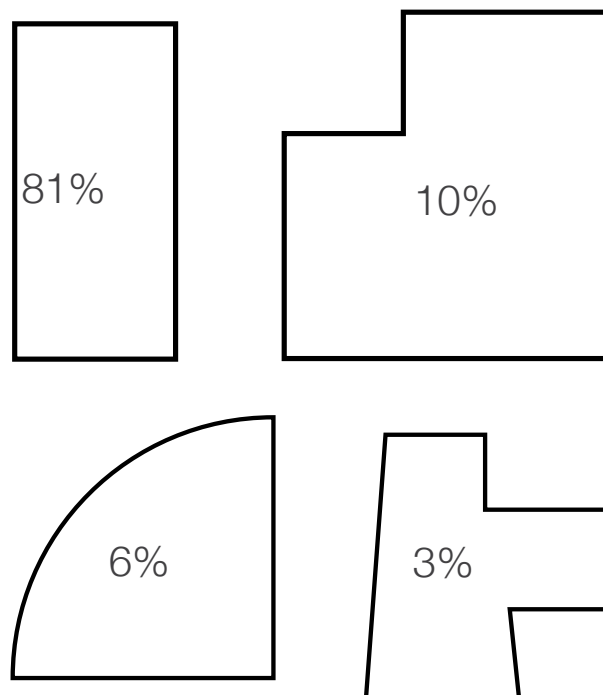
Om de draagkracht van mijn systeem optimaal te benutten moet de tuinarchitect een keuze kunnen maken in de dikte van het substraat. Om op het dak een

boom of struik te planten is een dikkere substraatlaag nodig, maar om veel mensen op de tuin te laten staan is er veel draagkracht nodig.

7.2.2 Daksituaties

Dakvormen

Daken hebben veel verschillende vormen. We kunnen ze opdelen in vier grote groepen: rechthoekige daken, L-vormige daken, daken met ronde kanten en amorf daken. Deze verdeling is gebaseerd op een studie van 56 daken (zie afbeelding 39).

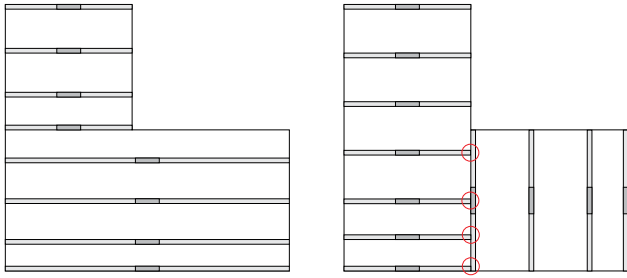


Afb.39: Verdeling van de verschillende dakvormen.

Bij amorf en ronde daken moet mijn systeem tot op de centimeter in alle richtingen aanpasbaar zijn. Hierdoor is het moeilijk om gebruik te maken van verschillende modules om het volledige dak te gebruiken. Bij rechthoekige en L-vormige daken moet het systeem enkel in twee richtingen aanpasbaar zijn. Ik ontwerp mijn systeem voor rechthoekige en de L-vormige daken. Dit is 91 % van alle bestaande daken, wat voor een voldoende groot marktaandeel zorgt.

L-vormige daken brengen extra problemen met zich mee. Er zijn twee mogelijkheden om deze daken volledig te voorzien van mijn systeem: zie afbeelding 40.





Afb.40: Oplossing voor L-vormige daken

In het eerste geval hebben de overspanningsbalken een verschillende lengte. Dit is niet mogelijk voor daken die aan beide kanten 7 meter zijn. Er kunnen ook geen tussenbalken geplaatst worden bij overspanningen van verschillende lengte omdat de vakwerken onder een hoek staan en dus een verschillende hoogte hebben op verschillende plaatsen. Hierdoor zouden er tussenbalken scheef staan waardoor het systeem niet meer werkt.

In het tweede geval moet het mogelijk zijn om een hoekstuk te bevestigen aan de overspanningsbalken. In dit geval moet de dragende balk ook extra berekend worden, omdat deze dan veel meer belast wordt.

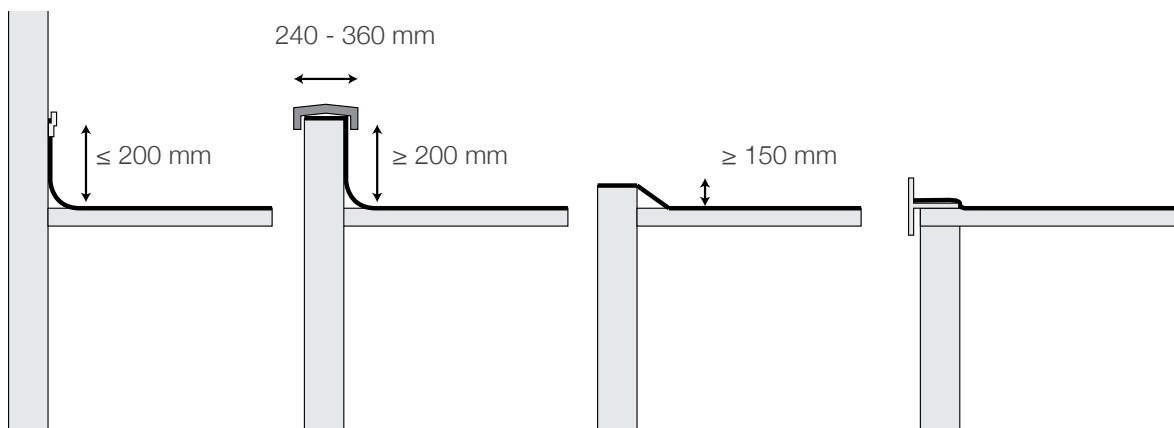
Het laatste probleem bij deze soort daken is dat het zand kan wegvloeien onder de overspanningen door. Dit komt omdat de vakwerken schuin onder een hoek van 5° staan. Hierdoor staat ook het drainageveld schuin, waardoor de substraatlaag aan de zijanten dikker is dan in het midden. Daarom moeten er twee rechthoekige bakken worden gemaakt die aan elkaar verbonden worden.

Hieruit kan ik opmaken dat het systeem in de muur geboord moet kunnen worden boven een hoogte van 200 mm. Er moet dus een systeem ontworpen worden om de hoekstukken aan een opstand van meer dan 200 mm te bevestigen. Omdat elke opstand een andere hoogte heeft, moet het systeem aanpasbaar zijn tot op de millimeter. Er moet een systeem zijn om een hoekstuk stabiel op een dakrand te zetten. Dit wil zeggen dat er een systeem is dat tussen de 0 en de 200 mm het hoekstuk kan ondersteunen. Tot slot moeten de hoekstukken bevestigd kunnen worden aan een plaat om het gewicht van de overspanningsbalken te verdelen zodat de isolatie niet ingedrukt wordt.

(Berkela, 2013. WTCB, 2013.)

Dakranden

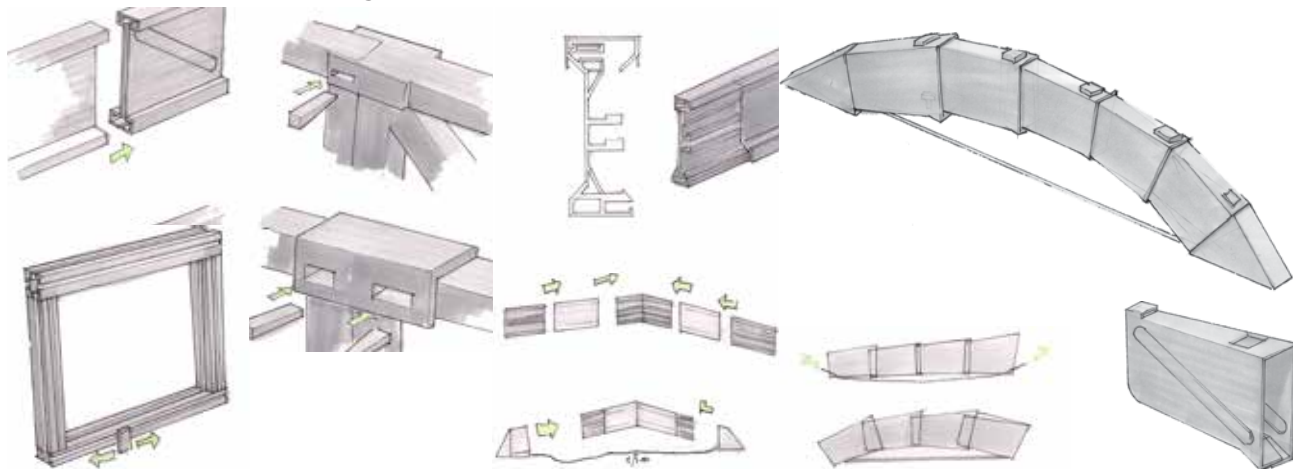
De plaatsing van het systeem op het dak is ook een veelende opgave. Omdat elk dak anders is, zijn ook alle randen, opstanden en muren van de daken verschillend. Het systeem moet dus op verschillende manieren bevestigd kunnen worden om het gewicht te kunnen afdragen op de muren. De zijanten van het dak zijn in vier grote groepen te verdelen: een muur, een opstand met deksteen, een dakrand of een platte dakrand. Binnen deze groepen variëren de maten heel erg.



Afb.41: Vier soorten dakranden

7.3 Overspanningssysteem

Het overspanningssysteem is het belangrijkste onderdeel van mijn structuur. Het brengt alle onderdelen samen en zorgt voor de draagkracht van het systeem. In de zoektocht naar een goede manier om de



Afb.42: Onderzoek naar modulaire overspanningssystemen

7.3.1 Afweging tussen balken en modules

Tijdens het verder ontwikkelen van het overspanningssysteem zijn er veel verschillende soorten modules en manieren van bevestigen van de modules gepasseerd, maar geen enkel systeem bleek goed genoeg te zijn. Het kwam erop neer dat de modules telkens veel extra onderdelen of materiaal nodig hadden om stevig genoeg te zijn. De verbindingen van de modules zorgden telkens voor puntbelastingen waardoor ze extra stevig moesten zijn om alle krachten aan te kunnen. Het voordeel van de modules is dat de tuinarchitect zijn bestelling kan plaatsen en meteen aan de slag kan.

Het alternatief dat uit de bus is gekomen zijn volledig geëxtrudeerde balken. Deze vormen een stevig geheel waardoor met een minimum aan materiaal een maximale stevigheid verkregen wordt. De extrusie kan gemakkelijk sleuven voorzien om allerlei onderdelen aan vast te enten. Deze onderdelen kunnen heel gemakkelijk op verschillende afstanden geplaatst worden om alle variaties van een dak op te vangen. Het nadeel is echter dat de lengte van de balk voor bijna elk dak anders moet zijn. De tuinarchitect moet het dak eerst opmeten, dan de juiste afmetingen naar de fabrikant sturen, waarna hij de balken op de juiste afgezaagde lengte geleverd krijgt. Deze extra wisselwerking tussen fabrikant en architect wordt met modules vermeden.

Tot slot moest er een keuze gemaakt worden en heb ik geëxtrudeerde balken verkozen omdat ze voor dezelfde stevigheid goedkoper gemaakt kunnen worden. De twee balken zijn even lang en kunnen door middel van een tophoekstuk aan elkaar bevestigd worden. De balken staan onder een hoek van 5° en worden onderaan verbonden met een kabel. Om te voorkomen dat elke balk tot op de millimeter juist gezaagd moet

ruggengraat van mijn product te maken heb ik gezocht naar manieren om modules aan elkaar te bevestigen zodat ze een geheel worden en naar manieren om van de modules door opspannen van de kabel onderaan één totaal geheel te maken.

worden kan het systeem een variatie van 10 cm per balk opvangen. Dit wil zeggen dat er standaardmaten voor de balken zijn met telkens 10 cm verschil.

7.3.2 Bepaling van de dikte van de balken

Omdat het product zich onder de grond bevindt, zijn er weinig esthetische aspecten aanwezig. De meeste beslissingen die genomen moeten worden, zijn puur economisch en technisch. Het product moet zijn functies op een zo goedkoop mogelijke manier vervullen. Dit wil niet zeggen dat het product moet inbinden op duurzaamheid. De prijs van het product wordt bepaald door drie dingen: de hoeveelheid materiaal die gebruikt wordt, de productietechnieken en de tijd die nodig is om het product op het dak te leggen.

Deze drie aspecten komen duidelijk naar voren bij bepaalde beslissingen van mijn overspanningen. De afstand tussen de overspanningen wordt bepaald door twee elementen. Wanneer de balken op één meter van elkaar staan, heb ik dunne balken maar heeft de dakwerker veel installatiewerk. Wanneer ik ze echter op drie meter van elkaar plaats, zijn het heel dikke balken van ongeveer 60 kg die moeilijk te behandelen zijn door de dakwerker. De ideale afstand tussen twee balken is een balk die door één dakwerker kan gedragen worden. Volgens de ergonomische normen mag een man maximaal 25 kg dragen, dit zal dan ook het streefdoel zijn.

(Motmans, R., 2013.)

Afweging tussen verschillende soorten balken of dichter bij elkaar zetten van de balken

Een balk moet stevig genoeg zijn om bij een maximale overspanning van 6 meter het gewicht



van de tuin te kunnen dragen. Dit wil zeggen dat de balk bij alle overspanningen van minder dan 6 meter overgekwalificeerd is en dat er te veel materiaal gebruikt wordt. Er zijn twee oplossingen voor dit probleem.

Er kan een balk ontworpen worden die de ideale draagkracht heeft bij een overspanning van 4 meter met een onderlinge afstand van 2 meter. Als er dan een overspanning van 6 meter nodig is, zetten we de overspanningen dicht bij elkaar, zodat er minder gewicht wordt gedragen per overspanning. Dit wil zeggen dat de afstand tussen de overspanningen bij elk dak varieert. Het voordeel hiervan is dat er maar één soort balk gemaakt wordt en dat er dus ook maar één extrusiematrijs aangekocht wordt. Een nadeel is dat er een grotere faalkans is bij de installateurs van het systeem: als ze de balken te ver uit elkaar plaatsen kan het hele systeem instorten.

De andere oplossing is om verschillende soorten balken te extruderen. Zo blijft de afstand tussen elke overspanning steeds gelijk en is er minder kans op falen door de installateur. Er moeten dan wel meerdere extrusiematrijzen aangekocht worden. Het is ook zo dat het voor de leverancier en de plaatser logistiek gezien een moeilijker opgave is. Er mag ook niet vergeten worden dat de sleufgrootte op de verschillende balken wel hetzelfde moet zijn, zodat alle andere onderdelen op alle balken passen.

De optie om verschillende soorten balken te maken is beter omdat de verantwoordelijkheid van het product dan binnenshuis wordt gehouden vandaar dat ik hiervoor gekozen heb. De vraag die nu nog rest is hoeveel verschillende soorten balken aan te raden is. Om dit te weten te komen heb ik een onderzoek gedaan naar verschillende daken en de afstand tussen de draagmuren. Ik heb de afmetingen van 31 daken in kaart gebracht. In tabel 19 ziet u de verschillende groepen van afstanden. Ik heb telkens de grootste mogelijke overspanning gebruikt, zodat altijd het kleinste aantal balken nodig is. Als de overspanningsafstand meer dan 600 cm was, heb ik voor de korte overspanningsafstand gekozen.

Afstanden in cm	Aantal daken	In procenten
600-550	9	29 %
550-500	3	10 %
500-450	1	3 %
450-400	4	13 %
400-350	9	29 %
350-300	4	13 %
300-250		
250-200	1	3 %
200-150		
150-100		
Totaal	31	100 %

Tabel 19: Tabel met de overspannings afstanden en de verdeling ertussen

Uit deze studie blijkt dat het de beste keuze is om een ideale balk voor een overbrugging van 6 meter en van 4 meter te maken. De dikke balk wordt gebruikt voor alle overbruggingen tussen 600 en 400 cm, dit is 42 % van de gevallen; de dunne balk wordt gebruikt voor alle overbruggingen tussen 400 en 200 cm, dit is 68 % van de gevallen. Op deze manier wordt het aantal keren dat er te veel materiaal gebruikt wordt beperkt.

Afweging tussenafstand balken en werkuren dakwerkers

Het gewicht van de balk mag de ergonomische norm van 25 kg per dakwerker niet overschrijden. Wanneer ik in plaats van twee dakwerkers drie dakwerkers het dak laat aanleggen, kan ik een zwaardere balk maken. Dit is enkel te verantwoorden als de werkuren van de drie dakwerkers goedkoper zijn dan de kost van het materiaal voor de extra balken wanneer de overspanningen dicht bij elkaar staan. In dit onderzoek ga ik op zoek naar de meest gunstige verhouding tussen materiaalgebruik en werkuren. Hoe verder de balken uit elkaar staan, hoe minder werkuren om ze te installeren, maar hoe meer materiaal er nodig is per overspanningsbalk. In deze berekening houd ik enkel rekening met de aspecten van de installatie die beïnvloed worden door het verder of dicht zetten van de overspanningen. Dit houdt het opzetten van de overspanningsbalken zelf en het plaatsen van de tussenbalken in. Wanneer de overspanningsbalken tweemaal zo ver uit elkaar staan, moet maar de helft van het aantal tussenbalken geplaatst worden. Eén overspanning opzetten wordt geschat op ongeveer 15 minuten voor twee dakwerkers. Wanneer de balken meer dan 25 kg wegen, is een derde man nodig en zal het 10 minuten duren voor drie dakwerkers. Het kost twee dakwerkers ongeveer 4 minuten om één balk te leggen; per halve meter overspanning moet er een tussenbalk geplaatst worden. Wanneer de dakwerkers met drie zijn, kan de derde ondertussen andere delen



van het systeem aanleggen. Werkuren kosten tussen 45 en 30 euro; voor mijn berekening gebruik ik 40 euro/werkuur. In tabel 21 op de volgende bladzijde zijn drie daken berekend met drie verschillende tussenafstanden voor de overspanningen (1,5 m, 2 m en 3 m). Ik bereken telkens het aantal minuten dat de dakwerkers nodig hebben om het systeem aan te leggen.

(Chnl, 2013.)

Om de afweging met de materiaalkost te maken moet ik berekenen hoeveel extra materiaal de balken nodig hebben als ze verder uit elkaar staan. Het is heel moeilijk om de hoeveelheid materiaal om te zetten naar de extra

draagkracht die dat zal opleveren, omdat de draagkracht ook door de vorm bepaald wordt. Daarom gebruik ik als maatstaf het extra gewicht dat het dak moet dragen. Wanneer de overspanning 50 kg weegt, kan ze 68 kN dragen en staat ze maximaal 1,55 meter uit elkaar (zie structurele specificatie). Wanneer ze 2 meter uit elkaar staat, kan ze 88 kN dragen en weegt ze 64,70 kg. Als ze 3 meter uit elkaar staat, draagt ze 132 kN en weegt ze 90,44 kg. Dit wil zeggen dat een overspanning van 3 meter zelfs niet door drie mannen te tillen is. De prijs van het gekozen materiaal, aluminium, schommelt tussen 2 en 4 euro. In deze berekening gebruik ik 3 €/kg.

Grootte van het dak	7x4			5x5			6x3		
Afstand overspanningen	1,5m	2m	3m	1,5m	2m	3m	1,5m	2m	3m
Aantal overspanningen	7	6	5	6	5	4	3	3	2
Minuten plaatsing overspanningen (a)	210	180	150	180	150	120	90	90	60
Minuten plaatsing tussenbalken (b)	384	320	256	400	320	240	192	192	96
Totale plaatsingstijd (a+b=c)	594	500	406	580	470	360	282	282	156
In uren (d)	9,9	8,3	6,7	9,7	7,8	6	4,7	4,7	2,6
Kost werkuren (d x 40=e)	€ 396	€ 333	€ 271	€ 387	€ 313	€ 240	€ 188	€ 188	€ 104
Kg per overspanning	50	64	90	50	65	90	50	65	90
Aantal kg per balk (f)	350 kg	388 kg	452 kg	300 kg	323 kg	362 kg	150 kg	194 kg	181 kg
Materiaalkost (f x € 3=g)	€ 1050	€ 1165	€ 1356	€ 900	€ 971	€ 1085	€ 450	€ 582	€ 543
Totale kost (e + g)	€ 1446	€ 1498	€ 1627	€ 1286	€ 1284	€ 1325	€ 638	€ 770	€ 647

Tabel 20: Berekening materiaalkost vs. werkuren

Het verschil in prijs schommelt tussen 30 en 140 euro. De balken laten plaatsen door twee mannen blijkt telkens de goedkoopste oplossing te zijn. Het is dus beter om lichtere balken te maken, zodat er een man minder op het dak nodig is. Zo is het mogelijk om zowel met twee als met meer mensen het dak aan te leggen. Dit biedt meer mogelijkheden voor de dakwerkers.

2 meter uit elkaar en weegt 11,6 kg. Deze balk wordt gebruikt voor alle overspanningen kleiner dan of gelijk aan 4 meter.

De methode om het gewicht van de balk te berekenen is niet helemaal correct omdat de stevigheid/materiaalcurve niet lineair loopt maar het is wel een goede benadering van de werkelijkheid. Bovendien was het ook een goede manier om snel een afweging te kunnen maken van het aantal balken tegenover het aantal dakwerkers.

Conclusie

Uit dit uitgebreide onderzoek naar de ideale afstand en dikte van de overspanningsbalken blijkt dat het best twee soorten extrusiebalken worden gemaakt met twee tussenafstanden. Hierdoor wordt de installatiekost gedrukt en de materiaalkost ideaal benut. De dikste balk is 25 kg en staat 1,5 meter uit elkaar; hij is gemaakt voor overspanningen tussen 4 en 6 meter. De dunnere balk heeft dezelfde sleufdikte en bevestigingspunten, zodat alle andere onderdelen hetzelfde blijven. Hij staat

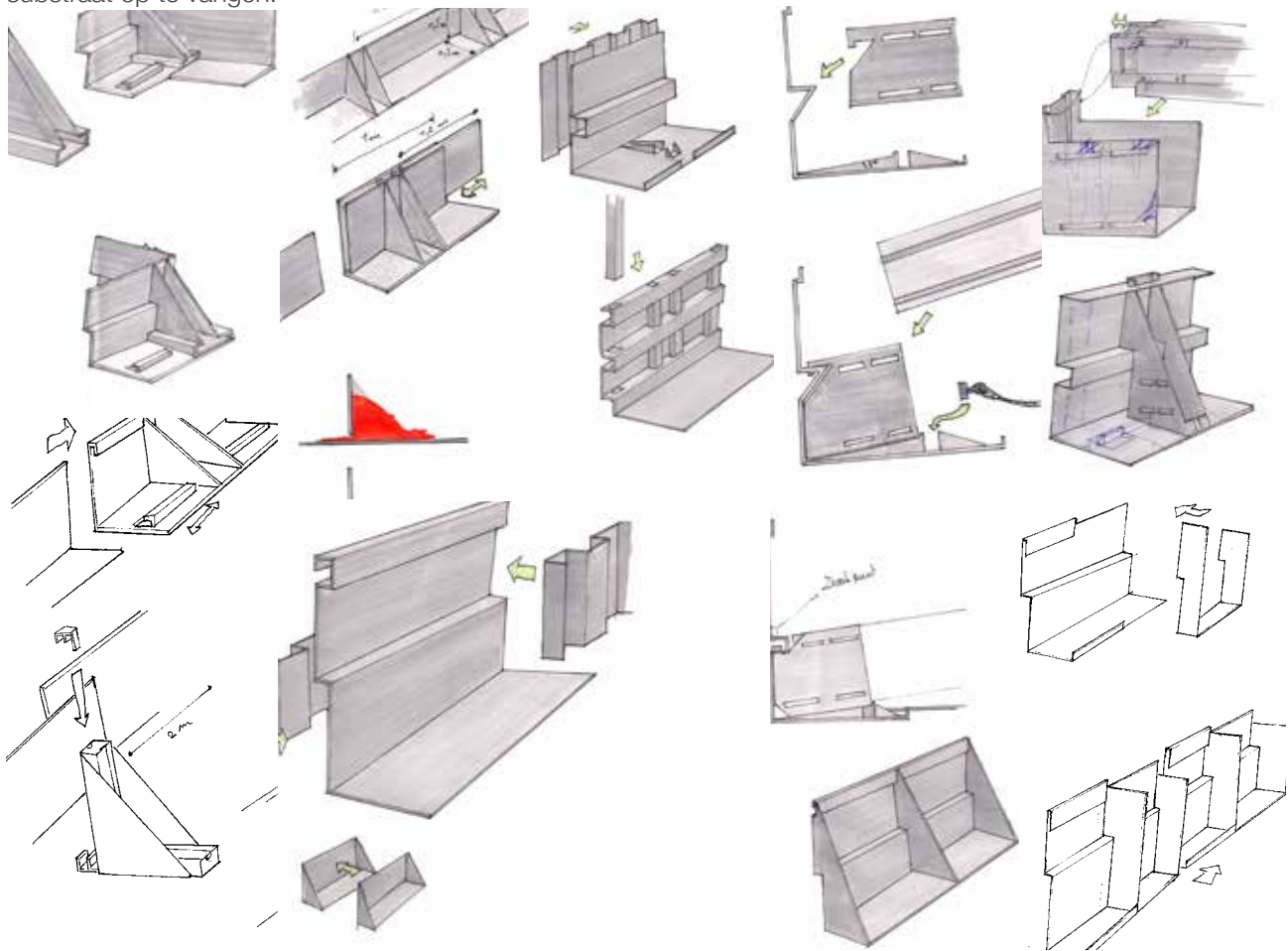


7.4 Hoekstukken en randplaten

Aan de hoekstukken moet een balk vastgeklemd worden, een kabel bevestigd worden en randplaten vastgemaakt worden. Hij moet op het dak of aan de muur of een opstand bevestigd worden. Het was geen gemakkelijke taak om dit onderdeel zodanig uit plooistukken te maken dat het stevig is en al zijn taken kan uitvoeren. Het mag niet te breed zijn, anders is het niet makkelijk te hanteren.

De randplaten moeten over elkaar kunnen schuiven om variabele afstanden te overbruggen. Het moet een ideale lengte hebben, zodat de dakwerker zo weinig mogelijk moet doen, maar nog variabel genoeg om kleine afstanden te overbruggen. Ten slotte moet het ook stevig genoeg zijn om de zijwaartse kracht van het substraat op te vangen.

Om deze stukken te maken kies ik voor plooiplaten; het is een goede en betaalbare techniek om deze onderdelen te maken. Plooiplaten kunnen zeer stevig gemaakt worden. Mijn kennis over de mogelijkheden en het gebruik van plooiplaten is erg verbeterd in de loop van dit traject. Naar het einde toe begreep ik beter hoe de onderdelen verstevigd kunnen worden en wat er allemaal mogelijk is met plooistukken.

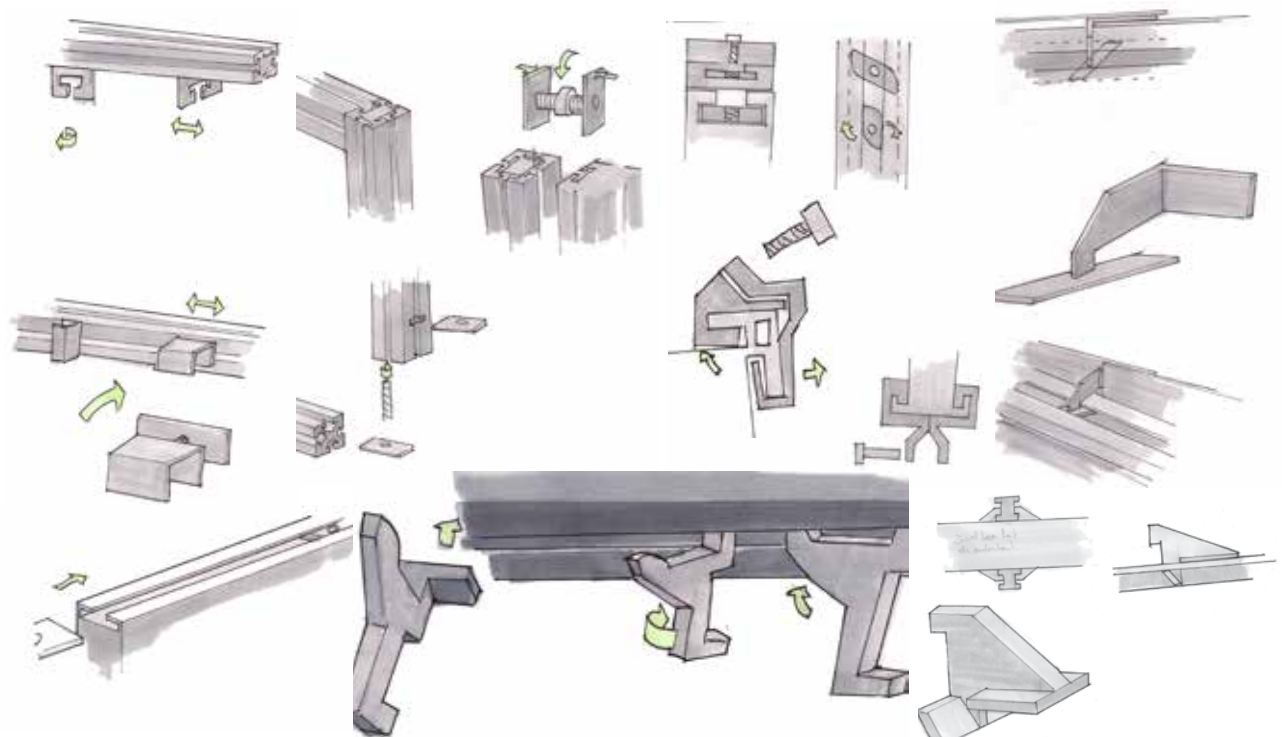


Afb.43: Onderzoek randplaten en hoekstukken

7.5 Verbindingsstukken

De verbindingstukken moeten gemakkelijk de tussenbalken aan de extrusiebalk kunnen bevestigen. Omdat de overspanningen van extrusies gemaakt zijn met sleuven zijn er veel mogelijkheden om op gelijk welke plaats iets vast te enten op de overspanningen. Dit gebeurt met verbindingstukken die ervoor zorgen dat de tussenbalken en de randplaten gemakkelijk bevestigd kunnen worden aan de balken. Ik wilde dat dit een gemakkelijk proces is voor de dakwerker, zodat hij geen onnodige tijd verliest. De verbindingstukken moeten de onderdelen vastgrijpen zonder dat er vijzen moeten worden aangedraaid en zodat de positionering van het onderdeel achteraf gemakkelijk te veranderen is.

De verbindingstukken moeten op elke plaats op de sleuf vastgemaakt kunnen worden zonder dat ze onderaan in de sleuf geschoven worden. De stukken moeten het gewicht dat op de tussenbalken komt doorgeven aan de overspanningen.

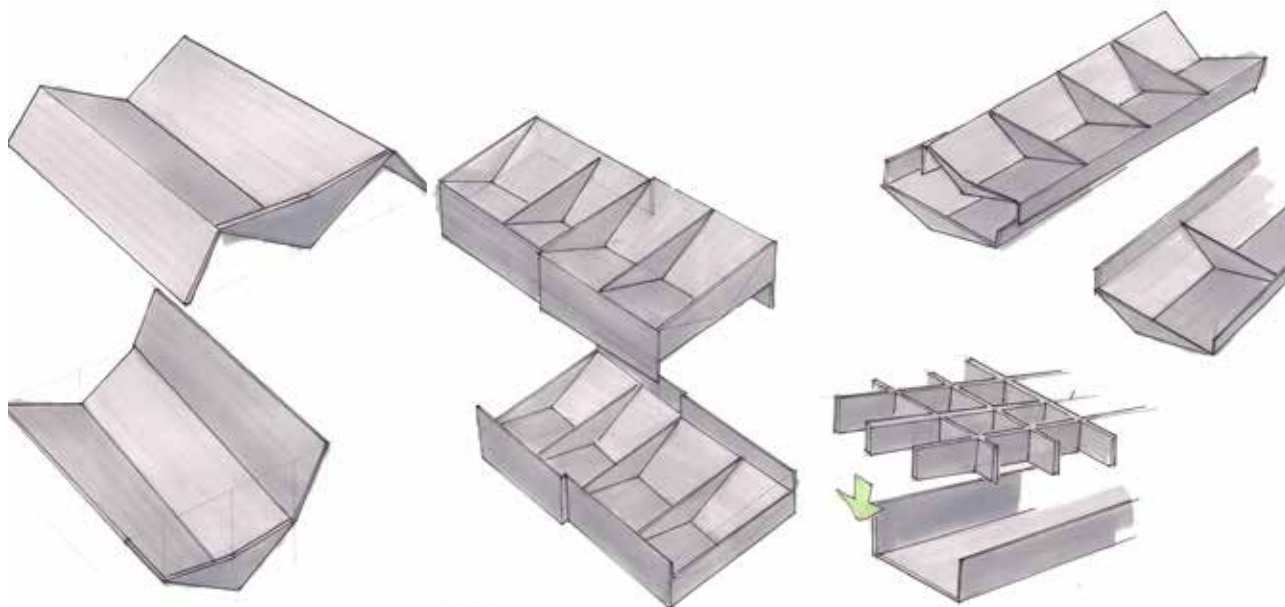


Afb.44: Onderzoek naar verbindingstukken



7.6 Drainagetegels

De drainagetegels hebben drie belangrijke functies. Ten eerste moeten ze water kunnen vasthouden, zodat de planten een reserve hebben voor drogere periodes. Ten tweede moeten ze gemakkelijk overtollig water kunnen afvoeren, zodat de planten niet verdrinken. Tot slot moeten ze over elkaar kunnen schuiven om elke oppervlakte te kunnen bedekken.



Afb.45: Onderzoek naar drainagetegels

De vorm van de drainagetegels is zeer complex omdat ze waterkommetjes moeten bevatten, over elkaar moeten schuiven en gemakkelijk water moeten kunnen afvoeren. Omdat de tegels water moeten vasthouden zijn kunststoffen meer aangewezen om dit onderdeel te maken. Ze zijn namelijk makkelijker waterdicht te maken dan plooistukken.

7.7 Toegepast onderzoek 2: Materiaalkeuze

De materiaalkeuze is in mijn ontwerp zeer belangrijk omdat ze de stevigheid en de draagkracht van het product bepaalt. Het kan dus zijn dat een duurder materiaal beter is omdat het steviger is en minder installatietijd vergt. De materiaalkeuze heeft betrekking op drie zaken: de extrusiebalen, de plaatonderdelen en de kunststofonderdelen.

7.7.1 Extrusiemateriaal

Voor de balken van de overspanning heb ik gekozen voor aluminium omdat het een licht, stevig en gemakkelijk te vervormen materiaal is. Het geeft een klein extra gewicht op de muren en kan zelf veel gewicht dragen. Dat is ook goed bij het aanleggen van het dak, want de dakwerker hoeft niet met grote of zware dingen te sjouwen en te manoeuvreren. Ten tweede is aluminium meer corrosiebestendig dan andere metalen. Dit komt omdat de buitenste oxidehuid van aluminium zeer gesloten is, waardoor het binnenste van het onderdeel goed beschermd wordt.

Er zijn wel enkele voorwaarden verbonden aan de keuze van het soort aluminium. Het moet makkelijk extrudeerbaar zijn, het moet de grootst mogelijke sterkte hebben, het moet makkelijk verkrijgbaar zijn en

ook een hoge corrosieweerstand hebben aangezien het tientallen jaren onder de grond zal liggen.

De keuze in aluminium is eindeloos, elke fabrikant maakt kleine verschillen in zijn legeringen. Om hier orde in te scheppen is er een algemeen systeem dat alle legeringen onderverdeelt in verschillende groepen. Deze groepen zijn gemaakt op basis van de verschillende legeringselementen. Binnen deze groepen verschillen de materialen door de hoeveelheid van het legeringsmateriaal dat gebruikt werd en de nabewerking van het aluminium. Er zijn 9 grote legeringsgroepen; ze worden legeringsserie genoemd. Twee hiervan zijn interessant voor mijn toepassing.

In de 2xxx-serie is aluminium gelegeerd met koper, soms met magnesium als tweede bestanddeel. Deze groep heeft de grootste sterkte en wordt dikwijls gebruikt voor constructies, maar ze is slechts matig corrosiebestendig. Men kan ook een coating aanbrengen om het materiaal meer corrosiebestendig te maken. Deze legering wordt gebruikt voor de ophanging en wielen van vrachtwagens en voor vliegtuigwielen. Volgens Frank Loobek van MIFA is deze legering zeer sterk en daarom moeilijk te vervormen. In deze legering kan alleen de tolerantieklasse EN755-9 worden gehaald (vanaf $\pm 0,4$ mm). Er kunnen geen holle profielen worden geperst omdat de kernen uitbreken.

De 6xxx-serie is een legering van aluminium met silicium en magnesium. Ze heeft een uitstekende corrosieweerstand. Deze serie wordt vaak gebruikt bij extrusieprofielen voor ramen, fietsframes, treinwagons en bruggen. Het is ook de meest gebruikte legering voor extrusies.

Frank Loobek zegt dat deze legering een algemene constructielegering is. Hiermee kunnen complexe vormen worden geperst met precisietoleranties (vanaf $\pm 0,02$ mm). En het is tevens de goedkoopste legering. (Broeckx, K., Vennekens, R. and Verstraeten, B., 2003.; Demetaalgids, 2013.)

Hieruit blijkt dat de 6xxx-serie de beste legering is om mijn balken te maken, want de 2xxx-serie is duurder en moeilijker te bewerken. Uit de 6xxx-serie koos ik voor de 6063-T6 legering. Deze legering is stevig en makkelijk te verkrijgen bij extrusiebedrijven. '6063' geeft de legeringssamenstelling aan; 'T6' is een toestand die wordt verkregen na het volledig uitharden van het materiaal. Het cijfer 6 wil zeggen dat het aluminium kunstmatig verouderd wordt, oplosgegloeid en paracipitatiegehard is. Dit zijn nabehandelingen van het materiaal die ervoor zorgen dat het materiaal steviger is. Het heeft een vloeigrens van 276 Mpa.

Een aluminium extrusiematrijs kost tussen € 2200 en € 4000. Deze prijs is afhankelijk van de grootte en de complexiteit van de matrijs. De matrijs voor mijn balk zal ongeveer 4000 € kosten omdat hij 200 bij 100 mm groot is. Dit is ongeveer de grootste mogelijke matrijs voor aluminiumextrusie. Het materiaal zelf kost op dit moment 3 €/kg. (Aluminium Centrum, 2011.)

7.7.2 Plaatmateriaal

Er zijn veel soorten staal om uit te kiezen, met veel verschillende eigenschappen. Het staal dat ik gebruik moet stevig zijn om alle krachten op te vangen, maar mag niet zoveel mechanische stoten opvangen omdat het onder de grond ligt. Ten tweede moet de staalsoort gemakkelijk te verkrijgen zijn in plaatvorm. Daarom heb ik gekozen voor S355MC: deze staalsoort is de sterkste van de veel gebruikte constructiestaalsoorten. De S staat voor constructiestaal, 355 is de vloeigrens, M staat voor thermogewalst staal en C voor de aanwezigheid van koolstof in het materiaal.

Dit materiaal zal een goede nabewerking nodig hebben om bestand te zijn tegen de verschillende verwerkingen die het onder de grond en op een dak tegenkomt. Het moet het materiaal beschermen voor 30 jaar tegen regen, wind en aantasting door planten en substraat. De keuze is galvaniseren of coaten. Ik kies voor galvaniseren omdat dit de beste bescherming geeft. Het is wel de duurste van de nabewerkingstechnieken, maar ze kan verantwoord worden door de uitvoering in grote hoeveelheden.

7.7.3 Kunststof

De drainagetegels worden uit een kunststof gemaakt vanwege hun complexe vorm. Drie productietechnieken komen hiervoor in aanmerking: spuitgieten met pvc, aluminium spuitgieten of bulk moulding compound (BMC). Dit laatste is een composietmateriaal dat door een matrijs wordt vervormd. De keuze tussen deze drie technieken wordt gemaakt op basis van stevigheid en prijs, alsook het verweer tegen corrosie van de gebruikte materialen.

Pvc is de kunststof die gebruikt wordt in de bouw of voor ondergrondse leidingen. Ze wordt ook gebruikt om metalen hekken te coaten. Het is dus de aangewezen kunststof om in een buitenomgeving te gebruiken. Ze heeft een goede corrosieweerstand en ook een gunstige verhouding stevigheid/prijs. Er bestaat ook een stijve pvc: die is veel steviger dan de gewone pvc omdat hij minder weekmakers bevat. De trekgrens van dit soort pvc kan oplopen tot 50 Mpa.

BMC kan gebruikt worden in een hele variëteit aan materialen. Allereerst moet er een keuze worden gemaakt tussen de matrixmaterialen en het vulmiddel. De verschillende combinaties hebben allemaal andere prijzen en sterkte-eigenschappen. Wanneer het mogelijk is om het onderdeel met aanvaardbare dimensies in pvc te maken, blijkt dit goedkoper, zo niet kunnen het best composieten gebruikt worden.

Bij BMC wordt gebruik gemaakt van een discontinu vulmiddel; het percentage van het aanwezige vulmiddel bepaalt de sterkte van het materiaal.

Tot slot zou ook aluminium spuitgieten gebruikt kunnen worden. Het zorgt voor stevige onderdelen, maar enkel als het binnen een aanvaardbare prijs en gewicht blijft. (Aluminium Centrum, 2002.)

In tabel 22 ziet u de vergelijking van de drie materialen.

	Aluminium spuitgegoten	E-glas-polyester	PVC
Productieprijs	220.000 €	/	70.000 €
Materiaalprijs	3 €/kg	3.02 €/kg	1.3 €/kg
Treksterkte	180-300 Mpa	20-130 Mpa	5 - 50 Mpa
Corrosieweerstand	Beter	Best	Goed
Dichtheid	2700 kg/m ³	1900 kg/m ³	1420 kg/m ³

Tabel 21: Vergelijking van de drie materialen

(Costumpart, 2013., Designerdata, 2013.)

Het komt erop neer dat ik het best het goedkoopste materiaal neem indien dat stevig genoeg is. Als pvc niet stevig genoeg is, is er de keuze tussen aluminium of BMC. Ik ga ervan uit dat de matrijsen voor BMC goedkoper zijn dan aluminium matrijsen. Aangezien het



materiaal duurder is, is deze afweging afhankelijk van de oplage van het product. Via Solidworks simulation kon ik berekenen welke materialen stevig genoeg zijn om de belastingen op de tegel te dragen. Deze simulaties gaven mij eveneens inzicht in de vorm van de tegel, waar hij verstevigd moest worden en welke materialen het best gebruikt kunnen worden. Uit de simulaties blijkt de stijve pvc sterk genoeg te zijn. Dit is dan ook de kunststof waaruit ik de tegels zal maken.

7.7.4 Conclusies

De juiste materialen en productieprocessen kiezen is zeer moeilijk omdat er veel materialen zijn en de verschillende specificaties van de materialen en processen heel erg door elkaar lopen. Vaak blijkt dat de prijs van het materiaal of het productieproces de doorslag zal geven in de keuze. Maar deze is soms moeilijk te verkrijgen omdat hij afhangt van veel verschillende factoren; er bestaat helaas geen standaardprijs. In tabel 22 ziet u de materialen die voor elke onderdeel gekozen zijn.

	Materiaal	Verwerkingstechniek	Nabewerking
Overspanningsbalken	AA 6063-T6	Extrusie	/
Tussenbalken	AA 6063-T6	Extrusie	/
Hoekstukken	S355MC	Plaatbewerking	Galvaniseren
Randplaten	S355MC	Plaatbewerking	Galvaniseren
Tophoek	S355MC	Plaatbewerking	Galvaniseren
Verbindingstukken	S355MC	Plaatbewerking	Galvaniseren
Tegels	Rigid PVC	Spuitgieten	Additieven voor een betere corrosieweerstand

Tabel 22: Onderdelen met hun materiaal keuze

7.8 Toegepast onderzoek 3: Structurele verificatie

7.8.1 Inleiding

De meeste beslissingen in mijn product zoals materiaalkeuze, afstand tussen de draagbalken, bevestigingssystemen en vormgeving van de onderdelen zijn gebaseerd op de nodige sterkte van de onderdelen. Daarom is een structurele verificatie van groot belang bij dit ontwerp. Het zorgt ervoor dat de onderdelen niet over- of ondergedimensioneerd worden. In deze verificatie wil ik twee ideale overspanningen berekenen: een balk voor een overspanning van 6 meter en een balk voor een overspanning van 4 meter, en de kabeldikte die hierbij nodig is. Ik wil eveneens een idee krijgen van de krachten die zijwaarts op mijn randplaten werken. Tot slot onderzoek ik of de andere onderdelen uit mijn ontwerp stevig genoeg zijn om de maximale krachten door te geven.

7.8.2 Belasting van de draagstructuur

Om een goed beeld te krijgen van de belasting op de draagstructuur moeten alle verschillende belastingen die kunnen plaatsvinden op het groendak opgeteld worden. Om er zeker van te zijn dat de balk stevig genoeg gemaakt wordt, maak ik de berekening met de grootste belasting die het systeem kan krijgen. De grootste overspanning is 6 meter, dat is dus de grootst mogelijke belasting die het systeem kan hebben. Hierop komt het gewicht van het zand en het water dat het zand

vasthoudt, de personenbelasting, de belasting van een boom en de sneeuwlast. De wind heeft een negatieve belasting op een dak, dus wordt die niet in rekening genomen. Hieronder bespreek ik de verschillende belastingen en welke groottes ik daarvoor neem in mijn berekeningen.

Gewicht van de substraatlaag

De diepte van de substraatlaag heeft veel gevolgen op het gewicht. 10 cm meer substraat zorgt er al gauw voor dat de balken 300 kg/m meer moeten dragen. Wanneer men van plan is om enkel gras te planten op die plaats is er een groot te veel aan substraat. De diepte van de substraatlaag hangt af van de hoogte van de vensterbanken. Het systeem moet onder de meeste vensterbanken passen. De minimum hoogte van een vensterbank is 0,85 m, dit omdat hij genoeg borstwering moet geven om vallen te voorkomen. (BRIS, 2013)

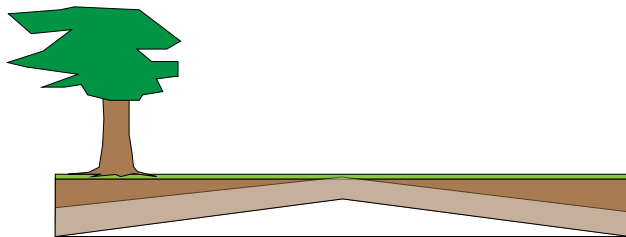
Volgens Bart Haverkamp (tuinarchitect gespecialiseerd in daktuinen) is 20 cm de minimumhoogte om degelijk gras te laten groeien en is 50 cm aan de zijkant genoeg om een mooie tuin te maken. Maar 60 cm is beter, omdat je er meer mogelijkheden mee hebt, en 100 cm is nog beter. Om de installatiekosten en materiaalkosten te drukken houd ik de diepte van de substraatlaag aan de zijkant op 50 cm en in het midden op 25 cm.

In de berekening van de belasting van het zand houd ik rekening met een substraatgewicht van 950 kg/m³ droog gewicht en 1500 kg/m³ nat gewicht. Er



zijn echter wel lichtere vormen van substraat, maar die bevatten minder voedingsstoffen voor planten. Het verzadigd gewicht van 1500 kg/m^3 is een goede maatstaf om te voorkomen dat er aan de tuinarchitect slechts één soort substraat wordt opgelegd door het systeem. Als ik mijn systeem enkel zou laten werken voor een substraatgewicht van 1000 kg/m^3 beperk ik de tuinarchitect in zijn ontwerpmogelijkheden, wat nadelig is voor het verkopen van mijn product.

Mijn product is een ondergrond waarmee de tuinarchitect zijn eigen ding kan doen. Daarom is het belangrijk dat hij ook kan variëren in de dikte van de substraatlaag. Als de klant een dak wil waar hij grote feestjes kan geven, mag hij niet beperkt worden door het gewicht dat op het dak mag. Daarom kunnen de tussenbalken zowel boven als onder de overspanningsbalken bevestigd worden. Dit zorgt voor een vermindering van 20 cm in de dikte van de substraatlaag, waardoor er andere mogelijkheden zijn voor de invulling van het dak.



Afb.46: De substraat dikte en verdeling

Berekening gewicht van het substraat

Ik maak gebruik van twee balken: een voor een overspanning van 6 meter, dit zijn twee balken van 3 meter, in het midden met elkaar verbonden, en een voor een overspanning van 4 meter, tweemaal 2 meter.

Bij een overspanning van 6 meter en een substraatdikte in het midden van 0,25 meter en aan de zijkant van 0,5 meter bedraagt het gewicht:

$$0,25 \times 6 \times 1 = 1,5 \text{ m}^3$$

$$0,25 \times 6 \times 1/2 = 0,75 \text{ m}^3$$

$$2,25 \text{ m}^3 \times 1500 \text{ kg/m}^3 = 3375 \text{ kg}$$

Dit is het gewicht van het substraat per meter dat de overspanningsbalken uit elkaar staan.

Bij een overspanning van 4 meter met aan de zijkant een substraatdikte van 0,5 meter en in het midden 0,33 meter is het gewicht:

$$0,33 \times 4 \times 1 = 1,32 \text{ m}^3$$

$$0,17 \times 4 \times 1/2 = 0,34 \text{ m}^3$$

$$1,66 \text{ m}^3 \times 1500 \text{ kg/m}^3 = 2490 \text{ kg}$$

Bomen

Een tuin is geen tuin zonder bomen. Een boom in de tuin geeft al sneller een natuurgevoel. Volgens het wtcb

(Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf), dat onder andere onderzoek doet naar daktuinen en de bouwwereld inlicht over het maken van daktuinen, is het af te raden om bomen op daktuinen te planten. Hoe groter ze worden, hoe agressiever de wortels zoeken naar voeding en water. Daarom kan je een holle hoek beter voorzien van een afronding, omdat de wortels beginnen te duwen in de hoek en zo de muur kapotmaken. Met een afronding wordt de wortel begeleid en gaat hij verder langs een andere muur.

Tuinarchitecten plaatsen soms wel bomen op daktuinen. Een daktuin is sowieso eindig omdat de dakbedekking verouderd en de materialen van de daktuin evenzeer. Wanneer iemand een boom op een dak plaatst, moet hij ervan op de hoogte zijn dat die er ooit weer af moet. Eventueel kan je de boom regelmatig snoeien om hem klein te houden.

Een boom heeft niet per se een diepe substraatlaag nodig. De boom kan zijn wortels ook uitbreiden in de breedte. Dit wil wel zeggen dat de boom klein geplant moet worden en op het dak moet groeien. Wanneer de wortels overal worden tegengehouden, zal de boom stoppen met groeien. De grootte van de boom is dus afhankelijk van de diepte van de substraatlaag.

Hoe groter een boom wordt, hoe zwaarder, maar het precieze gewicht is moeilijk te berekenen. De stam van de boom geeft geen puntlast op het dak, hij geeft zijn gewicht door aan de wortels. Hierdoor geeft het wortelnetwerk op grotere oppervlakte telkens een beetje extra gewicht.

Het gewicht van een boom van 6 meter kan gemakkelijk oplopen tot 300 kg. Zo'n boom is een beetje te groot om op een dak te plaatsen, maar in de berekening houd ik daarmee rekening. De boom van 300 kg verdeelt zijn gewicht over 8 m^2 . Dit betekent ongeveer een extra gewicht van 150 kg per balk of een gewicht van 25 kg/m^2 dat ik in rekening neem.

(Directplants, 2012.; Philippona, J., 2013.)

Personenbelasting

De gebruikslast wordt in de architectuur meestal berekend op 200 kg/m^2 . Hier zitten de meubels bij, of men gaat ervan uit dat er per vierkante meter twee dikke personen kunnen staan. Voor mijn ontwerp houd ik rekening met een personenlast van 100 kg/m^2 , dit wil zeggen dat het aantal personen in de tuin beperkt wordt tot één per m^2 . Als het substraat dunner aangelegd wordt, houd ik rekening met een gebruikslast van 250 kg/m^2 . Met deze gebruikslast kan de eigenaar feestjes en recepties houden.

(Bureau voor normalisatie, 2005.)

Sneeuwlast

De sneeuwlast kan in Vlaanderen oplopen tot 40 kg/m^2 . Dit getal gebruik ik dan ook in mijn berekeningen.

(Bureau voor normalisatie, 2008.)



Windlast

De windlast op het dak van een gebouw bestaat altijd uit trekkrachten. Deze neem ik dus niet op in mijn berekeningen.

(2000., Bureau voor normalisatie, 2012.)

Conclusie

De totale belasting per vierkante meter is variabel omdat de substraatlaag schuin loopt. Daarom maak ik twee berekeningen, één per overspanning. Om de gewichten van kilogram naar newton om te zetten gebruik ik een valversnelling van 10 m/s^2 . Dit zorgt voor makkelijk rekenen en een kleine extra veiligheidsfactor. Als ik al deze gewichten optel, ziet de krachtenverdeling van mijn balk er als volgt uit.

Een overspanning van 6 meter waarbij de balken 1 meter uit elkaar staan, wordt belast met:

$$\begin{aligned}0,25 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 1 \text{ m} &= 1,5 \text{ m}^3 \\0,25 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 1 \text{ m} / 2 &= 0,75 \text{ m}^3 \\1,5 \text{ m}^3 + 0,75 \text{ m}^3 &= 2,25 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Substraatbelasting:

$$2,25 \text{ m}^3 \times 1500 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m/s}^2 = 33750 \text{ N}$$

Personenbelasting:

$$100 \text{ kg} \times 1 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 10 \text{ m/s}^2 = 6000 \text{ N}$$

Sneeuwbelasting:

$$40 \text{ kg} \times 1 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 10 \text{ m/s}^2 = 2400 \text{ N}$$

Boombelasting:

$$25 \text{ kg} \times 1 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 10 \text{ m/s}^2 = 1500 \text{ N}$$

Totaal: 43650 N of 44 kN per meter dat de balken uit elkaar staan.

Ik heb een balk van 3 meter ontworpen die 25 kg weegt. Deze balk kan 34 kN dragen (zie 7.7.5.) Dit wil zeggen dat de totale overspanning van 6 meter 68 kN kan dragen. Om de ideale afstand tussen de overspanningen te kennen moeten we het draagvermogen van de balk delen door de belasting per meter uit elkaar.

$$68 \text{ kN} / 44 \text{ kN per meter} = 1,5454 \text{ m}$$

Mijn overspanningen van 6 m kunnen dus het best 1,50 meter uit elkaar staan.

Hieruit kan ik het nodige draagvermogen voor de overspanning van 4 meter berekenen.

Substraatbelasting:

$$1,66 \text{ m}^3 \times 1500 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m/s}^2 = 24900 \text{ N}$$

Personenbelasting:

$$100 \text{ kg} \times 1 \times 4 \times 10 \text{ m/s}^2 = 4000 \text{ N}$$

Sneeuwbelasting:

$$40 \text{ kg} \times 1 \times 4 \times 10 \text{ m/s}^2 = 1600 \text{ N}$$

Boombelasting:

$$25 \text{ kg} \times 1 \times 4 \times 10 \text{ m/s}^2 = 1000 \text{ N}$$

Totaal: 31500 N per meter dat de overspanningen uit elkaar staan.

Aangezien bij mijn overspanning van 4 meter de balken 2 meter uit elkaar staan om installatiekosten te besparen moet ze een gewicht kunnen dragen van:

$$31500 \text{ N/m} \times 2 \text{ m} = 63000 \text{ N} = 63 \text{ kN}$$

Met deze waarden kan ik alle volgende berekeningen maken.

7.8.3 Waarden in de simulaties

In de volgende simulaties bereken ik de belangrijke onderdelen van mijn product op de belasting die ze ondergaan tijdens het gebruik. Hierbij beoordeel ik telkens de Von Mises-spanning en de maximale verplaatsing in het product. De Von Mises-spanning is een getal dat de trek- en afschuifspanning in de X-, Y- en Z-richting in rekening neemt. Ze wordt uitgedrukt in N/m^2 of Mpa en is daarom ook gemakkelijk te vergelijken met de trekspanning of vloeigrens van een materiaal.

De yield strength is de maximale spanning waarbij het materiaal onvervormd blijft. Wanneer de spanning in het materiaal groter wordt, zal het blijvend plastisch vervormen. Bij deze berekeningen gebruik ik voor de Von Mises-spanning een veiligheidsfactor van 1,5. Dit wil zeggen dat de maximale Von Mises-spanning in het materiaal 1,5 keer kleiner moet zijn dan de yield strength van het materiaal. Hieronder ziet u de verschillende yield strengths van de materialen die ik gebruik in mijn product:

Aluminium: 6063-T6 = 215 Mpa

Constructiestaal: S335MC = 351,5 Mpa

Rigid pvc: 50 Mpa

Voor de maximale verplaatsing in het product hanteer ik een veiligheid van de lengte in millimeters gedeeld door 200 voor staal en aluminium en bij pvc gebruik ik de lengte in millimeters gedeeld door 100.



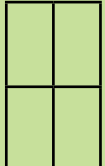

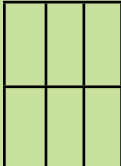
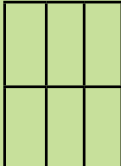
(Femtec, 2014.)

Ook de manier waarop de onderdelen vastgemaakt worden, is van belang in de berekeningen. Ik maak voornamelijk gebruik van roloplegging of inklemming. Bij roloplegging zijn twee vlakken aan elkaar vastgemaakt, maar ze kunnen nog wel over elkaar in twee richtingen verschuiven. Bij inklemming wordt de balk volledig vastgehouden in alle richtingen. Wanneer een balk bijvoorbeeld op een rand ligt, gaat het om een roloplegging (als de wrijving verwaarloosbaar is); wanneer de balk met één kant volledig in de muur zit, gaat het om een inklemming.

7.8.4 Onderzoekende berekeningen van de balk

Om erachter te komen welke vormen van extrusie stevig zijn en welke niet, heb ik met Solidworks simulations enkele onderzoekende tests gedaan. Ik test telkens één extrusie die een overbrugging van 5,5 meter maakt. De hoogte en breedte van mijn balk liggen ook vast: 250 mm bij 100 mm. Enkel het aantal tussenribben varieert. De kabel en de hoekstukken laat ik achterwege in deze berekening. De kabel wordt gesimuleerd door de balk

aan beide kanten in te klemmen. De tests hebben als doel inzicht te krijgen in de stevigheid van de extrusie en wat kleine aanpassingen aan het ontwerp teweegbrengen. In deze berekeningen ga ik uit van een gewicht van 100 kN en maak ik gebruik van aluminium 2024. Dat materiaal is zeer sterk (yield strength 315 Mpa).

Vorm						
Dikte van het materiaal	3mm	3mm	3mm	3mm	3mm	4mm
Displacements / Verplaatsingen	15,41mm	39,3mm	37,5mm	31,36mm	31,32mm	23,87mm
Von Mises	378 Mpa	764 Mpa	444 Mpa	624 Mpa	598 Mpa	409 Mpa
Force/ Kracht	55 kN	100 kN	100 kN	100 kN	100 kN	100 kN
Yield strength	317 Mpa	317 Mpa	317 Mpa	317 Mpa	317 Mpa	317 Mpa

Tabel 23: Uitkomst van Solidworks simulatie

Conclusies

Uit dit onderzoek blijkt dat de hoogte meer sterkte geeft. Hoe meer verticale ribben ik toevoeg, hoe sterker de balk. De dwarsribben doen niet zoveel aan de stevigheid, maar ze zorgen ervoor dat de verticale ribben niet naar buiten knikken. Hierdoor wordt de Von Mises-spanning ook minder groot. De grootste spanningen treden op aan de onderkant van de balk bij het inklempingspunt. Dit wil zeggen dat de balk over een voldoende horizontale afstand ingeklemd moet worden om een hoge Von Mises-spanning te vermijden. Na vele testen wordt duidelijk hoe mijn extrusiebalk eruit zal moeten zien, en waar de grootste belastingen van mijn balk plaatsvinden.

Reflectie

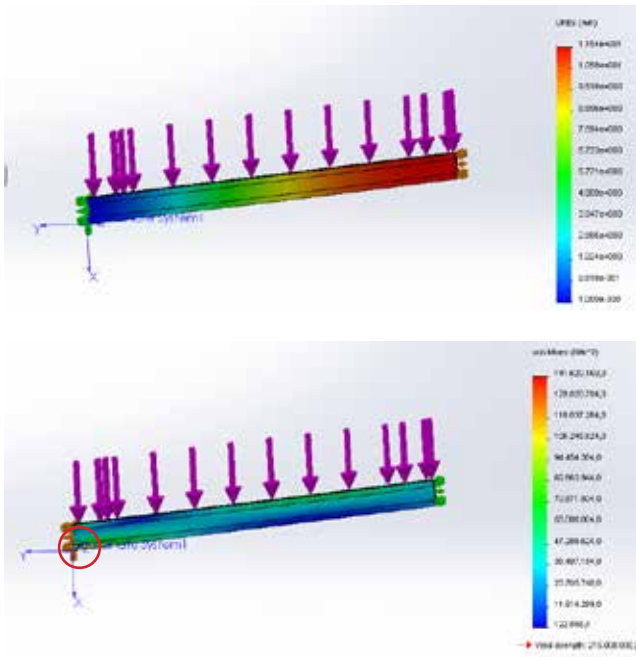
In deze fase van de berekeningen had ik nog geen goed beeld van welk gewicht de balk zou dragen. Ook de keuze van aluminium was niet helemaal juist: deze aluminiumsoort is een zeer hoogwaardige soort die 1/3 steviger is dan de gangbare soort voor extrusieprofielen. Maar voor het onderzoek naar de vorm maakt dit niet zoveel uit.

mogelijk na te bootsen. Hij is onderaan ingeklemd en bovenaan als een rolplegging ingesteld. De balk is gemaakt van aluminium 6063-T6. Hierop heb ik een kracht laten inwerken en onderzocht wat er gebeurt. Ik heb bij deze berekeningen rekening gehouden met een veiligheidsfactor van 1,5 voor de Von Mises-spanning, dit komt neer op $215 \text{ Mpa} / 1,5 = 143,3 \text{ Mpa}$ als maximale spanning. Voor de displacements heb ik rekening gehouden met de totale lengte gedeeld door 200 als minimale doorbuiging, in dit geval is dat $3000/200 = 15 \text{ mm}$. Via trial and error kwam ik op een maximaal draagvermogen van 34 kN voor deze balk. Op afbeelding 46 ziet u de Von Mises-spanning en de displacements.

7.8.5 Berekening van de balk

Om de ideale balk te krijgen heb ik eerst een balk van 3 m getekend met een stevige vorm van exact 25 kg, zodat er bij de aanleg van mijn product nooit de ergonomische norm wordt overschreden. De balk is getekend onder een hoek van vijf graden om de echte situatie zo goed



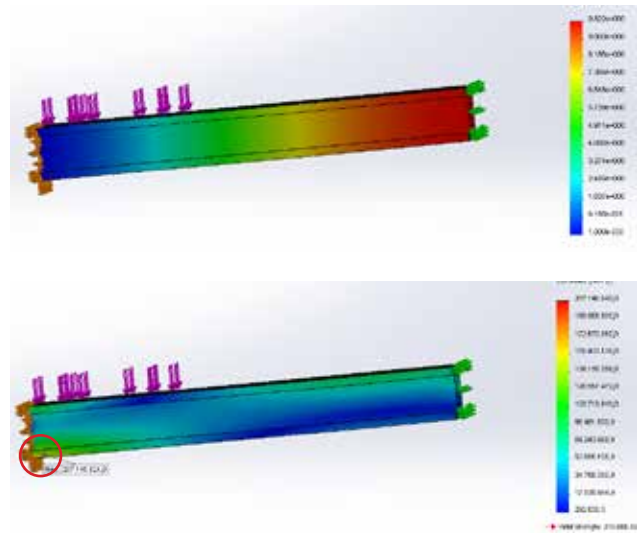


Afb.47: Displacements en Von Mises-spanning bij een belasting van 34kN

De maximale displacement is 11,5 mm en blijft dus binnen de perken. De maximale Von Mises-spanning is 141 Mpa, dus lager dan de maximaal toegelaten waarde.

Omdat de balk links is ingeklemd, ontstaat de grootste Von Mises-spanning links onderaan bij het rode cirkeltje. Deze spanning treedt op omdat de balk wil roteren rond de inklemming en dus onderaan het materiaal samendrukt. Bij mijn overspanning is de balk over een grotere oppervlakte ingeklemd en zal er dus niet zo'n spanningsplaats ontstaan. In het overspanningssysteem zal de balk meer kunnen dragen.

De balk van 2 meter, die dus dunner gemaakt wordt om te veel materiaalgebruik te vermijden, is op de omgekeerde manier verkregen. Er is een vooropgestelde kracht die hij moet kunnen dragen en waarnaar de balk wordt gemaakt. De vooropgestelde kracht is 32 kN, dit is het gewicht dat hij moet dragen als de balken 2 meter uit elkaar staan. In de onderstaande afbeelding ziet u het resultaat van deze simulatie.



Afb.48: Displacements en Von Mises-spanning bij een balk van 2m met 32kN

Deze balk heeft dezelfde vorm als de extrusie voor de balk van 3 meter, maar heeft als wanddikte 2 mm in plaats van 3 mm. De displacements zijn 9,8 mm en mogen $2000/200 = 10$ mm zijn. De Von Mises-spanning loopt op tot 207 Mpa en mag maar 143 Mpa zijn; dit is echter niet zo erg omdat ze zich onder de inklemming bevinden en dus bij de overspanning kleiner zullen zijn.

Conclusies

De balken zijn berekend op een veiligheidsfactor van 1,5 en een minimale doorbuiging van de lengte/200. Door inklemming van de balk ontstaan er spanningsvelden en extra verschuivingen die er niet zijn in het volledige systeem wanneer de balken zijn ingeklemd in de hoekstukken en er onderaan een kabel hangt. Dit wil zeggen dat de overspanningen meer gewicht kunnen dragen dan ik hier berekend heb en dat de balken die ik hier berekend heb zeker voldoen.

7.8.6 Voorbeeld voor de berekening van de kabel

Als voorbeeld heb ik hier twee kabeldiktes berekend. Aangezien de kracht die de overspanning draagt varieert door de lengte van de overspanning is het beter om telkens per dak de ideale kabel te berekenen. De kabel is ook een grote kost; daarom is het beter om verschillende kabels te gebruiken in plaats van twee. Om de dikte van de kabel te berekenen heb ik de kracht die de constructie naar buiten duwt berekend. Ik heb de kracht die langs boven duwt opgedeeld in twee belastingen; een volledig gelijkmatig verdeelde belasting en een driehoeksbelasting. Deze opdeling heb ik gemaakt omdat de substraatlaag aan de zijkanten dikker is dan in het midden, dus is ook het gewicht aan de zijkanten groter dan in het midden. Ik doe de berekening voor twee kabels: voor een overspanning van 6 meter en voor een overspanning van 4 meter.



Kabel voor een overspanning van 6 meter

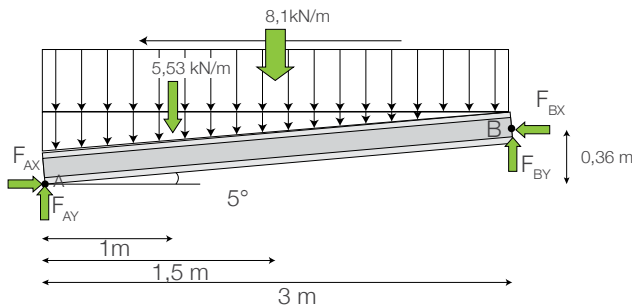
De gelijkmatig verdeelde belasting heeft een kracht van 8,1 kN/m; het aangrijpingspunt ligt op 1,5 meter van de zijkant. Dit is berekend in de veronderstelling dat de balk 1,5 meter van elkaar staan bij een overspanning van 6 meter. De driehoeksbelasting heeft een kracht van 2,82 kN/m en heeft zijn aangrijpingspunt op 1 meter.

In de berekening van de belastingen gebruik ik:
 1500 kg/m³ = de substraatbelasting
 165 kg/m² = belasting door sneeuw 40 kg/m² + personen 100 kg/m² + boom 25 kg/m²
 10 m/s² = de valversnelling

Berekening gelijkmatige belasting:
 [(0,25 m x 1,5 m x 1 m x 1500 kg/m³) + (165kg/m² x 1,5m x 1 m)] x 10 m/s² = 8100 N = 8,1 kN

Berekening driehoeksbelasting:
 (0,25 m x 1,5 m x 1 m x 1500 kg/m³ x 10 m/s²) = 5625 N = 5,53 kN

De balk ligt onder een hoek van 5° en het punt B ligt op 0,36 m van de grond. Op afbeelding 50 ziet u het vrijlichaamsdiagram.



Afb.49: Vrijlichaamsdiagram balk van 3 meter

Met deze berekeningen wil ik de kracht van FAX en FBX te weten komen.

De kracht FAX kan berekend worden uit het draagvermogen van de balk. Dit draagvermogen bedraagt 44 kN/m tussenafstand voor een overspanning van 6 meter per meter. Dit wil zeggen dat elke hoekstuk de helft van deze belasting draagt = 22 kN/m.

Wanneer de overspanningen 1,5 meter uit elkaar staan, is de kracht in punt A:

$$F_{AY} = 22 \text{ kN/m} \times 1,5 \text{ m} = 33 \text{ kN}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$(8,1 \text{ kN/m} \times 3 \text{ m}) + (5,53 \text{ kN/m} \times 1,5 \text{ m}) - F_{BY} - F_{AY} = 0$$

$$F_{BY} = 0,405 \text{ kN}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{AX} - F_{BX} = 0$$

$$\sum M_a = 0$$

$$(5,53 \text{ kN/m} \times 1,5 \text{ m} \times 1 \text{ m}) + (8,1 \text{ kN/m} \times 3 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}) - (F_{BX} \times 0,36 \text{ m}) - (F_{BY} \times 3 \text{ m}) = 0$$

$$F_{BX} = 43,53 / 0,36 = 120 \text{ kN}$$

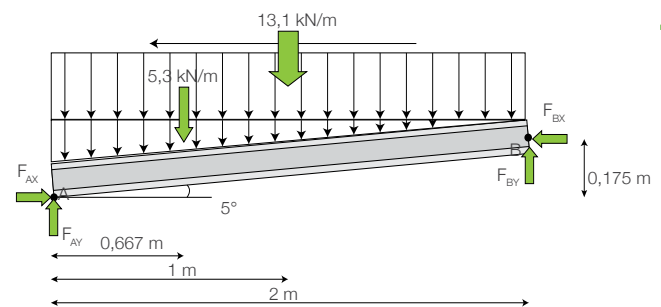
Als we met deze waarde bij producenten van kabels opzoeken hoe dik de kabel moet zijn, vind ik een kabel van 14 mm diameter (6x19W+IWRC). Deze kabel heeft een capaciteit van 1770 N/mm².

Kabel voor een overspanning van 4 meter

Deze berekening gebeurt op dezelfde manier als voor een kabel van 6 meter. De verschillen zijn het gewicht en bepaalde maatvoeringen. Dit komt omdat de overspanningen 2 meter uit elkaar staan.

Berekening gelijkmatig verdeelde belasting:
 [(0,325 m x 2 m x 1 m x 1500 kg/m³) + (165kg/m² x 2 m x 1 m)] x 10 m/s² = 13050 N = 13,1 kN

Berekening niet-uniforme belasting:
 (0,175 m x 2 m x 1 m x 1500 kg/m³ x 10 m/s²) = 5250 N = 5,3 kN



Afb.50: Vrijlichaamsdiagram balk van 2 meter

Het draagvermogen van een overspanning van 4 meter is 33 kN per meter dat ze uit elkaar staan.

Dit wil zeggen dat ze 15,75 kN/m per hoekstuk moeten dragen.

Wanneer de overspanningen 2 meter uit elkaar staan, is de kracht in punt A:

$$F_{AY} = 15,75 \text{ kN/m} \times 2 \text{ m} = 31,5 \text{ kN}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$(13,1 \text{ kN/m} \times 2 \text{ m}) + (5,3 \text{ kN/m} \times 1 \text{ m}) - F_{BY} - F_{AY} = 0$$

$$F_{BY} = 16,2 \text{ kN} + 5,3 \text{ kN} - 31,5 \text{ kN} = 0$$

$$\sum M_a = 0$$

$$(5,3 \text{ kN/m} \times 1 \text{ m} \times 0,667 \text{ m}) + (13,1 \text{ kN/m} \times 2 \text{ m} \times 1 \text{ m}) - (F_{BX} \times 0,175 \text{ m}) - (F_{BY} \times 2 \text{ m}) = 0$$

$$F_{BX} = 29,7351 \text{ kN/m} / 0,175 \text{ m} = 169,9 \text{ kN}$$



Als we met deze waarde bij producenten van kabels op zoek gaan naar een goede kabel komen we op een kabel van 17 mm (6x19W+IWRC).

Conclusies

De berekende kabels zijn vrij dik en kunnen enorme krachten trekken. Dit komt omdat de balken maar onder een kleine hoek hangen. Ik kan de hoek niet groter maken omdat dan de overspanningen boven de substraatlaag uit zouden komen. De kabel voor de overspanningen van 4 meter is dikker omdat deze overspanningen verder uit elkaar staan en dus meer gewicht te dragen hebben. Door deze grote krachten zijn de kabels en de spanschroeven zeer duur. Daarom moet de kracht in de kabel per overspanning berekend worden, zodat de kabel telkens de juiste dikte heeft.

7.8.7 Berekening van de belasting van de randplaten

Met deze berekeningen wil ik een idee krijgen van de sterkte die verwacht wordt van mijn randplaten. Verder kan ik deze berekeningen gebruiken in de simulaties van de onderdelen. De randplaten van de bak worden belast door de kracht die langs boven duwt op de substraatlaag, waardoor deze naar de zijanten wil wegvloeien. Het substraat heeft een bepaalde natuurlijke hellingshoek die aangeeft met welke kracht het substraat naar buiten drukt. Om de zijwaartse druk te berekenen moet je de verticale druk vermenigvuldigen met een getal dat voorkomt uit de natuurlijke hellingshoek van de substantie; voor het substraat is dit 0,5 en voor water is dit 1. Om de belasting te berekenen deel ik ze op in verschillende berekeningen die ik later optel. Eerst is er de belasting van het gewicht van het substraat zelf, dan de belasting van de extra druk van de sneeuw, mensen en de bomen, en als laatste de belasting van het water. Deze waterbelasting komt voor wanneer het substraat volledig verzadigd is. Dan zijn alle holten gevuld met water en ontstaat er dus een extra druk van dit water.

Substraatbelasting

De substraatbelasting loopt op naar beneden toe omdat het eigen gewicht van het substraat groter wordt naarmate de dikte ervan toeneemt. Ik bereken telkens de belasting in het onderste punt om zo de driehoeksbelasting te kunnen bepalen.

$$0,5 \text{ m} \times 1500 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m/s}^2 = 7500 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Interne wrijvingshoek} = 0,5$$

$$7500 \times 0,5 = 3750 \text{ N/m}$$

Extra belastingen

De extra belastingen zijn die van sneeuw, boom en personen, Ze worden niet groter naar beneden toe en geven daarom een gelijkmatig verdeelde belasting op de randplaten.

$$(100 \text{ kg/m}^2 + 25 \text{ kg/m}^2 + 40 \text{ kg/m}^2) \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,5 =$$

$$825 \text{ N/m}^2$$

Waterbelasting

Omdat het substraat zeer poreus is kan het 52% water opnemen. Voor de berekeningen ga ik uit van een worst-case scenario en bereken ik de druk wanneer het substraat volledig verzadigd is.

$$52 \% \text{ van } 0,5 \text{ m}$$

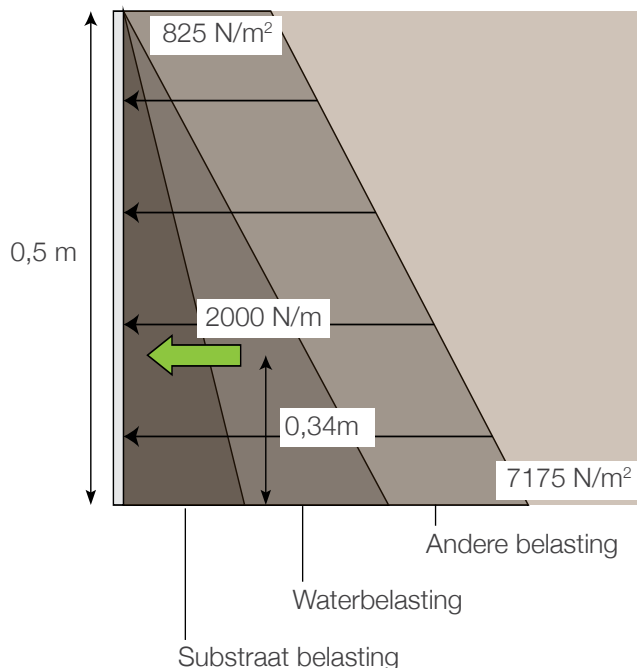
$$0,5 \text{ m} \times 0,52 = 0,26 \text{ m}$$

$$0,26 \text{ m} \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m/s}^2 = 2600 \text{ N/m}^2$$

Interne wrijvingshoek: 1

$$1 \times 2600 = 2600 \text{ N/m}^2$$

Al deze belastingen opgeteld geeft een belasting van 7175 N/m².



Afb.51: Vrijlichaamsdiagram randplaat

Uit al deze krachten samen kunnen we de resulterende kracht berekenen:

$$(825 \text{ N/m}^2 \times 0,5 \text{ m}) + (6350 \text{ N/m}^2 \times 0,5 \text{ m} / 2) = 2000 \text{ N/m}$$

Om het aangrijpingspunt van deze belasting te berekenen gebruik ik deze formule:

$$h = L/3 \times (2 \times w1 + w2 / w1 + w2)$$

waarin :

L = de hoogte = 0,5 meter

w1 = de bovenste verdeling = 825N/m²

w2 = de onderste verdeling = 7175N/m²

$$h = 0,33334 \text{ m}$$

7.8.8 Berekening van andere onderdelen

Tijdens het ontwerpproces heb ik vele simulaties op elk onderdeel toegepast om er zeker van te zijn dat alle onderdelen niet over- of ondergedimensioneerd zijn. Hieronder ziet u enkele van mijn simulaties op verschillende onderdelen. (Zie product ontwerp)

Conclusies

Alle onderdelen zijn ontworpen op basis van een goede veiligheidsfactor en zijn dus zeker stevig genoeg. Sommige onderdelen, zoals de balken, kunnen eigenlijk iets meer gewicht dragen. In de verdere ontwikkeling kunnen deze onderdelen ook meer naar de grens van hun kracht ontworpen worden zonder de veiligheidsnorm te overschrijden.

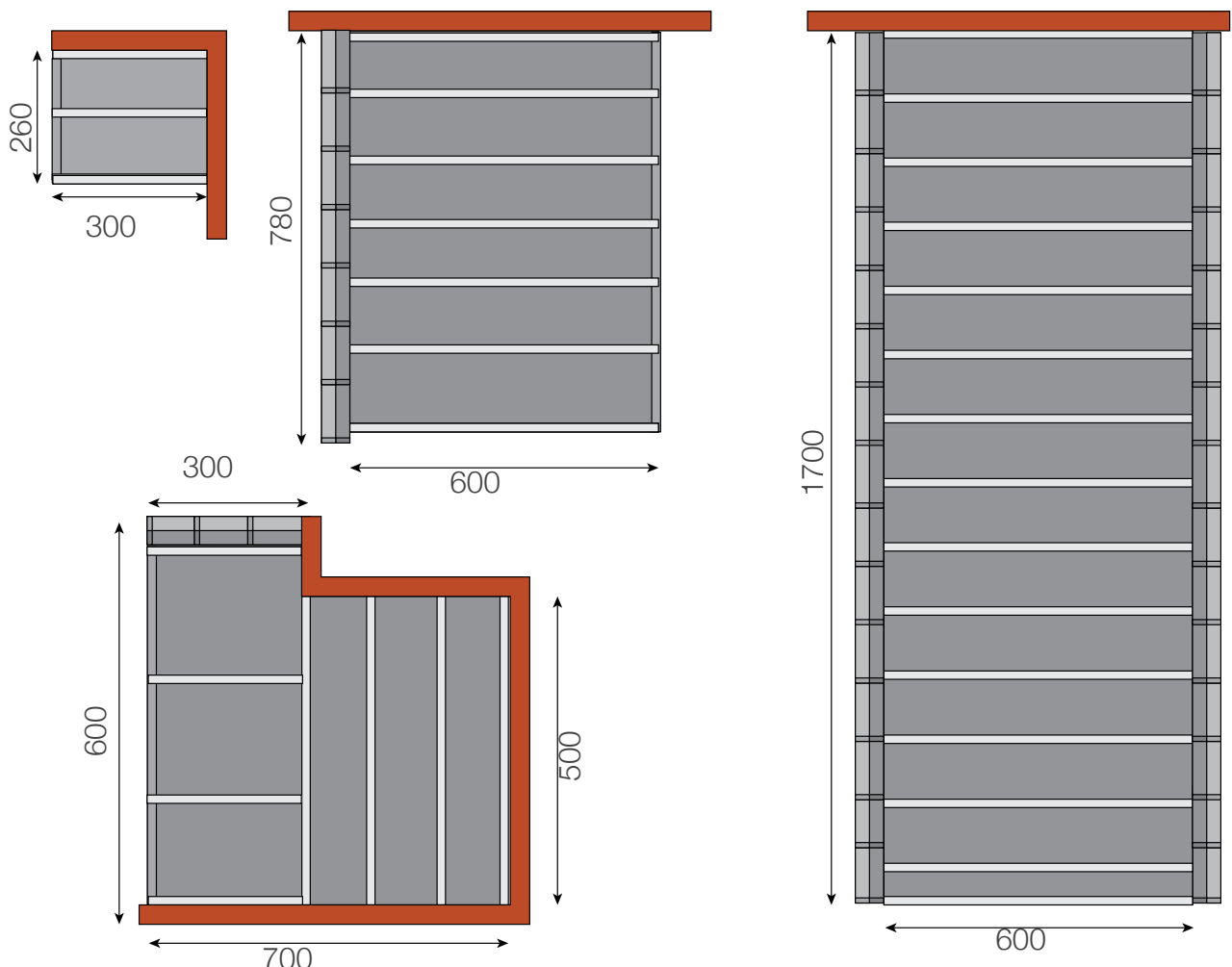
7.9 Economische verificatie

De prijs van het product is moeilijk te berekenen omdat alle daken anders zijn. In de bestaande industrie wordt de prijs uitgedrukt per vierkante meter, maar bij

mijn product spelen er meer factoren mee. Een zeer langwerpig dak bijvoorbeeld zal duurder zijn dan een vierkant dak met dezelfde oppervlakte omdat er meer randplaten en overspanningen voor nodig zijn. Daarom wil ik bij dit onderzoek de directe kosten van vier verschillende daken berekenen om zo de gemiddelde kost te kunnen bepalen. Ik houd rekening met de materiaal- en productieprijs van alle onderdelen en met de installatietijd die twee mannen nodig hebben om het dak aan te leggen.

7.9.1 Vier daken

Om de verschillende mogelijkheden van mijn product goed in de berekening op te nemen heb ik ervoor gekozen om de economische berekening van de directe kosten op vier verschillende soorten daken te doen. Het eerste is een klein dak, het tweede een middelgroot dak, het derde een groot dak en het laatste een L-vormig dak. Hieruit kan ik dan een schatting van de prijs per vierkante meter maken.



Afb.52: De vier verschillende daken waarvan ik de prijs bereken



Er zijn ook verschillen in dakrand, opstand, afwerking, balustrade enz. Op afbeelding 53 ziet u de verschillende daken met de bemating en hun dakranden.

De vier daken zijn in de juiste verhouding t.o.v. elkaar getekend. De bruine randen zijn muren die het dak omgeven. De getegelde randen zijn de kanten die een opstand van meer dan 20 cm hebben. De overige randen hebben een opstand van minder dan 20 cm. Alle randen die geen muur zijn, worden in mijn kostprijsberekening voorzien van een balustrade en een plaat die zorgt voor een mooie afwerking.

Klein dak: 300 x 280 cm (7,8 m²)

Gemiddeld dak: 780 x 600 cm (46,8 m²)

Groot dak: 600 x 1700 cm (102 m²)

L-vormige dak: 300 x 100 cm + 700 x 500 cm (38 m²)

7.9.2 Prijsberekening per onderdeel

De prijs per onderdeel werd bepaald door de materiaalkost + de productiekost + de afschrijving van de matrijzen. Er zijn drie soorten onderdelen: aluminiumextrusies, plooistukken en spuitgietstukken.

Aluminiumextrusies

Er zijn drie extrusieonderdelen in het volledige systeem: de balk voor overspanningen van 6 meter, de balk voor overspanningen van 4 meter en de extrusie om op de opstand te bevestigen. De matrijskosten voor de twee balken bedragen telkens € 4000, voor de kleine extrusies zijn de matrijskosten € 2000.

Deze kosten laat ik afschrijven over een levensduur van 1500 meter extrusie. Dit wil zeggen dat er per onderdeel 2,7 €/m voor de grote matrijs en 1,3 €/m voor de kleine matrijs aan kosten wordt meegerekend.

Voor de materiaalkosten gebruik ik 3 €/kg.

Per balk wordt nog € 1 extra voor zaagkosten gerekend. In de kleine extrusies zitten tabgaten; daarvoor wordt € 3 aan nabewerkingskost gerekend.

Plooistukken

Voor de plooistukken is de kostprijs het moeilijkst in te schatten omdat er geen vaste maten te hanteren zijn. Om een snelle schatting te maken gebruik ik de prijs per manuur werk.

Volgens Alex Meurtermans van lvd is een manuur 50 euro en kost lasersnijden 80 à 200 euro per uur. Op basis daarvan heb ik samen met Johan Neyrinck een schatting van de productiekost gemaakt voor mijn meest complexe stukken. De hoekstukken zijn de meest complexe stukken binnen mijn systeem. Hiervoor heb ik € 60 productiekosten per onderdeel genomen. Voor de randplaten heb ik een productiekost van € 40 per onderdeel genomen. Voor de minder complexe stukken heb ik een inschatting van de productiekost gemaakt t.o.v. de complexe stukken.

Voor de materiaalkosten van de staalplaten voorzie ik 2 €/kg.

Spuitgieten

Ten slotte zijn er nog de tegels. Ze zijn uit rigid pvc gemaakt via spuitgieten. De matrijskosten zijn het duurste; ik heb ze geschat op € 70.000. Deze kosten heb ik afgeschreven over 100.000 stuks, dit geeft een extra kost van € 0,7 per tegel. De materiaalkost voor rigid pvc is 1,3 €/kg. Voor het proces van het spuitgieten van de tegels zelf heb ik ook nog een € 1 per stuk aangerekend. Daarnaast heb ik geen extra nabewerkingen aangerekend.

(*costum partner net, designerdata*)

Andere onderdelen

Er zijn ook standaardonderdelen die aangekocht moeten worden, zoals de kabel en zijn bevestigingsmiddelen, bouten, substraat, worteldoek en geotextiel.

Voor de bouten gebruik ik een prijs van 0,30 €/ stuk.

Kabel² 16 mm: 15,05 €/m

Turnbuckle: € 150

Substraat¹: € 199 voor 1000 m³ = 5 €/m³

Met een gemiddelde substraatlaag van 0,4 m is dit 2 €/m²

Antiworteldoek⁴: rol 100 m x 4,20 m (420 m²) = € 152,45 = 152,45 / 400 = 0,38 €/m²

Ik bereken de prijs op 400 m² omdat er altijd wat verlies is en het doek op bepaalde plaatsen moet overlappen.

Geotextiel⁴: rol 100 m x 4,10 m = € 188,50 = 400 / 188,5 = € 0,47

Fisherbetonankers³: € 47,89 / 25 stuks = 1,92 €/stuk

In de bijlage vindt u de specificaties van de aangekochte onderdelen.

(¹Amazon, 2012. ,²Jacob, 2013. ,³Schraubenbude, 2013. and ⁴Winter gronddoekhandel, 2013.)

Tijd nodig om het dak aan te leggen

Om de tijd voor het aanleggen van het dak te schatten heb ik die taak opgedeeld in verschillende taken. Voor elk van die taken heb ik een schatting gemaakt van de tijd die nodig is om ze uit te voeren. Sommige taken worden gekwantificeerd op basis van de oppervlakte van het dak, andere op basis van het aantal keren dat ze worden uitgevoerd. Daaruit kan ik de prijs voor het aanleggen berekenen. In de tabel ziet u welke tijd ik heb berekend voor elke taak.



	Minuten
Materiaal verplaatsen /m ²	15
Worteldoek leggen /m ²	8
Uitmeten /m ²	10
Overspanningen / onderdeel	35
Randplaten / onderdeel	6
Tussenbalken / onderdeel	10
Tegels / m ²	10
Afwerking / m ²	2
Geotextielleggen / m ²	8
Substraat storten	20

Tabel 24: De tijd die nodig is per handeling bij het aanleggen van de daktuin

Het gaat telkens om de tijd die één werkmans voor elke taak nodig heeft. Zijn er twee werkmannen, dan doen ze half zo lang over elke taak. Om de kostprijs voor het aanleggen van het volledige dak te berekenen, heb ik de tijden vermenigvuldigd met 40 €/manuur

Conclusies

Als ik al deze dingen samentel, kom ik tot dit resultaat:

	Kost van de onderdelen	Kost van het aanleggen	Totale kost	Prijs per m ²
Klein dak	€ 3.527	€ 594	€ 4.088	€ 524
Gemiddel dak	€ 10.036	€ 3161	€ 12.729	€ 272
Groot dak	€ 21.387	€ 6522	€ 26.889	€ 264
L- vormig dak	€ 11.590	€ 2802	€ 13. 972	€ 333

Tabel 25: Prijscalculatie van de vier daken

Uit de prijscalculatie blijkt dat het kleinste dak per m² veel meer kost dan de andere daken. Dit komt doordat er veel randmateriaal nodig is in verhouding tot het midden van het dak. Het L-vormige dak is ook een beetje duurder dan de overige twee, wegens de complexiteit van het aanleggen. Er zijn extra onderdelen nodig om de balken loodrecht op elkaar te bevestigen en er zijn ook extra randplaten nodig.

De gemiddelde prijs per vierkante meter is € 348. Dit is de prijs voor de directe kosten van het product. Om de overheadkosten en een winstmarge mee te berekenen vermenigvuldig ik de prijs van het materiaal met 1,5. Voor het uurloon van de werknemers is dit al in rekening gebracht.

Het dak kan aangelegd worden voor 502,83 €/m².

Reflectie

Dat is 2,83 euro meer dan mijn vooropgestelde prijs. Dit komt deels omdat de kabel niet apart berekend is per dak en ik in elke berekening een kabel van 16 mm heb gebruikt en een turnbuckle van 150 euro. De kosten zullen verminderen bij een meer gedetailleerde berekening van de kabel.

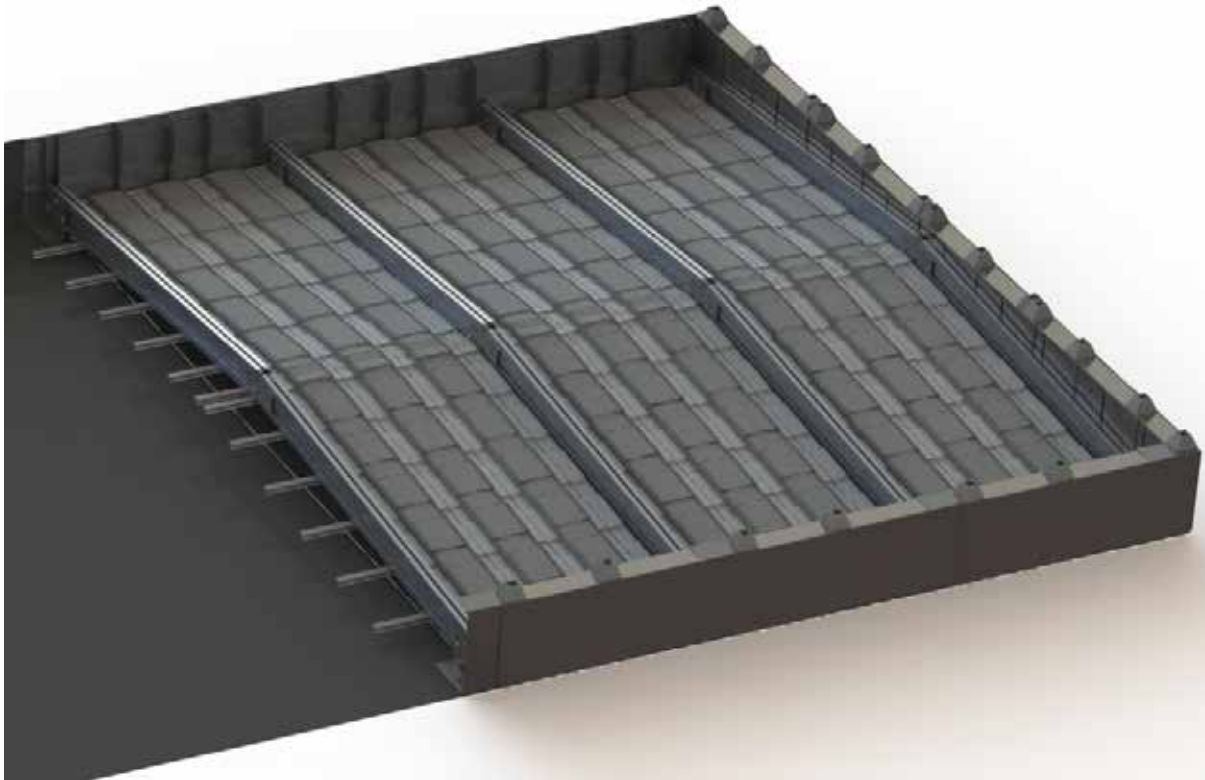
Voor een klein dak is er dan een zeer grote extra kost, waardoor de gemiddelde prijs per m² omhoogschiet. Wanneer bij verdere ontwikkeling alle stukken beter worden berekend, kan de prijs nog zakken en kan het product volgens mij op de markt gebracht worden voor 500 €/m².

In de bijlage vindt u de volledige berekeningen.





Eind
ontwerp



Afb.53: Het product



8.1 Installatie van het product

De installatie van het systeem start bij een grondige opmeting van het dak. Enkele weken voordat het dak gelegd wordt. Hierbij wordt er besloten en berekend welke onderdelen er nodig zijn en hoeveel dat er nodig zullen zijn. De lengte van de overspanningsbalken worden eveneens bepaald.

Op de dag dat het systeem wordt aangelegd, wordt er een kraan gehuurd om al het materiaal naar boven te krijgen. Op het dak moeten de volgende onderdelen in chronologische volgorde aangelegd worden: een worteldoek, de hoekstukken, de overspanningen, de tussenbalken, de randplaten, de tegels, de afwerking, de balustrade, een geotextiel, een substraatlaag en platen.



Het worteldoek



De hoekstukken



De overspanningen



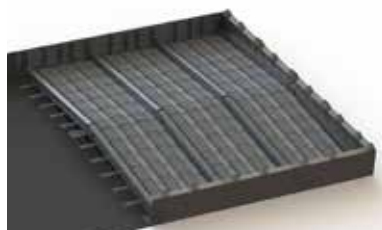
De tussenbalken



De randplaten



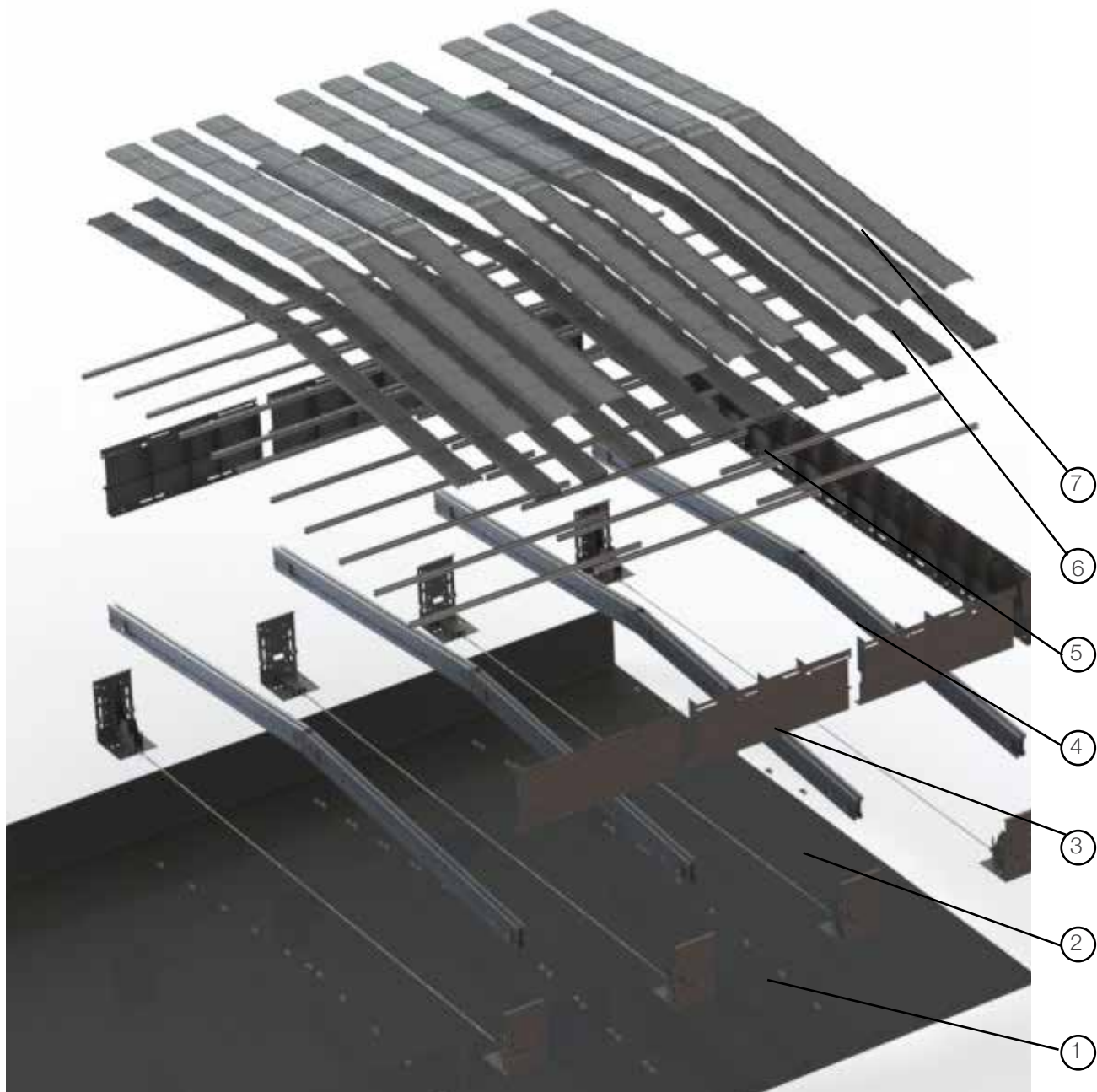
De tegels



De afwerking

Afb.54: *Verschillende stappen van de installatie van het systeem*

8.2 Exploded view



Afb.55: Exploded view

- 1 = Worteldoek
- 2 = Hoekstukken
- 3 = Overspanning
- 4 = Randplaten
- 5 = Tussenbalken
- 6 = Onderste tegels
- 7 = Bovenste tegels



8.3 Worteldoek

Allereerst wordt het volledige dak afgedekt met een wortelwerende folie. Deze folie wordt tot 55 cm tegen de muren ophangen. Wanneer er dan wortels door het systeem groeien, geraken deze niet door de dakhuid of in de muur. Deze worteldoek geeft ook een lichte bescherming aan de dakhuid bij het aanleggen van het systeem. De wortelfolie kan worden aangekocht op rollen van 4,2 meter. Deze worden in stroken van 4 meter gelegd zodat er aan elke kant 10 cm van de folie overlapt. Dit zorgt ervoor dat de wortels niet tot bij het dak kunnen.

8.4 De hoekstukken

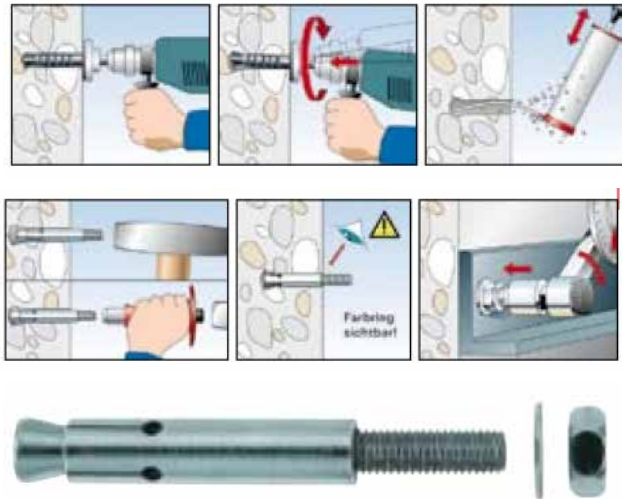
De hoekstukken zijn de verbinding tussen het dak zelf en het tuindakstelsel. Zij hebben dus zeer veel flexibiliteit nodig om zich aan alle verschillende dakranden, muren en daken aan te passen. Ze hebben ook een grote stevigheid nodig om het gewicht van de tuin goed door te geven aan de steunmuur.

8.4.1 Installatie

84 De plaatsing van de hoekstukken kan op vier manieren gebeuren: aan de muur, op een dakrand hoger of gelijk aan 20 cm, op een opstand lager dan 20 cm of op een dak zelf. In twee van deze gevallen worden de hoekstukken niet mechanisch bevestigd maar blijven ze op hun plaats door het gewicht van de tuin. Enkel in de muur en op de opstand lager dan 20 cm worden de hoekstukken met betonankers bevestigd.

Bevestiging aan de muur

De bevestiging van het hoekstuk in de muur gebeurt met 8 fisher betonankers. Er worden eerst gaten geboord door de wortelfolie en in de muur. Vervolgens wordt er een chemische substantie in het boorgat gespoten. Daarna worden de betonankers in de gaten geklopt. Tot slot wordt het hoekstuk op de juiste plaats gezet en de betonankers worden vastgezeven. Op afbeelding 56 en 57 ziet u het gebruik van het Zykon systeem FZA en de bevestiging van het hoekstuk zelf.



Afb.56: Bevestiging van het hoekstuk in de muur (Fisher, 2012.)



Afb.57: Bevestiging van het hoekstuk in de muur

Een dakrand $\leq 20\text{cm}$

Wanneer de hoogte van een opstand tussen de 0 en de 20 cm bedraagt, wordt het hoekstuk op de dakrand geplaatst. Deze opstanden zijn niet breed genoeg om het hoekstuk stabiel te laten staan, daarom zit er vooraan een onderdeel dat extra steun kan geven om het hoekstuk recht te laten staan. Dit onderdeel kan op en neer verschuiven en tot op de cm juist gezet worden om ervoor te zorgen dat het hoekstuk recht staat. Wanneer dit zo is worden de bouten aan weerszijde van het onderdeel vastgedraaid zodat alles blijft staan.





Afb.58: Bevestiging van het hoekstuk op een dakrand $\geq 20\text{cm}$

Dakrand > 20cm

Wanneer de dakrand hoger dan 20 cm is wordt het hoekstuk voor de dakrand geplaatst en zorgt een zeer stijf onderdeel ervoor dat het gewicht van de tuin wordt doorgegeven naar de opstand.

Deze opstanden zijn eveneens zeer variabel en het systeem moet tot op de centimeter afstelbaar zijn. Eerst worden er twee extrusieonderdelen vastgevezen op het hoekstuk. Dit gebeurt door dezelfde gaten als de bevestiging aan de muur. Dan wordt het hoekstuk tegen de opstand geplaatst. De opstand wordt ontdaan van zijn deksteen zodat je direct op de muur de bevestiging kunt maken. Vervolgens wordt het L-vormige verbindingstuk op de opstand en tegen het hoekstuk geplaatst. Het verbindingstuk wordt aan de extrusiestukken bevestigd door middel van twee blokjes met tabgaten in. Tenslotte wordt het L-vormige stuk verticaal in de muur vastgevezen met betonankers.



Afb.59: Bevestiging van het hoekstuk op een dakrand $\geq 20\text{cm}$



Bevestiging op het dak zelf

De hoekstukken kunnen ook in het midden van een dak geplaatst worden wanneer zich daaronder een steunmuur bevindt. Ook wanneer de dakrand plat is moeten er geen van de bovenstaande systemen gebruikt worden. Er moet in dit geval wel een plaat onder het hoekstuk geplaatst worden om het gewicht te verdelen zodat het niet door de isolatie zakt.

De oppervlakte van deze platen is berekend aan de hand van de sterkte van het isolatiemateriaal. Isolatiemateriaal kan een druk aan tussen 20 en 80 kPa, dit wil zeggen dat het tussen 20.000 en de 80.000 N/m² kan dragen. De oppervlakte van mijn plaat hangt af van de soort isolatie die op het dak ligt. Als de overspanning een gewicht draagt van 68 kN, draagt één hoekstuk een gewicht van 34 kN. Dit wil zeggen dat het gewicht over een oppervlakte tussen 0,43 m² en 1,7 m² verdeeld moet worden afhankelijk van het isolatiemateriaal en de lengte van de overspanning.

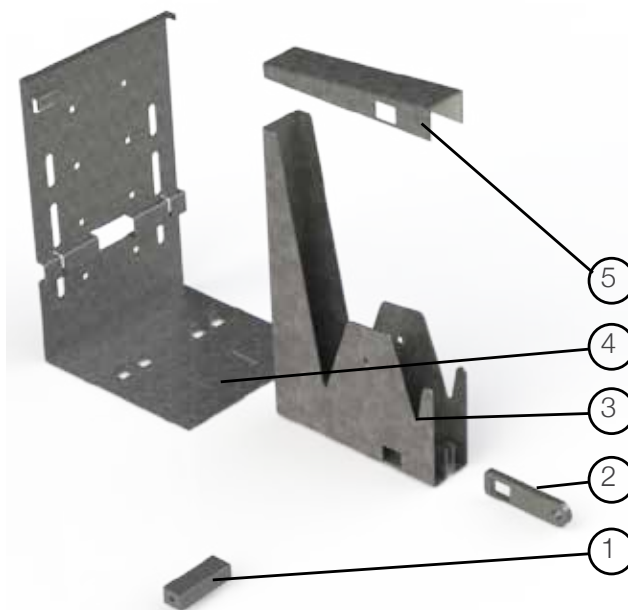


Afb.60: Onderplaten voor de hoekstukken voor de bevestiging op het dak zelf.

De platen voor de hoekstukken zijn zodanig ontworpen dat ze niet in de weg zitten voor het water dat over het dak loopt. Er zitten gaten in de plaatsen waar plassen kunnen ontstaan en er zijn ribben in geponst om er voor te zorgen dat ze het gewicht over de hele plaat verdelen en dat de platen niet doorbuigen.

8.4.2 Materialisatie

De hoekstukken bestaan uit 5 onderdelen; drie plooiestukken en twee gefreesde blokken. De plooiestukken bestaan uit plaatstaal met een dikte van 4 mm. De onderdelen worden aan elkaar gelast om er een stevig geheel van te maken. Het gehele onderdeel wordt achteraf gegalvaniseerd om bestand te zijn tegen de corrosie die de tuin teweeg brengt.

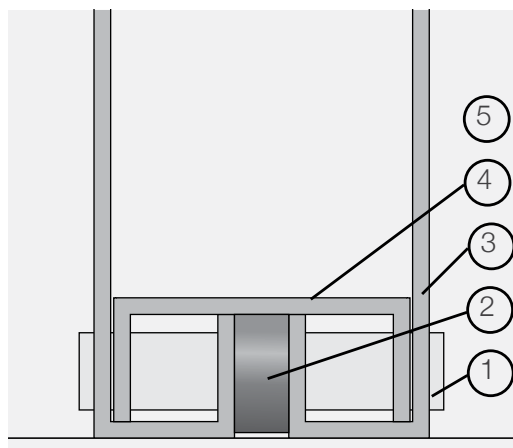


Afb.61: Exploded view van het hoekstuk

De bevestiging voor de opstand hoger of gelijk aan 20 cm bestaat uit twee aluminium extrusiestukken van 35 cm lang. Achteraf zijn er vier tabgaten in elke stuk gemaakt om het vast te kunnen vijzen aan het hoekstuk. Het L-vormige onderdeel bestaat uit twee rechthoekige platen met een dikte van 10 mm met gaten in, en twee driehoeken met een dikte van 10 mm die het stuk de nodige stevigheid geven. Deze vier onderdelen zijn aan elkaar vastgelast en vormen zo een geheel.

8.4.3 Bevestiging van de kabel

De kabel wordt vastgemaakt aan een onderdeel van 12mm dik plaatstaal (nummer 1 op het exploded view). Deze wordt in het hoekstuk tegen gehouden door een stalen blok (nummer 2). De trekkracht die op de blok werkt wordt door 6 keer 4mm plaatstaal van het hoekstuk vastgehouden om zo de trekkracht van de kabel door te geven (nummer 3 en 4). Op afbeelding 62 ziet u de 6 platen waar de trekkracht van de kabel op trekt.



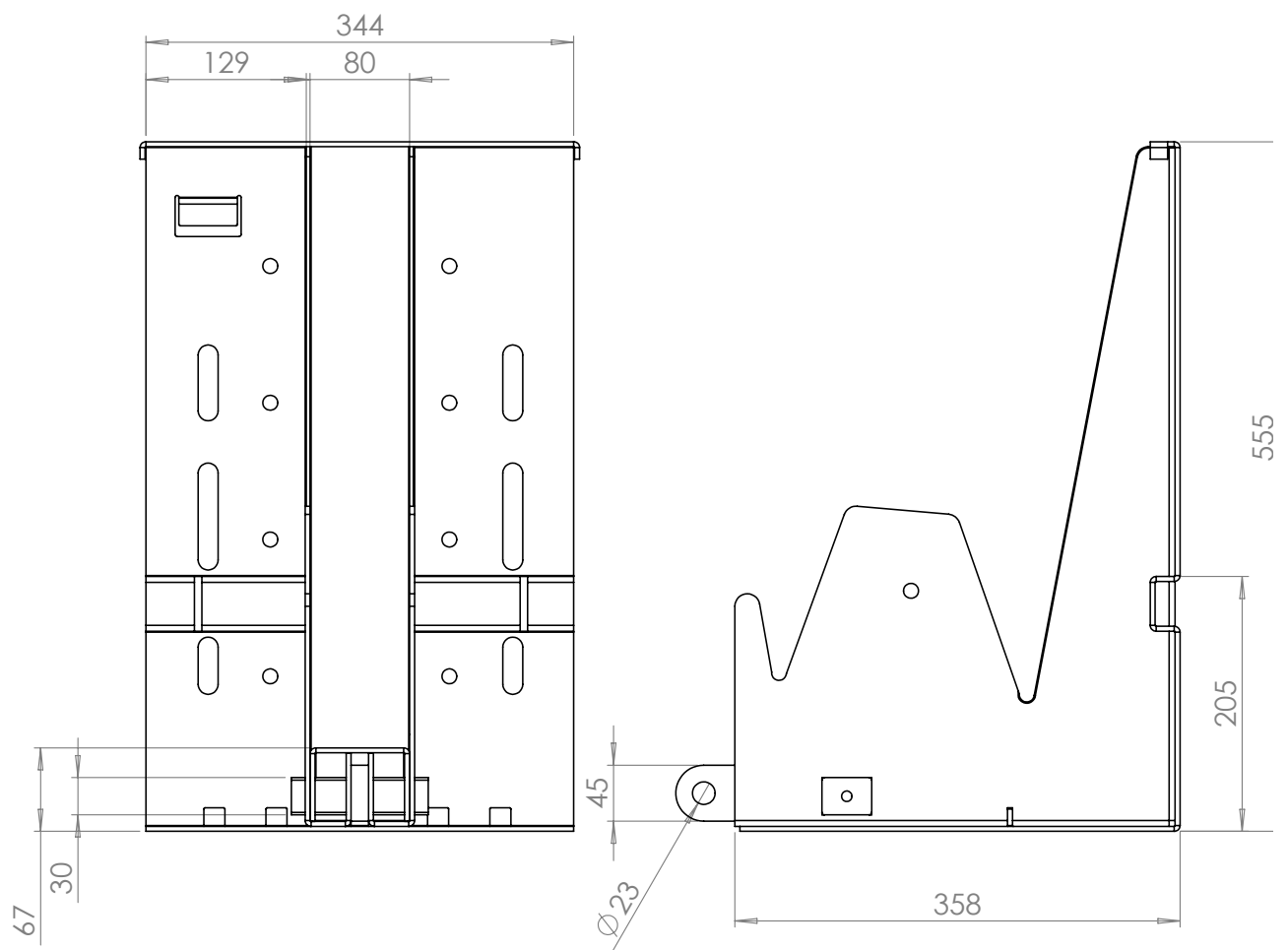
Afb.62: Frontaal zicht van het trek punt van de kabel

8.4.4 Simulatie

Het hoekstuk verbindt de balken met de kabel en met de muur. Het moet dus enerzijds de krachten van de kabel opvangen en anderzijds het gewicht van de overspanning opvangen. Bij een overspanning van 6 meter is de maximale verticale belasting $68 \text{ kN} / 2$. Het hoekstuk moet dus een verticale belasting van 34 kN en een trekkracht van 160 kN kunnen opvangen.

Na vele simulaties ben ik er nog niet in geslaagd om een goede te maken. Er zijn nog enkele stress punten die ik er niet uit kreeg. Mits verdere uitontwikkeling kan dit onderdeel stevig genoeg gemaakt worden. In de bijlage staat een voorbeeld van één van de simulaties.

8.3.5 Afmetingen



Afb.63: Afmetingen van het hoekstuk



8.5 Overspanningsysteem

8.5.1 Installatie

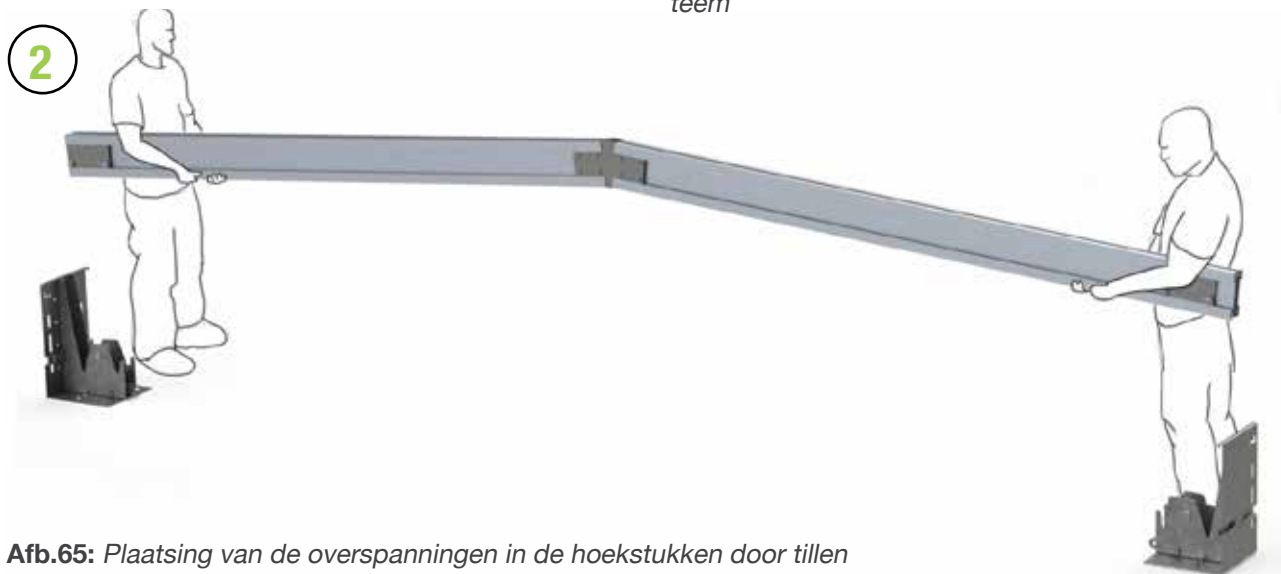
Wanneer de hoekstukken op hun plaats staan worden de overspanningen in elkaar gezet. Dit gebeurt met twee werkmannen. Eerst worden de tophoeken in elkaar gezet. Dit zijn twee platen die in de sleuven van de extrusiebalken passen. Er zijn tabgaten gemaakt in de platen zodat ze door middel van schroeven vastgeklemd worden. Hierna heeft men de balk voor de volledige overspanning.

Er worden in de uiteinden van de balken langs de beide kanten twee andere platen met tabgaten in de sleuven geplaatst. In de tabgaten zitten reeds twee bouten. Er zijn twee dakwerkers nodig om de balk op te heffen en hem langs boven in de hoekstukken te laten zakken. De bouten glijden langs de vorm van de hoekstukken zodat de platen op de juiste positie terecht komen. Als de balk tot beneden in het hoekstuk gezakt is wordt er nog een derde bout bevestigd. Wanneer de dakleggers alle zes bouten per hoekstuk vastdraaien klemmen ze de extrusiebalken tussen het hoekstuk en de platen. Om het gehele systeem stevig te maken wordt er onderaan tussen de twee hoekstukken een kabel opgespannen die een vast geheel maakt van het overspanningssysteem.

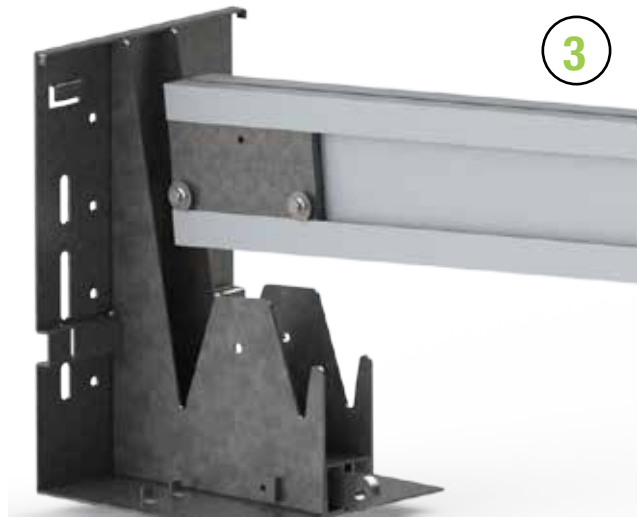
88



Afb.64: Tophoek van de overspanningssystemen



Afb.65: Plaatsing van de overspanningen in de hoekstukken door tillen



Afb.66: Tophoek van de overspanningssystemen

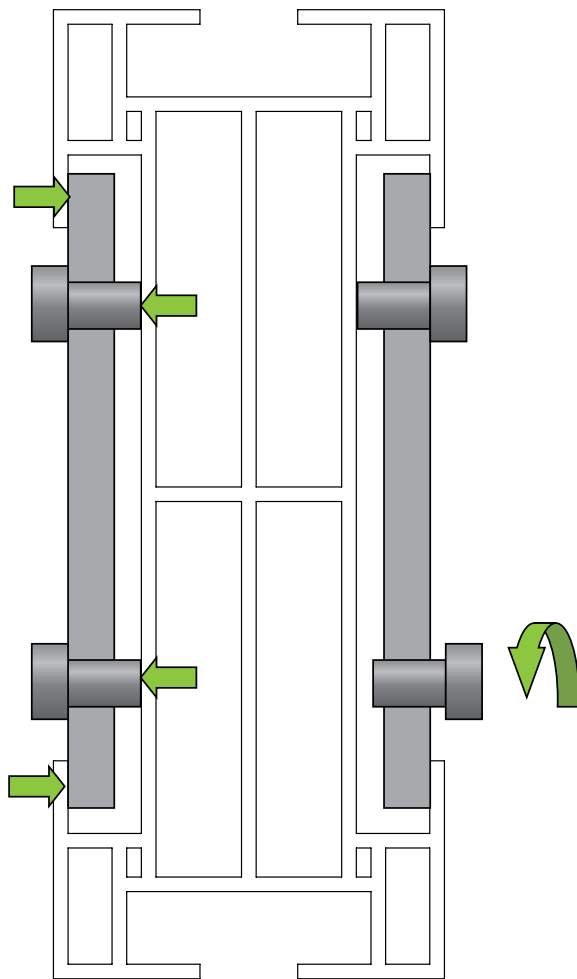


Afb.67: Onderverbinding van het overspanningssysteem

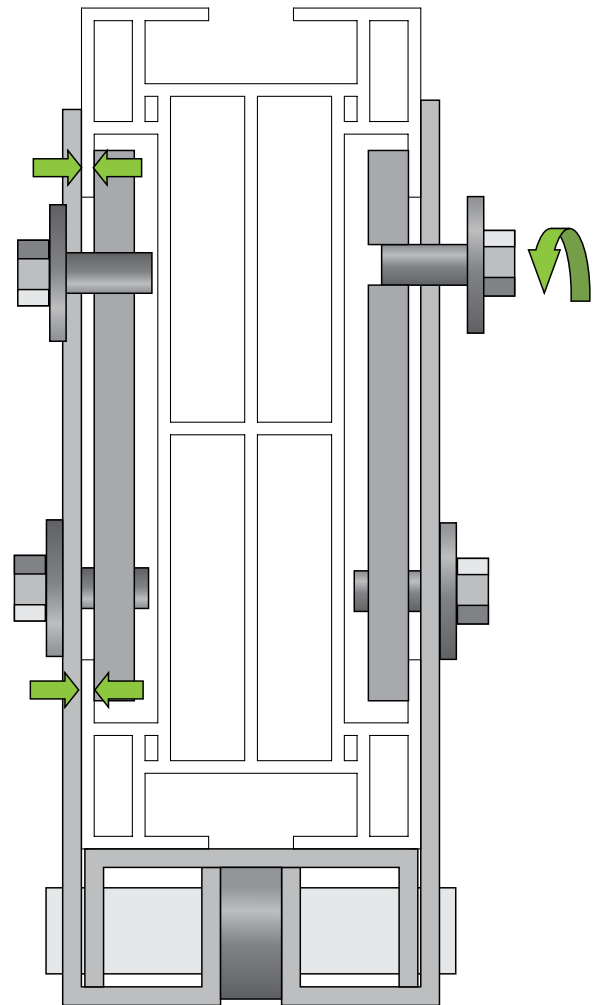


8.5.2 Werking

De tophoek klemt zich vast door 8 inbusvijzen die de platen tegen de binnenkant van de sleuf vastduwen. Er wordt gebruik gemaakt van inbusbouten omdat de bouten moeilijk bereikbaar zijn. Op afbeelding 67 ziet u een doorsnede van de bevestiging van de tophoek. De onderste bevestiging klemt de balk vast aan het hoekstuk. Hierbij worden 6 M12 zeskantbouten gebruikt die telkens met een rondel voor een inklemming zorgen. Bij deze toepassing worden zeskantbouten gebruikt omdat deze wel makkelijk bereikbaar zijn en omdat ze steviger aangedraaid kunnen worden door het gereedschap. In beide gevallen zitten er gaten met schroefdraad in de platen. Op afbeelding 68 ziet u een doorsnede van het hoekstuk met zijn inklemming.

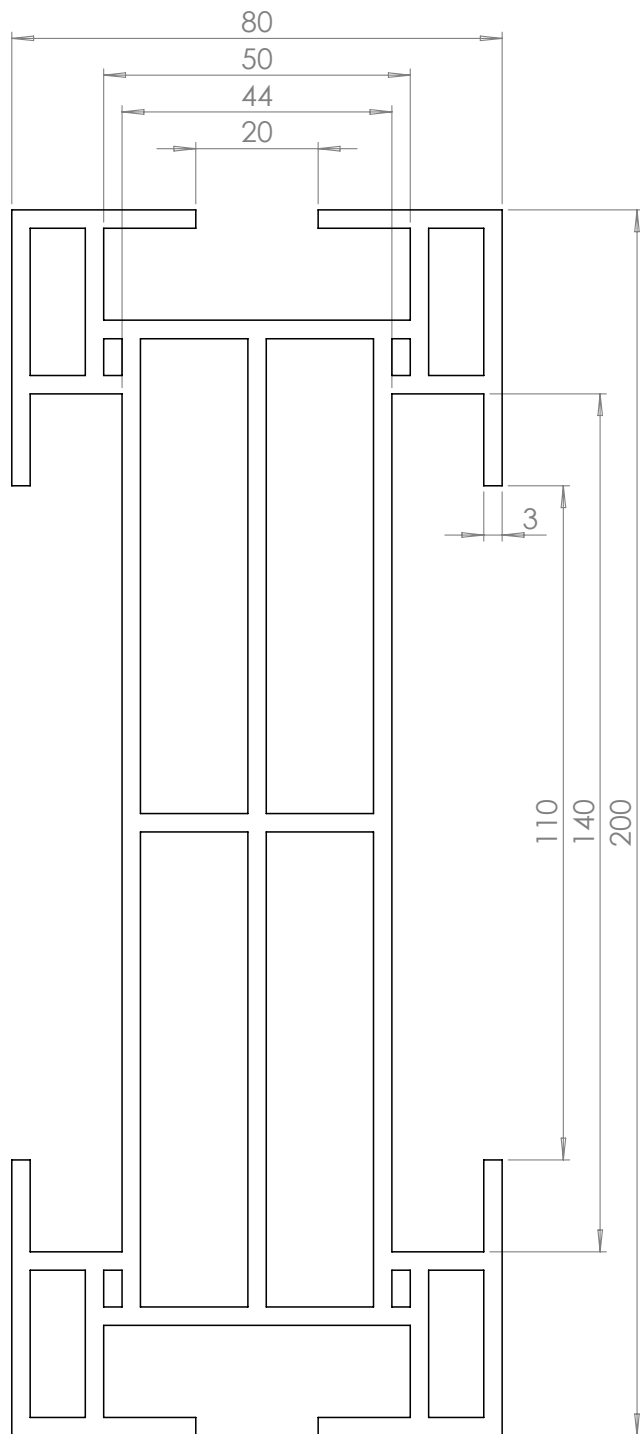


Afb.68: Doorsnede van de tophoek verbinding



Afb.69: Doorsnede van de Onderhoek verbinding





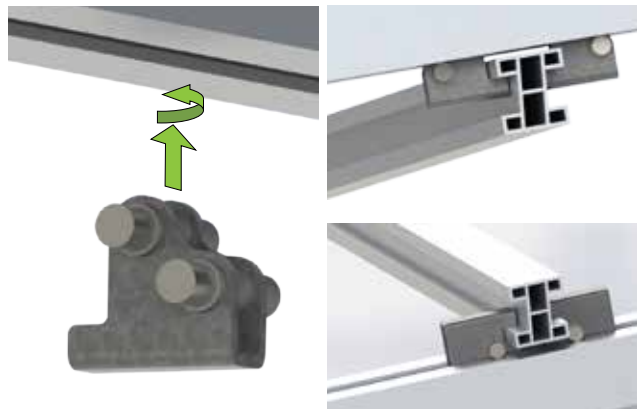
Afb.70: Afmetingen van de extrusiebalk 6m

8.6 Tussenbalken

8.6.1 Installatie

De tussenbalken kunnen op twee manieren aan de balken bevestigd worden, ze kunnen zowel bovenop als onder de balken vastgemaakt worden. Het systeem werkt zodanig dat er niets wordt vastgevezen maar dat de balken nog verplaatst kunnen worden tijdens het volledige aanlegproces. De balken blijven op hun plaats omdat het gewicht van de tuin voor een zeer hoge wrijvingskracht zorgt.

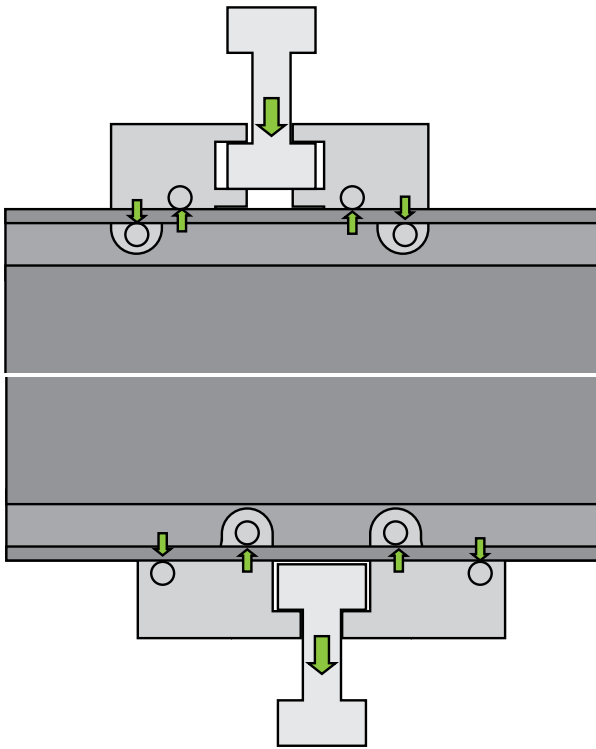
Een tussenbalk wordt vastgehouden door 4 verbindingstukken, twee per kant. Eén verbindingstuk bevestigt men in de sleuf boven of onder de overspanningsbalken. Dit doet men door het verbindinstuk met de as in de sleuf te plaatsen en het dan een kwartslag te draaien. Dan hangt men de tussenbalk in het verbindingsstuk en schuift een tweede stuk ertegen. Door het gewicht van de balk worden de verbindingstukken vastgetrokken. Deze taak moet met twee dakleggers tegelijkertijd gebeuren zodat ze ieders een kant voor hun rekening kunnen nemen. De assen van het verbindingstuk hebben een klein randje dat ervoor zorgt dat de positionering van het onderdeel altijd mooi evenwijdig loopt met de balk. De onderlinge afstand van de tussenbalken is altijd 50 cm. Door middel van een latje van 50 cm als hulpmiddel kan de tussenafstand bij het aanleggen gemakkelijk bepaald worden.



Afb.71: Bevestiging van het verbindingsstuk onder en boven de overspanningsbalken.

8.6.2 Werking

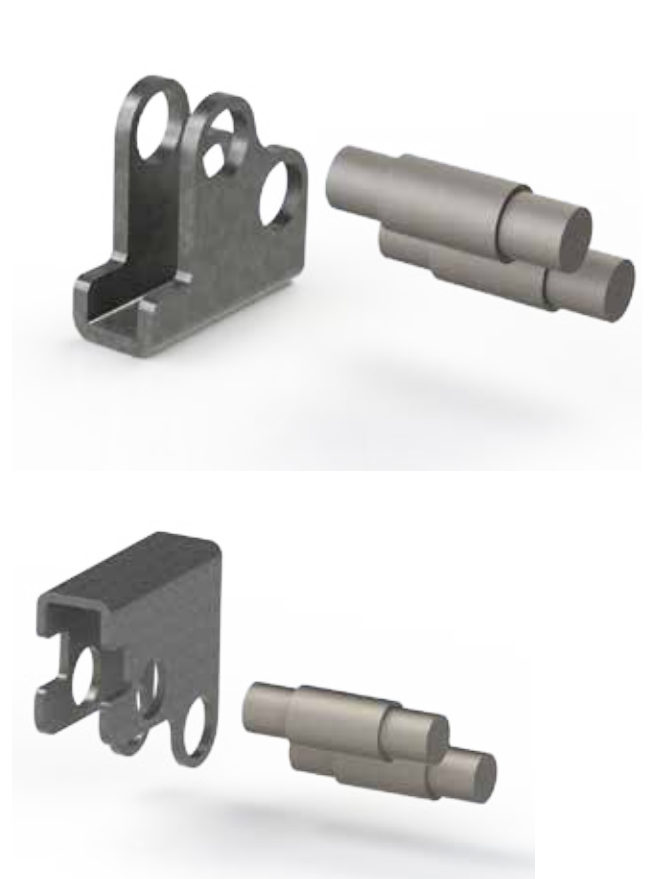
De druk van de tussenbalk creëert een moment waardoor de twee assen tegen de extrusiebalk worden geduwd. Dit zorgt voor een wrijvingskracht die groot genoeg is om te beletten dat de onderdelen wegschuiven. Wanneer de tussenbalk wordt opgeheven kan hij wel weer makkelijk verplaatst worden.



Afb.72: Werking van het verbindingstuk

8.6.3 Materialisatie

De bevestigingsstukken bestaan uit plaatmateriaal met een dikte van 3 mm. Deze zijn in een U-vorm geplooid. Daarna worden de assen in de gaten geklemd door het plooiestuk te verwarmen. Na afkoeling zijn de assen door het plooiestuk ingeklemd. De assen hebben een diameter van 12 mm aangezien ze een kracht van 2,3 kN moeten opvangen.



Afb.73: Exploded view verbindingstukken

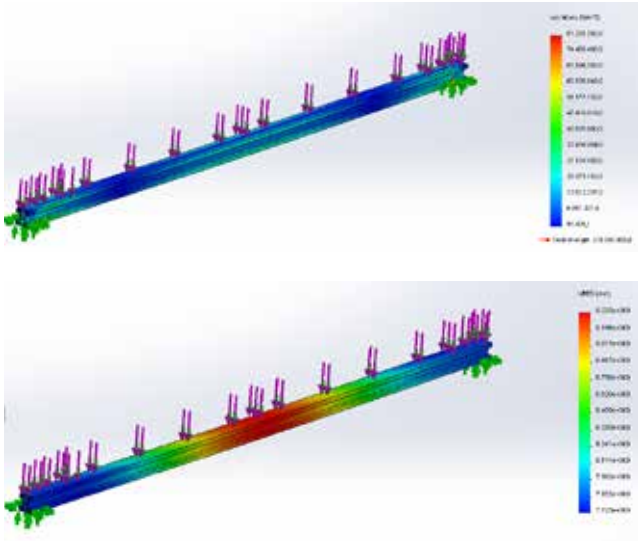
8.6.4 Simulaties

De tussenbalken worden maximaal belast wanneer ze 2 meter moeten overbruggen tussen twee overspanningen van 4 meter. Ze liggen op 0,5 meter van elkaar, zodat er telkens één tegel tussen past. Bij de materiaalkeuze is er gekozen voor een aluminiumextrusie. Bij deze simulatie zijn beide kanten op een roloplegging gelegd.

Gewicht op één tussenbalk:

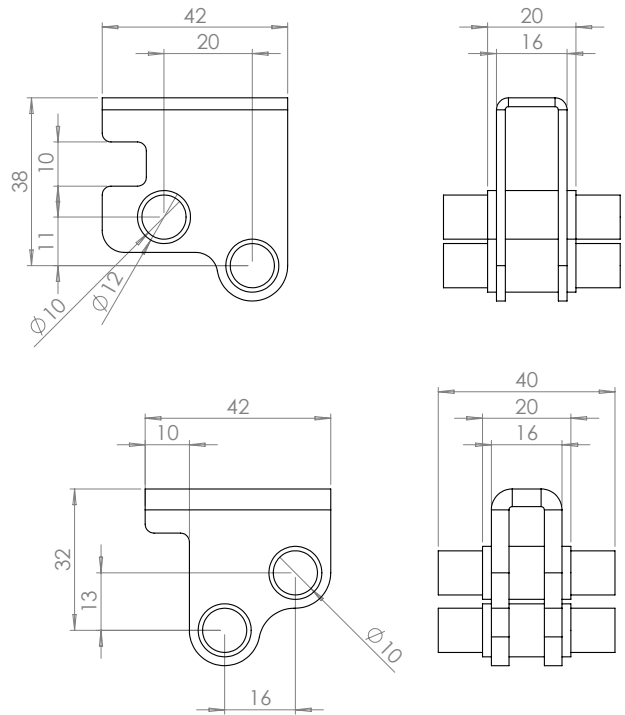
$$[(0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 1500 \text{ kg/m}^3) + (165 \text{ kg/m}^2 \times 0,5 \text{ m} \times 2 \text{ m})] \times 10 \text{ m/s}^2 = 9150 \text{ N} = 9,2 \text{ kN}$$





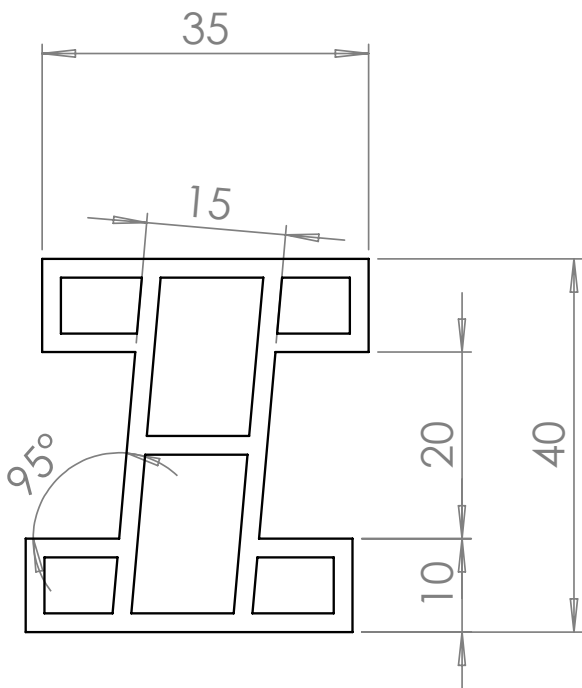
Afb.74: Displacements en Von Mises-spanning bij de tussenbalken

De maximale displacement bedraagt 9,2 mm, een balk van 2000 mm mag maximaal 10 mm doorbuigen. De maximale von Mises- spanning bedraagt 81 Mpa en het materiaal mag met een veiligheidsfactor van 1,5 tot 144 Mpa belast worden. Uit deze resultaten blijkt dat de balk niet te dik of te dun is.



Afb.76: Verbindingstukken voor onder en boven

8.6.5 Afmetingen



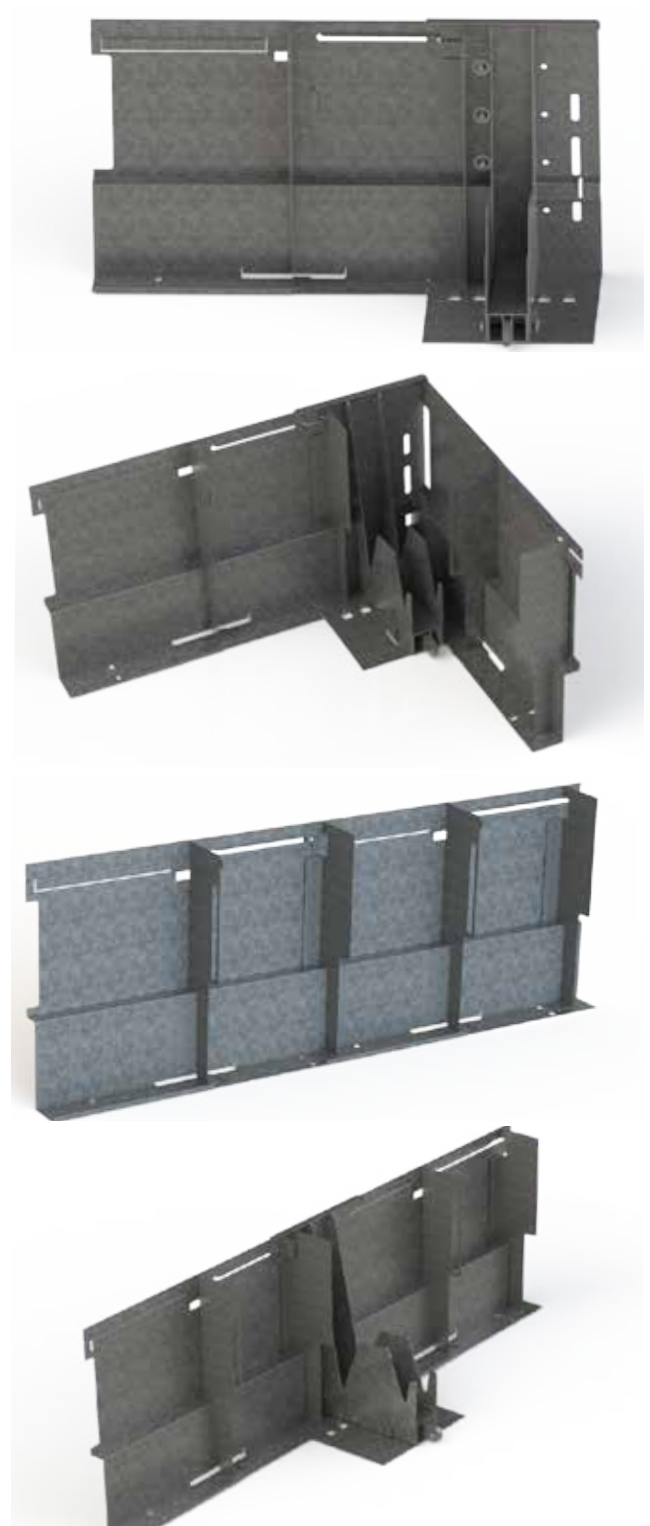
Afb.75: Doorsnede van de tussenbalk



8.7 Randplaten

8.7.1 Installatie

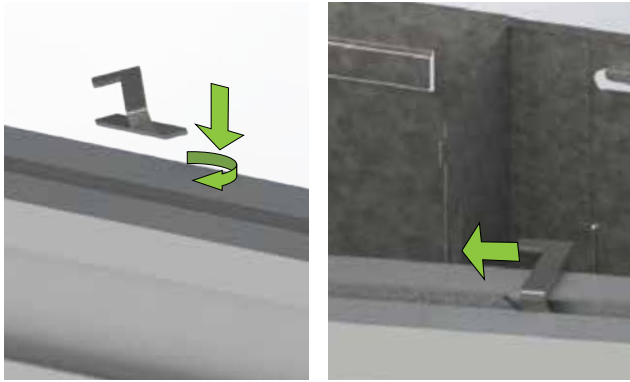
De randplaten worden telkens tussen twee hoekstukken geplaatst. De rechterkant van de randplaten kan makkelijk in de linkerkant schuiven. Eerst wordt de plaat in het rechter hoekstuk vastgeschoven tot tegen het middenstuk. Vervolgens wordt de tweede plaat in de eerste geschoven van links naar rechts. Een klein hoekje zorgt ervoor dat de minimale overlapping van 10 cm bereikt wordt. Daarna wordt de derde plaat in de tweede plaat geschoven enzovoort. Elke randplaat kan 75 cm overbruggen. Bij een tussenafstand tussen twee hoekstukken van 1,5 meter of minder zijn er twee randplaten nodig om deze afstand te overbruggen. Bij een tussenafstand van 2 meter zijn er drie randplaten nodig. De platen kunnen in twee richtingen in de hoekstukken bevestigd worden, zodat er ook een hoek gecreëerd kan worden.



Afb.77: Bevestiging van de randplaten aan elkaar en de hoekstukken

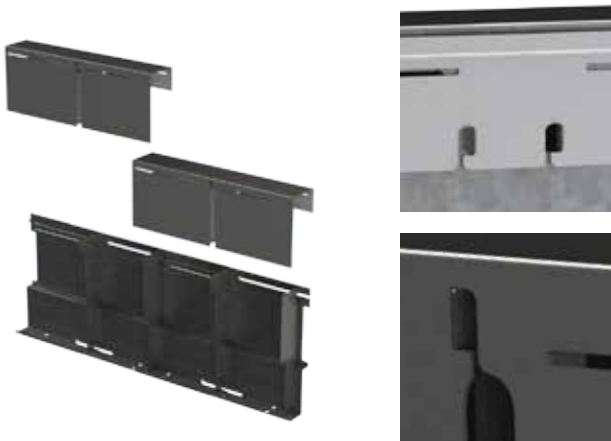
Wanneer de randplaten in een hoek geplaatst zijn moeten ze naast de overspanningsbalken naar het ander hoekstuk gaan. Om dit mogelijk te maken moeten ze aan de overspanning bevestigd worden. In de middelste ribbe van de randplaat zit een langwerpig gat. Hierin kan een haak vastgrijpen die eveneens in de bovenste sleuf van de overspanning kan vastgrijpen waardoor ze aan elkaar bevestigd kunnen worden.





Afb.78: Bevestiging van de randplaten aan de overspanningsbalk

De bevestiging van de randplaten aan de overspanningbalk levert echter wel een probleem op. Wanneer de platen langs de overspanningsbalken bevestigd zijn kan het substraat wegvloeien tussen de plaat en de overspanning. Om dit probleem op te lossen wordt er over de randplaat een overkapping geplaatst. Deze hangt zowel vast aan de middelste ribben van de randplaat als achteraan. De overkappingen hebben 3 haakvormige gaten en de randplaten hebben drie stukjes plaat die uitsteken. Wanneer de overkapping over de randplaat wordt geplaatst komen deze gaten overeen met de uitstekende platen. Door de overkapping 1 cm naar links te bewegen kan de overkapping niet meer op en neer bewegen. De overkapping is conisch zodat ze over elkaar geplaatst kunnen worden wanneer de randplaten over elkaar geschoven zijn.

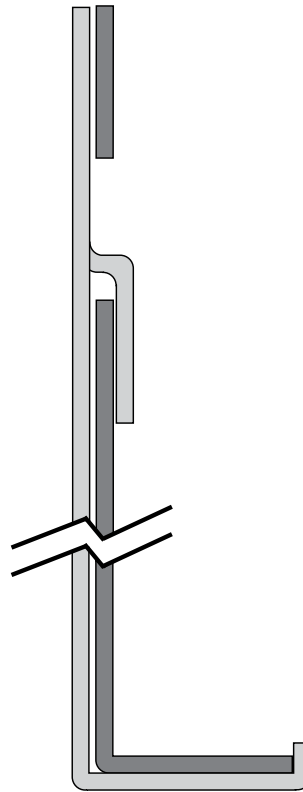


Afb.79: Overkapping randplaten: detail achterkant (rechtsboven), detail voorkant (rechtsonder)

8.7.2 Werking

De randplaten moeten voor een deel overlappen zodat ze variabele afstanden kunnen overbruggen. Eén randplaat kan maximaal 75 cm overbruggen en minimaal 35 cm. Dit wil zeggen dat ze indien nodig 40 cm over elkaar kunnen schuiven. De platen zelf zijn 95 cm lang zodat ze altijd 10 cm overlappen. De platen schuiven in elkaar doordat ze bovenaan een pons hebben waarin de plaat kan schuiven. Onderaan zijn ze

voorzien van een omgeplooid randje dat ervoor zorgt dat de plaat maar in 1 richting kan bewegen. Op afbeelding 79 ziet u de twee aangrijpingspunten waar de randplaten in elkaar schuiven: één bovenaan en één onderaan.



Afb.80: Doorsnede randplaat



Afb.81: Detail van de randplaten

Op afbeelding 80 is de bovenste overlapping van twee randplaten weergegeven. Het kleine omgeplooid lipje zorgt ervoor dat de minimale overlapping bereikt wordt. Wanneer het lipje voorbij het kleine randje is overlappen de randplaten genoeg.

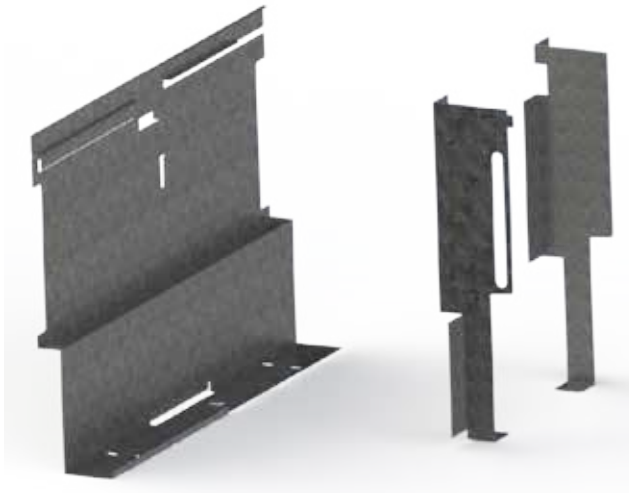
8.7.3 Materialisatie

De randplaten bestaan uit drie plooiestukken van S335MC plaatstaal. Deze worden door middel van puntlassen een elkaar bevestigd. De stukken zijn gemaakt van



platen met een dikte van 1,5 mm. Na de assemblage worden de stukken ook nog gegalvaniseerd.

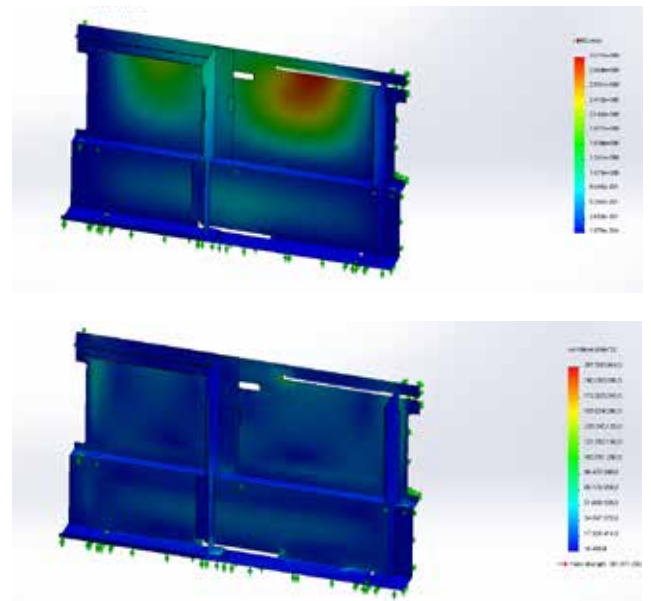
rolplegging bevestigd en de volledige onderkant is eveneens als rolplegging vastgemaakt.



Afb.82: Exploded view van de randplaten

8.7.4 Simulaties

Ik heb twee randplaten berekend wanneer ze maximaal uit elkaar geschoven zijn. Dit wil zeggen dat er tussen de twee inklemspunten een afstand van 0,75 meter zit. Ze dragen dus een last van 2000 N/m. Deze last heb ik in twee verdeeld; omdat de bovenkant minder belast wordt dan de onderkant heb ik deze met een kleinere kracht belast. De twee zijkanen zijn over 50 mm als

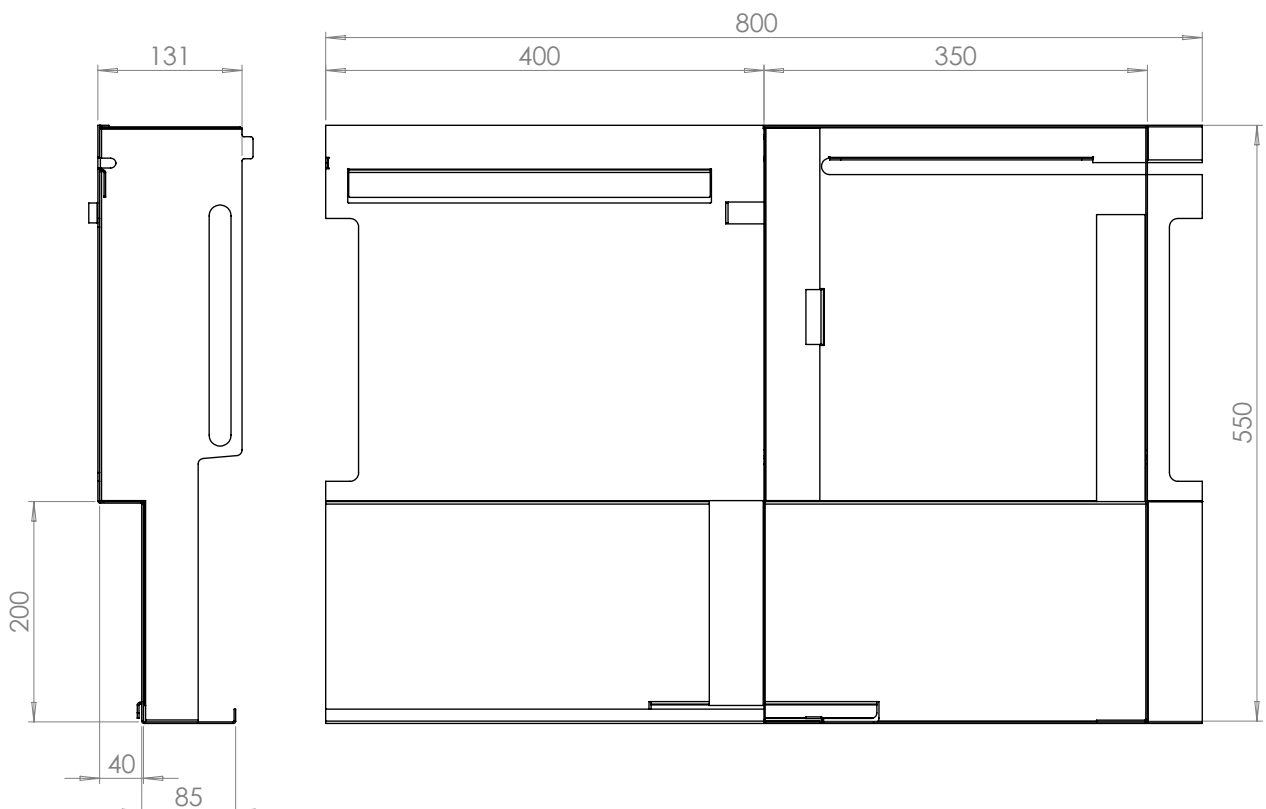


Afb.83: Displacements en Von Mises-spanning bij de randplaten

De Von Mises-spanning bedraagt 208 Mpa en de maximale displacements 3,2 mm; deze waarden liggen binnen de veiligheidsnormen.

95

8.7.5 Afmetingen



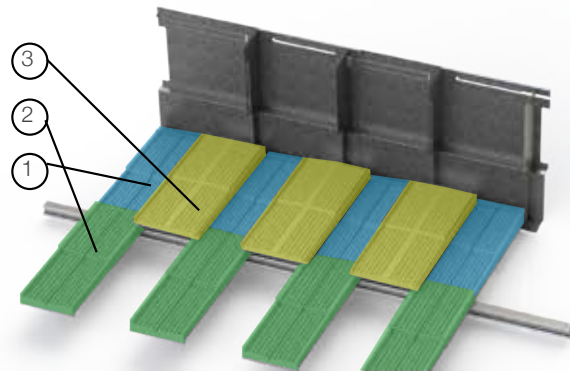
Afb.102: Afmetingen randplaten



8.8 Tegels

8.8.1 Installatie

De laatste fase in het aanlegproces van de daktuin is het leggen van tegels. Deze worden van onder naar boven gelegd. Er zijn twee soorten tegels; een ondertegel en een boventegel. De eerste ondertegels die met hun onderste stuk op de randplaten worden gelegd worden voorzien van een voetstukje. Dit wordt op de randplaten geplaatst en hun bovenstuk wordt achter de tussenbalk gehaakt. Vervolgens wordt de tweede ondertegel op de eerste ondertegel en de volgende tussenbalk gelegd. Dit doet men in stroken van 30 cm uit elkaar. Daarna kan men de boventegels tussen twee stroken van de ondertegels leggen. Dit doet men tot dat het tegelveld tot helemaal bovenaan gelegd is. Wanneer dit alles gebeurd is kan men bovenaan een nokafwerking plaatsen.



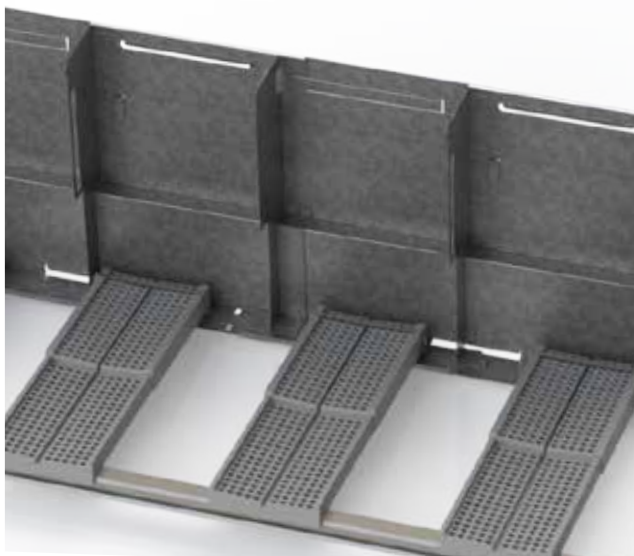
Afb.85: Leg volgorde

Eerst worden de tegels die blauw gekleurd zijn gelegd. Daarop komen de groengekleurde tegels. De zijn dezelfde soort tegels. Dan worden de geel gekleurde tegels op de twee rijen van onderste tegels gelegd.



Afb.86: Tegels hoger

Wanneer er een dunnere substraatlaag nodig is, worden de tussen balken op de overspanningsbalken bevestigd i.p.v. onder. Dan kunnen de tegels halverwege de randplaten op het richeltje gelegd worden. Zo is de substraat laag 20 cm dunner.



Afb.84: Aanleggen van de tegels

8.8.2 Werking

De tegels zijn 600 mm lang en 200 mm breed. Ze zijn zo gemaakt dat het voorste deel over het achterste deel past zodat ze 250 mm kunnen overlappen. Hierdoor kan een tegelveld tot op een millimeter variëren in lengte. Omdat de bovenste tegels over de onderste tegels passen kan een tegelveld eveneens in de breedte tot op een millimeter variëren. De onderste tegels hebben achteraan een randje dat ervoor zorgt dat ze achter de tussenbalken kunnen haken. De voorkant van de tegel ligt op de achterkant van zijn voorganger of op de randplaat. De tegels zijn onderaan voorzien van een rooster om ze stevig genoeg te maken voor het gewicht dat ze moeten dragen.

Wateropslag van de tegels

De tegels moeten zowel water vasthouden als water afvoeren. Naar analogie met ander drainagematten moet het systeem 3,5 liter water per vierkante meter kunnen



vasthouden. Om dit te bereiken hebben de tegels over hun hele oppervlakte kleine bekertjes waarmee ze het water kunnen vasthouden. Het tegelveld kan 4 l/m² vasthouden wat dus ruim voldoende is. (IBIC, 2012.)

Berekening van de waterafvoer

Het berekenen van de grootte van de afvoerkanalen was moeilijker dan de berekening die moest gebeuren voor de wateropslag. Voor de maximale belasting van mijn systeem ben ik ervan uit gegaan dat het gedurende enkele minuten 5 mm/minuut regent. Dit is de maximale regenval die we in België kunnen hebben. (KMI, 2013.)

$$5 \text{ mm} = 0,005 \text{ m} = 5 \text{ l/m}^2 / \text{minuut} = 0,083 \text{ l/s} = 8,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

Aangezien mijn systeem een zadeldak is onder een hoek van 5° en de maximum overspanning 6 meter is, zal het nooit water van meer dan 3 m² achter elkaar moeten afvoeren. Ik heb eerst de snelheid van mijn water berekent wanneer het 3 meter onder een hoek van 5° vloeit, dit is de snelheid waarmee het onderaan bij de randplaten wegloopt.

Formule:

$$\text{Afstand} = 1/2 \times \text{versnelling} \times \text{tijd in het kwadraat}$$

Voor de versnelling heb ik $\sin 5^\circ \times 9,81$ gebruikt omdat het water onder een hoek van 5° valt. Bij deze benadering houd ik geen rekening met de wrijving tussen het materiaal en het water. Ik ga er ook vanuit dat de snelheid van het water bovenaan nul is.

$$3 \text{ m} = 1/2 \times (\sin 5) \times 9,81 \text{ t}^2$$

$$t = \sqrt[4]{6 / (\sin 5) \times 9,81}$$

$$t = 2,6495 \text{ s}$$

Het water doet er dus 2,65 seconden over om van het midden van het dak naar de zijkant te vloeien. Hieruit kan ik de gemiddelde snelheid van het water berekenen wanneer het beneden is.

$$v = v_0 + (a \times t)$$

$$v = 0 + (\sin 5 \times 9,81 \times 2,649)$$

$$v = 2,26 \text{ m/s}$$

Formule om de doorsnede van het afvoer kanaal te berekenen:

$$Q = v \times A$$

(Vlaamse milieumaatschappij, 2013)

$$Q = \text{debiet in m}^3/\text{s}$$

$$V = \text{snelheid in m/s}$$

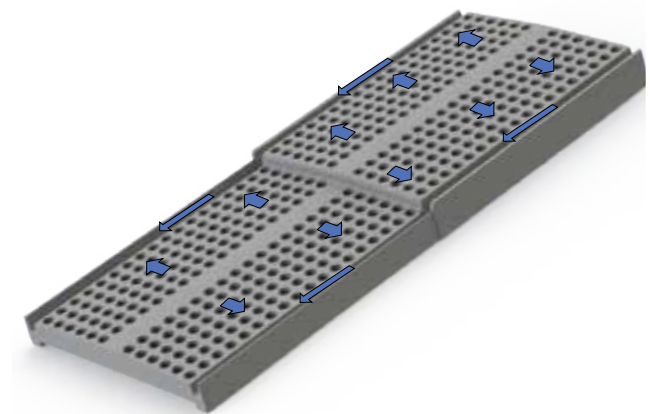
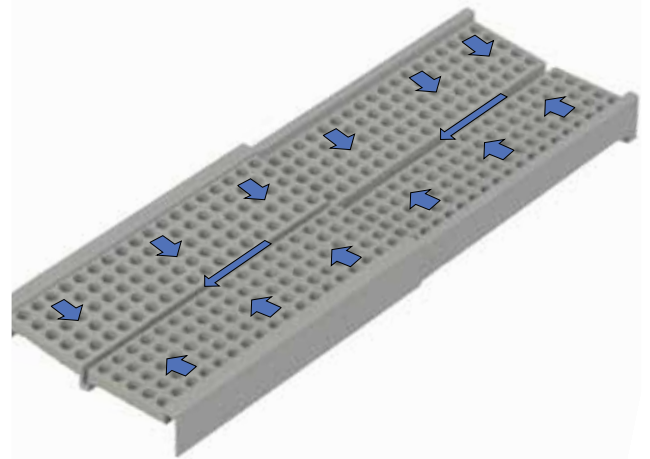
$$A = \text{oppervlakte in m}^2$$

$$0,000083 = 2,26 \times A$$

$$0,000083 / 2,26 = 0,00003672566 \text{ m}^2 = 36,72566 \text{ mm}^2$$

Deze 36,73 mm² is dus de oppervlakte van de doorsnede van alle afvoergaten per meter. Aangezien 1 tegel 200 mm is wil dit zeggen dat er 5 tegels per meter liggen. Hieruit kan ik dan afleiden dat elke tegel een afvoerkanaal moet hebben van 7,3 mm² (= 36,7 mm² / 5).

Deze tegels hebben een afvoeroppervlakte van 93 mm² per tegel, wat zeker volstaat om de zwaarste regenbuien te weerstaan.



Afb.87: Waterafvoer per tegel

De onderste tegel heeft een afvoer goot in het midden. Als de bekertjes vol zitten loopt al het water naar het midden en wordt het door de goot afgevoerd. Bij de bovenste tegels zijn er twee gutten langs de zijkanten.

8.8.3 Materialisatie

De tegels zijn gemaakt van rigid pvc, dit is een kunststof waardoor het niet zo stevig is. Om dit te verhelpen is de tegel voorzien van een verstevigingsraster. Het volledige onderdeel heeft een wanddikte van 2,5 mm. Het onderdeel heeft ook overal een lossingshoek tussen 2° en 5°. Ze hebben onderaan een raster van ribben dat voor stevigheid zorgt





Afb.88: Onderkant tegels

8.8.4 Simulaties

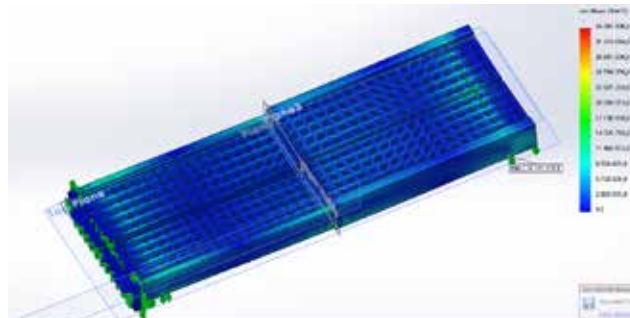
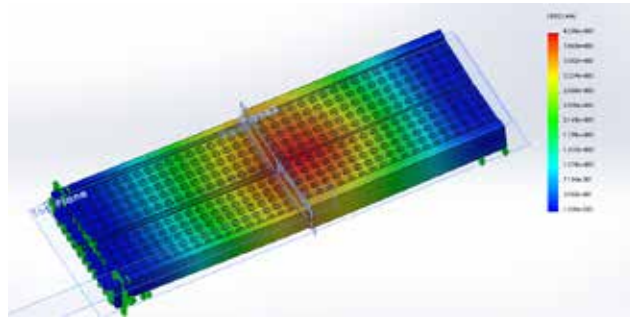
De tegel heeft een maximale belasting wanneer hij bij de rand ligt. In deze situatie ligt er een substraatlaag van 0,5 meter bovenop. Omdat het systeem met twee tegels werkt; één onderaan en één bovenaan, dragen de bovenste tegels hun gewicht af op de onderste tegels. Het gewicht dat op één tegel komt, moet dus verdubbeld worden.

Gewicht op één tegel:

$$[(0,5 \text{ m} \times 0,18 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 1500 \text{ kg/m}^3) + (165 \text{ kg/m}^2 \times 0,5 \text{ m} \times 0,18 \text{ m})] \times 10 \text{ m/s}^2 = 823,5 \text{ N}$$

Op de onderste tegel komt dus een totaal gewicht van 1647 N (= 823,5 N x 2).

Als ik deze krachten op de onderste tegel zet, kom ik op de onderstaande resultaten waarbij de tegel aan één kant is ingeklemd en aan de andere kant op een rolplegging gelegd is.

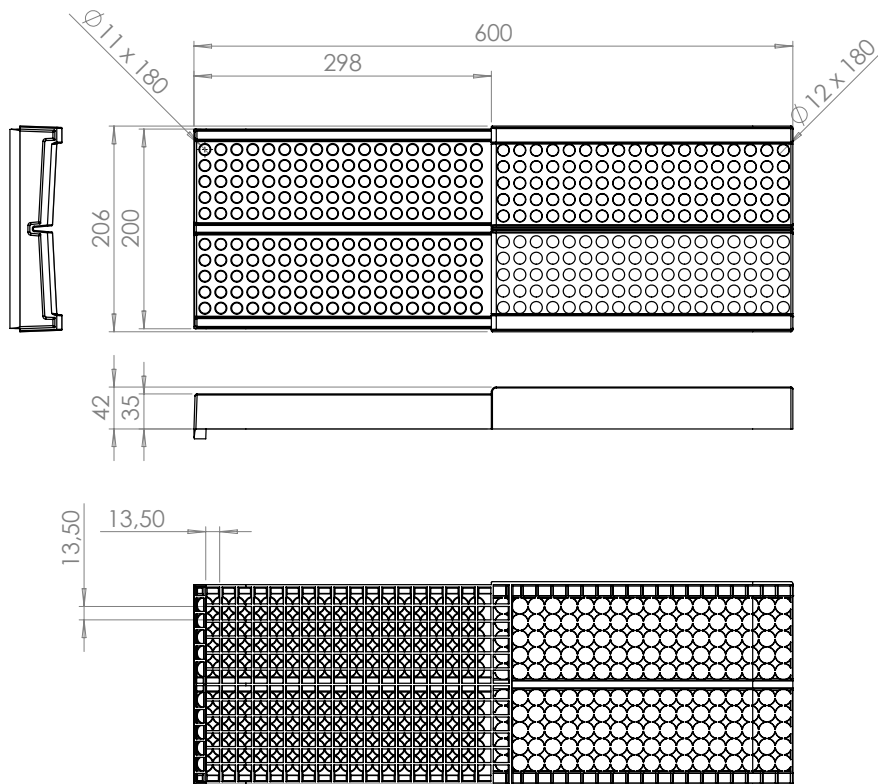


Afb.89: Displacements en Von Mises-spanning bij de tegel

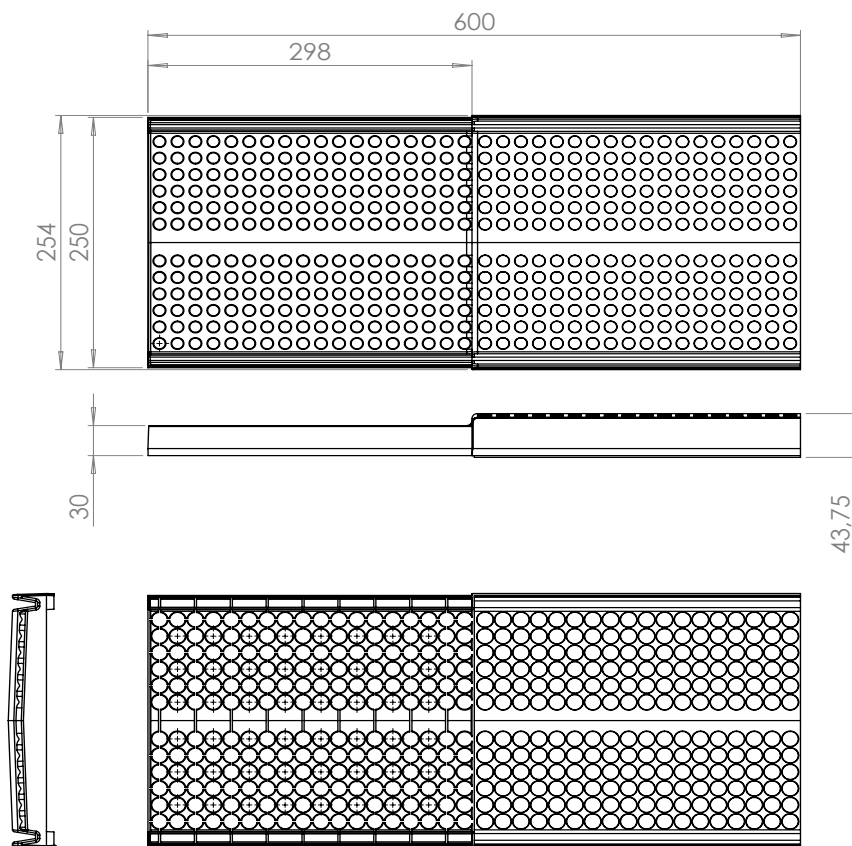
De tegel heeft een doorbuiging van 4,99 mm op 500 mm. Dit komt perfect overeen met de maximale doorbuiging van 1/100 op de volledige lengte (500 mm/100). De maximale Von Mises-spanning bedraagt 34,7 Mpa. Dit is zeker goed, omdat de treksterkte van deze stijve pvc op 50 Mpa ligt. De maximaal toegelaten spanning is dan 33,3 Mpa. De tegel is dus net stevig genoeg.



8.8.5 Afmetingen



Afb.90: Afmetingen onderste tegel



Afb.91: Afmetingen bovenste tegel



8.9 Loodrechte bevestiging van twee overspanningen

De loodrechte bevestiging van twee overspanningen is nodig wanneer er een L-vormig dak voorzien wordt van het systeem van de daktuin. In dit geval moeten er twee rechthoekige bakken gemaakt worden die naast elkaar lopen. Hiervoor moeten hoekstukken loodrecht op een andere overspanning bevestigd worden en moeten er randplaten zijn die 10 cm langer zijn dan de andere randplaten zodat ze niet boven de substraatlaag uitkomen. De dragende overspanning moet extra berekend worden op gewicht. De overspanningen in dit systeem zullen waarschijnlijk voorzien zijn van de dunne substraatlaag om het systeem niet te overbelasten.

8.9.1 installatie

Eerst wordt de dragende overspanning in elkaar gezet met bevestigingsplaten reeds in de sleuven. Dit zijn platen van 10 mm dik met tabgaten in. Wanneer deze overspanning volledig in elkaar is gezet worden de hoekstukken op de juiste plaats vastgemaakt aan de bevestigingsplaten, zodat ze vastklemmen aan de overspanning. Er zijn 4 bouten die de hoekstukken bevestigen. De eerste wordt altijd vlak naast het hoekstuk van de dragende overspanning geplaatst, het tweede hoekstuk wordt op 2 of 1,5 meter van het eerste geplaatst. Door middel van sleufgaten wordt het mogelijk gemaakt de hoekstukken op verschillende plaatsen te bevestigen.



Afb.92: Loodrechte bevestiging op een andere overspanning



Afb.93: Loodrechte bevestiging op een andere overspanning

8.10 Balustradehouder

De vormgeving van een balustrade is een zeer persoonlijke keuze, het is afhankelijk van iedereen zijn eigen stijl en smaak en er zijn dan ook zeer veel verschillende soorten in. Omwille van deze reden heb ik ervoor gekozen om een voet te maken waarin elke balustrade geplaatst kan worden. De dikte van de buis van een balustrade varieert tussen 35 mm en 60 mm, ze kan zowel rond als vierkant zijn.

8.9.1 Installatie

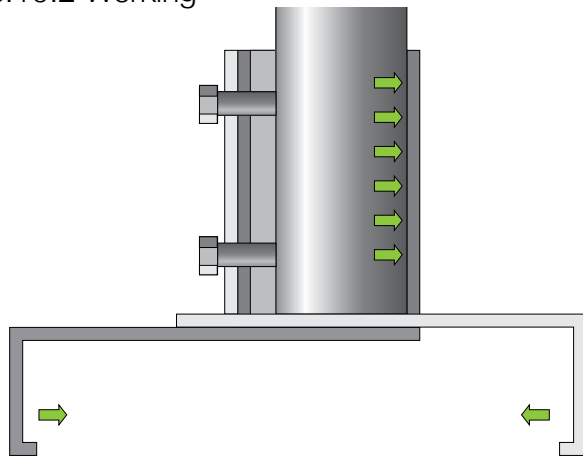
De balustradehouder wordt bevestigd op de overkappingsplaten. Er zijn aan weerszijde van de overkappingsplaten groeven waarin de balustradehouder zich vastklemt. De balustradehouder bestaat uit twee onderdelen die door twee bouten uit elkaar gedruwd worden, hierdoor klemt de onderkant samen in de groeven waardoor de balustrade wordt vast geklemd.



Afb.94: Bevestiging van de balustrade op de overkappingsplaten

Door de groeven kan de balustrade op de juiste plaats gezet worden vooraleer hij wordt vastgedraaid. Wanneer hij op de juiste plaats staat kan de buis van de balustrade in de koker worden gezet. Door de bouten vast te draaien klemt zowel de buis in de houder vast als de houder aan de overkapping.

8.10.2 Werking



Afb.95: Bevestiging van de balustrade

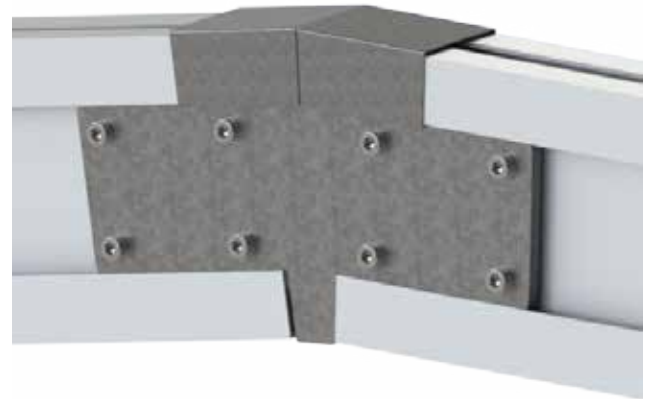
De balustradehouder maakt het mogelijk om elke soort balustradebuis vast te klemmen. Er zit een schroefdraad in het lichte grijze onderdeel op afbeelding 86. Wanneer de bouten worden aangedraaid wordt de buis geklemd tussen de bouten en het donker grijze onderdeel en worden de twee onderdelen onderaan naar elkaar toe geduwd.

8.11 Afwerking

Er zijn twee soorten afwerking vereist bij mijn systeem. Enerzijds moet de bak waarin het zand wordt gestort volledig zanddicht zijn zodat er nergens zand kan wegvloeien. Daarnaast moet de buitenkant mooi en verzorgd gemaakt worden zodat het product mooi oogt voor de gebruiker.

8.11.1 Afwerking langs de binnenkant

De afwerking langs de binnenkant bestaat uit enkele simpele plooistukken van plaatmateriaal met een dikte van 0,5 mm. Er zijn drie plaatsen waar deze nodig zijn; op de tophoek, op de nok van het tegelveld en bij de hoekstukken. Bij de hoekstukken is dit nodig om ervoor te zorgen dat er geen zand tussen de balk en het hoekstuk komt en om het geotextiel niet te scheuren (zie 8.11). Op de tophoek van de overspanningen is er een klein gat dat afgedekt moet worden. De nok van het tegelveld is een plaatje dat onder een hoek van 10° geplooid is en dat 0,5 meter lang is, het overlapt zodat het elke breedte aankan.



Afb.96: Tophoek met kap



Afb.97: Hoekstuk met kap

8.11.2 Afwerking langs de buitenkant

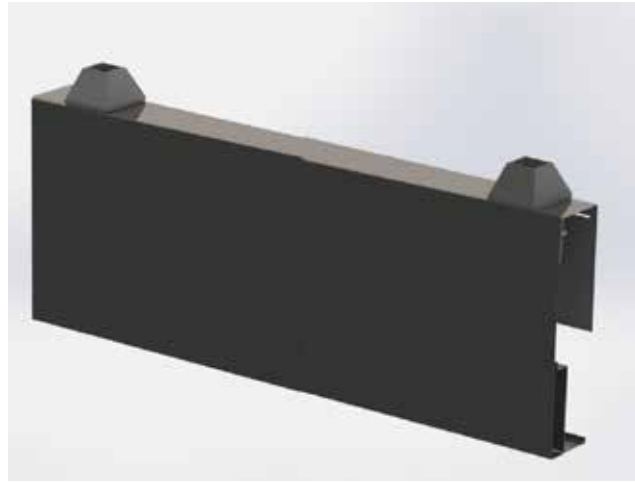
Deze afwerking zorgt ervoor dat alle onderdelen die langs buiten te zien zijn aan het systeem mooi en verzorgd ogen. Er zijn maar drie onderdelen te zien wanneer de daktuin af is; dit zijn de randplaten, de hoekstukken en de balustradehouders.

De afwerkingsplaten voor de randplaten zijn een beetje conisch zodat ze over elkaar kunnen schuiven. In het midden worden ze onderaan aan de randplaten bevestigd en bovenaan aan de overkapping. Hierdoor wordt de overkapping nog eens extra vastgezet. De balustradehouders worden ook voorzien van een afwerkingskapje om een mooiere uitstraling te creëren.



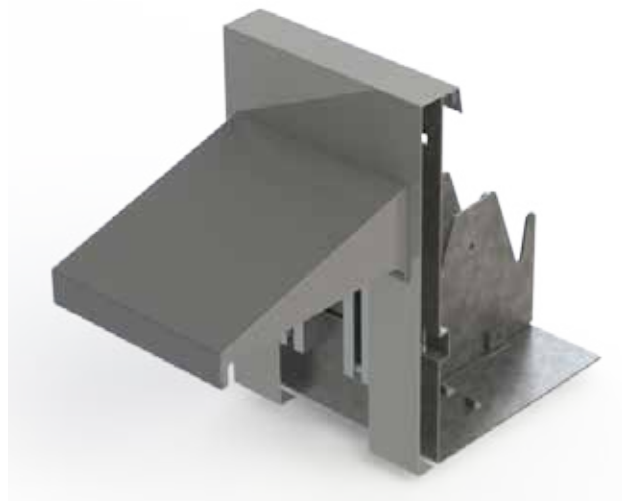


Afb.98: Afwerking randplaten

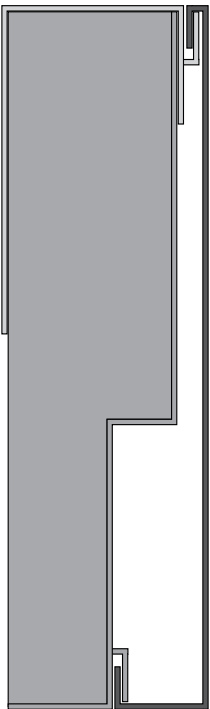


Afb.100: Afwerking randplaten

Het hoekstuk kan op twee manieren worden afgewerkt; wanneer het aan een opstand bevestigd is of wanneer het vrij staat. Wanneer het hoekstuk aan een opstand bevestigd is zijn er twee afwerkingsonderdelen, er is een soort deksteen die over de opstandsbevestiging wordt geplaatst en een afdekplaat die de extrusieonderdelen afdekt. Wanneer het hoekstuk alleen staat is er enkel een afdekplaat nodig.



Afb.101: Afwerking hoekstukken



Afb.99: Zijaanzicht afwerking randplaat



8.12 Geotextiel

Het geotextiel is een doek dat langs de ene kant gemakkelijk water door laat maar dat langs de andere kant water opzuigt uit de drainage bekertjes zodat de planten ervan kunnen drinken. Dit textiel wordt telkens tussen twee overspanningen tegen de tegels gelegd. Dit geotextiel is aan te kopen in rollen van 1,6 meter of 2 meter waardoor ze perfect tussen twee overspanningen passen. Er wordt gebruik gemaakt van kleine klipjes uit veerstaal die het geotextiel op de rand van de sleuf van een extrusiebalk of aan de randplaten kunnen vastklippen.

Het doek zorgt er eveneens voor dat er geen zand in de waterhoudende kommetje of in de afvoerkanalen terecht komt. Wanneer deze gaten te groot zijn zal het geotextiel scheuren onder het gewicht van het substraat. Daarom moet er een kap over de hoekstukken komen en moet de binnenkant van de bak goed afgewerkt zijn. Wanneer er zand in de afvoerkanalen terecht komt kan het zijn dat de afvoer verstopt geraakt waardoor het hele systeem niet meer werkt.

8.13 Presentatie tekening



Afb.103: Presentatie tekening



Technische specificaties

- Het moet een modulair product zijn dat op 80 % van de platte daken geplaatst kan worden. (Bereikt)
- Het moet zowel op muren kunnen staan als aan muren bevestigd kunnen worden. (Bereikt)
- Het moet een gewicht van 750 kg/m² kunnen afbuigen naar de muren, met een maximum van 36 m² per twee draagmuren. (Bereikt)
- Het moet maximaal 6 meter kunnen overbruggen. (Bereikt)
- Het moet cummuleerbaar zijn (6 meter naar één steunmuur + 6 meter naar de volgende). (Bereikt)
- Het moet een maximale substraatlaag tussen 50 en 20 cm kunnen houden. (Bereikt)
- Het moet mogelijk zijn het te dragen gewicht te variëren naar de te overbruggen afstand. (Bereikt)
- Het moet 100 liter water kunnen opslaan voor tijden van droogte. (Afhankelijk van de oppervlakte van de tuin)
- Het moet een isolatiegraad van 0,03 W/(m.K) hebben. (Niet te verifiëren)

Ergonomische specificaties

- De aparte opbouwmodules mogen niet meer dan 25 kg per stuk wegen. (Bereikt)
- Er moet een balustrade geplaatst kunnen worden van minstens 90 cm hoog. (Niet binnen het systeem bereikt)
- Het moet na installatie makkelijk te betreden zijn. Er mag geen opstap hoger dan 20 cm zijn. (Niet binnen het systeem bereikt)
- Het dak moet tegen een snelheid van 1 uur vierkante meter gelegd kunnen worden. (niet bereikt maar verantwoord door de economische verificatie)

Economische specificatie

- De productiekost mag maximaal 400 €/m² bedragen. (Bereikt)
- De verkoopprijs mag maximaal 500 €/m² bedragen. (Net niet bereikt)
- Het product moet na gebruik makkelijk af te breken zijn zodat de verschillende onderdelen gerecycleerd kunnen worden. (Bereikt)

9.1 Conclusies

De meeste specificaties die vooropgesteld waren aan de start van het ontwerpproces zijn wel degelijk bereikt met het uiteidenlijke systeem. Sommige specificaties zoals een waterdichte dakhuid zijn weggefallen wegens aanpassingen van de scope van het project. Een aantal van de specificaties zijn niet binnen het systeem bereikt, maar deze kunnen alsnog verwezenlijkt worden doordat ze makkelijk op het systeem inspelen. De specificatie i.v.m. de isolatiegraad is niet goed opgesteld omdat die binnen dit project niet, of tocht zeer moeilijk te verifiëren valt. Hij zal waarschijnlijk eerder niet bereikt zijn omdat mijn systeem een luchtlaag tussen de tuin en het dak creëert en het zal daardoor ook niet zo'n hoge extra isolatie bieden. De specificatie voor de aanleg tijd is ook niet bereikt, de dakleggers hebben gemiddeld 1u40 nodig per vierkante meter dak dat ze aanleggen. Dit komt omdat de verplaatsingstijd ook mee is ingerekend. Het mis lopen van deze spec is niet zo erg omdat de tijd van het aanleggen door de economische verificatie verantwoord wordt.

Het opstellen, bijstellen en volgen van de specificaties is in dit project volgens mij goed gebeurt. Het uiteindelijke product leunt dicht aan tegen wat ik in het begin voor ogen had.



10.1 Onderzoek

Binnen het onderzoek heb ik zeer breed onderzocht wat groendaken precies inhouden, zodat ik goed wist wat al volledig op punt staat en wat ik nog kon verbeteren als productontwikkelaar. Ik vind dat mijn onderzoek breed genoeg was en dat ik voldoende informatie heb vergaard om te beginnen met het ontwerpen van een nieuw systeem voor een groendak.

De marktanalyse gaf een zeer duidelijk beeld van de verschillende bestaande bedrijven en hun onderlinge verhouding. Het was een relatief makkelijk te analyseren markt, omdat het gaat om een zeer kleine en duidelijke nichemarkt.

Bij het inschatten van het marktpotentieel vond ik het zeer moeilijk om op een juiste manier te werk te gaan. Ik heb twee werkwijzen geprobeerd die allebei niet echt een juist beeld gaven. De eerste werkwijze was te kijken naar de bestaande markt van groendaken (die tamelijk klein is), en hiervoor een nieuw product voor te stellen met als doel deze bestaande markt te vergroten. Het is echter moeilijk in te schatten in hoeverre dit product de markt werkelijk zal vergroten. Bij de tweede benadering ben ik vertrokken van de volledige dakoppervlakte in België, deze is dan weer veel te groot en dus niet realistisch en haalbaar.

De expertinterviews toonden duidelijk een aantal gebreken in de huidige markt aan. Op basis daarvan kon ik drie verschillende productideeën definiëren. Het was moeilijk om die drie productideeën af te wegen t.o.v. elkaar, omdat ze alle drie een ander deel van de markt aanspreken en alle drie een goede meerwaarde bieden. Ik heb zo veel mogelijk criteria gebruikt om de afweging zo gedetailleerd mogelijk te maken. Dit heeft ertoe geleid dat de criteria die de haalbaarheid van het product bepalen vervaagden.

Met het hele onderzoek heb ik me ingewerkt in de wereld van de groendaken. Ik heb uiteraard nog niet zoveel ervaring, maar ik denk wel dat ik op de korte tijd die voorhanden was al een goede basis aan informatie heb verworven om dit product verder te ontwerpen.

10.2 Systeemontwerp

Voor het systeemontwerp was de keuze tussen een houten balk of een vakwerk de moeilijkste. In de bestaande markt van groendaken en daken op zich worden alle daken gelegd als maatwerk. Hierbij moeten de dakleggers op het dak allerlei snij- en pashandelingen doen om het dak mooi af te werken. Toen ik na het onderzoek begon te ontwerpen aan mijn systeem wilde ik van dit paswerk afstappen. Ik wilde een modulair systeem maken dat op ieder dak past. Dit bleek helaas moeilijker dan verwacht omdat elke maat tot op een millimeter aanpasbaar moet zijn als het systeem op elk soort dak moet passen.

Alle mensen waar ik mee sprak i.v.m. dit onderwerp waren grote voorstander voor het gebruik van houten

balken. Uit studies bleek echter dat hout niet stevig genoeg is om met een aanvaardbare dikte het gewicht te dragen. Uiteindelijk resulteerde dit in een systeem dat gebaseerd is op modulaire draagconstructies waarop ik een nieuw en stevig dak kon bevestigen voor een daktuin.

10.3 Eindproduct

Het eindproduct is een zeer modulair systeem dat op elk rechthoekig en L-vormig dak geplaatst kan worden. Dit was de voorwaarde die ik na het systeemontwerp had vooropgesteld. Tijdens de systeemjury waren er nog extra systemen die ik verder ging uitontwikkelen zoals; een trap, een manier om een dakraam door het systeem te trekken en een afscherming voor de burens. Ik heb bewust gekozen om deze niet verder uit te ontwikkelen zodat ik me meer kon concentreren op de basis van het systeem. Het basissysteem laat het wel toe om in de eventuele verdere uitontwikkeling van het product deze systemen hierop te enten.

Het moeilijkste aan het uitwerken van het product was het afstellen van het gewicht en het draagvermogen van de balken. Omdat alles met elkaar te maken heeft zorgde elke aanpassing voor nog meer nieuwe aanpassingen op elk vlak. Zo waren de tussenafstand tussen de balken, de dikte van de substraatlaag en de draagkracht van de balk cruciaal voor het hele systeem. Ik moest een goede verhouding tussen deze factoren vinden voor ik de andere systemen kon ontwerpen naar stevigheid. Het heeft heel lang geduurd voor ik een degelijke balk had die genoeg gewicht kon dragen. Eens ik deze balk gedefinieerd had kon ik hieruit de kracht in elk onderdeel bepalen, alsook hun dimensies. Dit nam veel tijd in beslag omdat Solidworks simulations een programma is dat niet zo snel werkt en omdat ik nog maar weinig ervaring had op het vlak van sterkteleer. Mits veel trial en error heb ik de onderdelen toch naar goede dimensies kunnen ontwerpen. Tijdens dit project heb ik dan ook zeer veel bijgeleerd over sterkteleer en het uitvoeren van simulaties.

De economische verificatie was ook een zeer moeilijke taak. Er zijn maar weinig vaste prijzen en alles hangt dan ook af van schatting en ervaring. Met behulp van enkele mensen uit het vak heb ik aanvaardbare prijzen per onderdeel kunnen schatten. Omdat ik de kostenberekening in vele kleine onderdelen heb opgedeeld was het duidelijk te zien waar de prijs voornamelijk door bepaald werd. De uiteindelijk berekende prijs is bijna exact mijn vooropgestelde prijs uit de specificaties, wat dus een zeer goede zaak is. Alhoewel deze naar mijn gevoel toch een beetje duur is. De prijs is wel nog te drukken door middel van betere uitontwikkeling van elk onderdeel, bovendien is er ook geen rekening gehouden met schaalvoordelen wanneer er op termijn in grote hoeveelheden geproduceerd kan worden. Over het algemeen ben ik tevreden over mijn eindresultaat. Het is volgens mij zeker een goed product dat voldoet aan de nodige eisen en wensen. Babilonya is een product dat enig is in haar soort en daardoor een gat in de markt kan opvullen.



Adler, S., 2013. *Zuurstof, de eerste levensbehoefte*. [Online PDF] Available at <http://www.jiffygroup.com/assets/files/Newsletters/2013/Ro%28o%29uting_no_2_2013_Dutch.pdf> [Accessed 5 november 2013]

Aluminium Centrum, 2011. *Standaardisatie aluminium profielen voor (lichtgewicht) constructies*. [Online PDF] Available at <http://www.aluminiumcentrum.nl/aluminiumcentrum.nl/files/Doc/M2i/Eindrapport_standaardisatie_aluminiumprofielen_voor_licht_gewicht_constructies.pdf> [Accessed 5 november 2013]

Aluminium Centrum, 2002. *SPUITGIETEN VAN ALUMINIUM* [Online PDF] Available at <http://www.aluminiumcentrum.nl/aluminiumcentrum.nl/files/Doc/Aluminium/Be-%20en%20verwerken/Spuitgieten_van_aluminium.pdf> [Accessed 5 november 2013]

Aluminium Coach, 2014. *Legeringswijzer* [Online] Available at <<http://www.aluminiumcoach.nl/legeringswijzer/>> [Accessed 5 november 2013]

Amazon, 2012. [Online] Available at <<http://www.amazon.de/Vulkaplus-Intensiv-0-16-cbm/dp/B008OQI8D8>> [Accessed 5 december 2013]

Argex, 2013. [Online] Available at <<http://www.argex.eu/nl/>> [Accessed 5 maart 2013]

BASF, 2013. [Online] Available at <<http://www.basf.com/group/corporate/en/>> [Accessed 7 maart 2013]

106 Bayer, 2013. [Online] Available at <<http://www.bayer.com/>> [Accessed 7 maart 2013]

Batelaan, J. G., 1998. *Superabsorberende materialen*. Arnhem: Akzo Nobel Central Research.

Berkela, 2013. *Bouwkundig detailleren voor tekenaar en ontwerper*. [Online] Available at <<http://berkela.home.xs4all.nl/c%20daken%20uitleg.html>> [Accessed 19 februari 2013]

BRIS, 2013. *Bouwbesluit online, Artikel 2.18 Hoogte*. [Online] Available at <http://www.bouwbesluitonline.nl/Inhoud/docs/wet/bb2012_nvt/artikelsgewijs/hfd2/afd2-3/par2-3-1/art2-18> [Accessed 19 november 2013]

Broeckx, K., Vennekens, R. and Verstraeten, B., 2003. *DE INDELING VAN DE ALUMINIUMLEGERINGEN*. [Online PDF] Available at <http://www.bil-ibs.be/sites/default/files/publicaties/200304_49A11_Infofiche%20Aluminium_D2_Indeling.pdf> [Accessed 19 november 2013]

Bureau voor normalisatie, 2008., *NBN EN 1991-1-3-ANB : General actions- snow loads*, Brussels: NBN.

Bureau voor normalisatie, 2012., *NBN EN 1991-1-4-ANB : General actions- Wind loads*, Brussels: NBN.

Bureau voor normalisatie, 2005., *NBN EN 1991-1-1-ANB : General actions- densities, self-weight, imposed loads of buildings*, Brussel: NBN.

Budinski K.G. and Budinski M.K., 2011. *Materiaalkunde*. 8^{ste} ed. Enschede: Saxion Hogeschool

Burgerlijk wetboek, *Art. 675-680bis : uitzicht op het eigendom van de nabuur*.

Carriijn, J., 2011. Uitvoeringstechnieken 1 daktuinen, *BCLSTA02A00021 uitvoeringstechnieken*. Hogeschool Gent, unpublished.

Chnl, 2013. *Architecten en adviseurs*. [Online] Available at: <<http://chnl.nl/aannemer-kosten/>> [Accessed 17 december 2013]

Costumpart, 2013. *Cost estimator*. [Online] Available at: <<http://www.costumpartnet.com/estimate/injection-molding-std/>> [Accessed 17 december 2013]

De Cuyper, K., 2013. *Nooduitlaten op platte daken met een opkant*. WTCB. [Online] Available at: <<http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=infofiches&pag=40>> [Accessed 8 december 2013]

- Demetaalgids, 2013. *Aluminium en legeringen*. [Online] Available at: <www.demetaalgids.nl/index.php?> [Accessed 7 november 2013]
- Demetaalgids, 2013. *Wegwijzer constructiestaal*. [Online] Available at: <<http://www.demetaalgids.nl/index.php?page=wegwijzer-constructiestaal>> [Accessed 7 november 2013]
- Designerdata, 2013. [Online] Available at: <[Http://www.designerdata.nl/](http://www.designerdata.nl/)> [Accessed 7 november 2013]
- Detremmerie, V., 2013. *Muurkappen en dekstenen*. WTCB. [Online] Available at: <<http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bbri-contact&pag=Contact32&art=492>> [Accessed 12 november 2013]
- Directplants, 2012. *Informatie, verzorging en verkoop van bomen* [Online] Available at < <http://www.directplant.nl/bomen> >[Accessed 7 oktober 2013]
- Douterloigne, 2011. *Balken en vulpotten van beton*. [Online PDF] Available at: <http://www.douterloigne.be/images/dbimages/docs/01_12_PB_NL_BETONVULPOTTEN_BESTEK_copy_1.pdf> [Accessed 29 februari 2013]
- Drain Products, 2013. [Online] Available at <<http://www.drainproducts.nl/>>[Accessed 7 maart 2013]
- Ecoworks, 2012. *Groendaken groot of klein extensief of intensief* [Online PDF] Available at: < <http://www.ecoworks.be/brochures/groendak.pdf>> [Accessed 22 februari 2013]
- Eternit, 2013. [Online] Available at <<http://www.eternit.be/nl/dak/groendaken/producten/ecolor-green/>> [Accessed 5 maart 2013]
- Febecel, 2012. *4.9. Berekening van dragende metselwerken onderworpen aan verticale belasting*. [Online PDF] Available at: < <http://www.febecel.be/pdf/dragend.pdf> > [Accessed 7 maart 2013]
- Femtec, 2014. *Von Mises Spanning*. [Online] Available at: <<http://www.femtec.nl/faq/von-mises-spanning>> [Accessed 7 maart 2013]
- Floradak, 2007. *Lastenboekbeschrijving* [Online Doc] Available at: < www.floradak.be/downloads/floradak_lastenboek.doc> [Accessed 1 maart 2013]
- FOD Economie, 2001. *Statistieken en economische informatie enquête 1/10/2001*. Brussel: FOD Economie.
- Greenfields, 2008. [Online] Available at <<http://www.ug-daktuinen.nl/>> [Accessed 8 november 2013]
- Groendakwebshop, 2014. [Online] Available at <<http://www.groendakwebshop.nl/substraat/>> [Accessed 8 november 2013]
- Heselmans, J., 2013. *Corrosie en corrosiebestrijding van en met aluminium*. [Online] Available at: < <http://www.alurvs.nl/aluminium/artikelen/452/>> [Accessed 1 november 2013]
- Hughes, J., American Colloid Company., 1991. *Plant Transplant and Plant Preservation Medium*. United States. Pat. 4,985,061.
- Hydro, 2014. *How it's made* [Online] Available at: < <http://www.hydro.com/en/About-aluminium/How-its-made/>> [Accessed 1 november 2013]
- IBIC, 2013. [Online] Available at <www.ibicgreensolutions.com> [Accessed 5 maart 2013]
- IBIC, 2012. [Online PDF] Available at <http://vanlierden.empuls.be/technische-fiches/ibic_drain_200_nl.pdf> [Accessed 5 december 2013]
- Idicomposites, 2013. *Bulk moulding compounds* [Online PDF] Available at: < http://www.idicomposites.com/pdfs/idi_bmc_product_sheet.pdf> [Accessed 22 november 2013]
- Insulco, 2013. [Online] Available at <http://www.insulco.be/geotechnique/insulco_nl.htm>[Accessed 5 maart 2013]
- Jacob, 2013. [Online] Available at <<http://www.jakob.ch/display/JAK/Jakob+Home>>[Accessed 5 december 2013]



Jouyban, Z. and Moosavi, S. G., 2011. Effect of different irrigation intervals, nitrogen and superabsorbent levels on chlorophyll index, yield and yield components of sesame. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10 (1), pp. 360-364.

Kerstenne, P. and et al, 2006. *Technische voorlichting 229 :Groendaken*. Brussel: WTCB.

KMI, 2013., *Karakteristieken van enkele klimatologische parameters*. [Online] Available at < <http://meteo.be/meteo/view/nl/360361-Parameters.html>> [Accessed 18 maart 2013]

Leefmilieu Brussel., 2010. *Praktische handleiding voor de duurzame bouw en renovatie van kleine gebouwen*. Brussel: Brussels instituut voor milieubeheer. [BIM]

Louwers, F. and et al., 2000. *Technische voorlichting 215: Het platte dak, opbouw, materialen, uitvoering, onderhoud*. Brussel: WTCB.

Mentens, J., 2002. Groendaken in Vlaanderen & Brussel. *Groencontact*, 2003/5, pp. 24-26.

Mentens, J., 2004. Waterretentie van extensieve groendaken. *Groencontact*, 2004/4, pp. 14-17.

Mentens, J., Hermy, M. and Raes, D., 2002., *Extensieve groendaken*. Brussels: Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Bos & Groen.

Morgo, 2013. *TOESTANDSAANDUIDING VAN ALUMINIUM*. [Online PDF] Available at <http://www.morgo.nl/pdf/morgotoestandsaanduiding_van_aluminium.pdf> [Accessed 5 november 2013]

Morgo, 2013. *B ASIS INFORMATIE GIETLEGERINGEN*. [Online PDF] Available at <http://www.morgo.nl/pdf/morgobasisinformatie_gietlegeringen.pdf> [Accessed 5 november 2013]

Motmans, R., 2013. *Hoe gewicht maximaal tillen? 25kg en minder*. [Online] Available at <http://www.ergonomiesite.be/arbeid/gewicht_tillen.htm> [Accessed 5 oktober 2013]

Nishi, Y. and Faudree, M., 2010. Tensile Strength Enhancement by Shortening Glass Fibers with Sub-Millimeter Length in Bulk Molding Polymer Compound. *Materials Transactions*, 51 (12) pp. 2304-2310

Nunnery, L., 2013, *Bulk Molding Compound; A Low Cost Alternative for Aesthetically Critical, High Heat Applications*. [Online PDF] Available at <http://www.bulkmolding.com/_uploads/pdf/bmc_highheatapp.pdf> [Accessed 5 oktober 2013]

Philippona, J., 2013. *Hoe schat je het volume van een boom?* [Online] Available at < <http://www.monumentaltrees.com/nl/content/volumemeten/>> [Accessed 5 oktober 2013]

Ploegsteeg, 2011. *Staltongewelven*. [Online PDF] Available at: < <http://www.ploegsteert.com/userfiles/ploegsteert/downloadcentre/Staltongewelven.pdf>> [Accessed 8 maart 2013]

Renolit, 2013. [Online] Available at <<http://www.renolit.com/waterproofing-roofing/en/products/renolit-alkorgreen/>> [Accessed 5 maart 2013]

Ravesloot, C. M., 2011., Groot maatschappelijk belang bij de aanleg van begroeide daken. *Dak & gevel groen*, 2 pp. 50-55.

Ravesloot, C. M., 2012., Groendak in cijfers. *Dak & gevel groen*, 1 pp. 22-25. Van Heck, G. F., 2011. Hellend groen is een vak apart. *Dak & gevel groen*, 1 pp. 52-55

Ravesloot, C. M., 2011., Score met een begroeid dak. *Dak & gevel groen*, 5 pp. 50-55.

Schraubenbude, 2013. [Online] Available at <http://www.schraubenbude.de/index.php?cName=fischer-duebel-schwerlast-befestigungen-stahl-zykon-anker-fza-zykon-bolzenanker-fza-a4-edelstahl-c-4744_4909_4949_4951&xploidID=2imo8h93jou7hn0iqvisfs5660> [Accessed 5 december 2013]

Sempergreen, 2013. [Online] Available at <<http://www.sempergreen.com/nl>> [Accessed 5 maart 2013]



Serruys, W. 2006., 2^{de} ed. *Plaatbewerking stan van de techniek*. Gullegem: LVD company

Stad Antwerpen, 2011., Stedenbouwkundige vorderingen Bouwcode. [Online PDF] Available at <http://www.antwerpen.be/docs/Stad/Bedrijven/Sociale_zaken/SZ_Woon/Bouwcode_finaal_web.pdf> [Accessed 15 maart 2013]

Stad Antwerpen, 2011., *Premie voor de aanleg van een groendak*. [Online] Available at <<http://www.antwerpen.be/eCache/ABE/1/873.Y29udGV4dD04MDMzODkx.html>> [Accessed 13 maart 2013]

Stad Antwerpen, 2010. *Woonmonitor 2010*. [Online PDF] Available at: < http://www.antwerpen.be/docs/Stad/Bedrijven/Sociale_zaken/SZ_Woon/Woonmonitor_2010.pdf> [Accessed 11 februari 2013]

Storax, 2013, *Leuningen*. [Online PDF] Available at: < http://www.nbd-online.nl/frame.html?page=001225190867763_Productbrochure-Storax-Balustrades-en-traphekken.pdf&title=Productbrochure%20Storax%20-%20Balustrades%20en%20traphekken> [Accessed 11 november 2013]

Studiedienst van de Vlaamse Regering, 2012. *Evolutie van de oppervlakte van percelen met gebouwen voor economische bedrijvigheid naar bestemming van de gebouwen (in ha)*. Brussel: FOD Economie.

Studiedienst van de Vlaamse Regering, 2012. *Evolutie van de oppervlakte van onbebouwde en bebouwde percelen in Vlaanderen naar gebieden volgens het Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen (in km²)*. Brussel: FOD Economie.

Tardecc, 2012. [Online] Available at <<http://www.tradec.be/nl/home/>> [Accessed 5 maart 2013]

Teeuw, P.G. and Ravesloot, C.M., 1998. *Begroeide daken in Nederland*. Delft: Delft University Press.

Terra Top, 2013. [Online] Available at <<http://www.topterra.com/>> [Accessed 7 maart 2013]

Tesco, 2013. [Online] Available at <<http://www.tosec.nl/>> [Accessed 7 november 2013]

Universiteit Twente, 1999. *Stroming Dynamica van vloeistoffen en gassen*. [Online] Available at < <http://www.nijstad.com/vragen/natuurkunde/stroming/stroming.html> > [Accessed 7 december 2013]

Van Dorland, R., Dubelaar-Versluis and W., Jansen, B., 2011. *Staat van het klimaat 2010*. Amsterdam: Platform Communication on Climate change[PCCC]

Van Krieken, G., 2006, *Het gieten van staal*. [Online PDF] Available at: < <http://www.nil.nl/public/user/images/nilwebsite/NIL%20Informatie/Vakkennis/Materialenkennis/Het%20gieten%20van%20staal.pdf>> [Accessed 11 november 2013]

Van Leemput, S. and Heuts, E., 2007. *Groendaken & Gevelbegroeing*, Antwerpen: Vlaams Instituut voor Bio-Ecologisch bouwen en wonen. [VIBE vzw]

Vlaamse Milieumaatschappij, 2013. *Diameter en helling van afval- en regenwaterleidingen onder of rond gebouwen*. [Online] Available at: < <http://www.vmm.be/water/waterwegwijzerbouwen/waterafvoer/ontwerp-van-een-huisriolering/diameter-en-helling-van-afval-en-hemelwaterleidingen-onder-of-rond-gebouwenf>> [Accessed 8 december 2013]

Wienerbergen, 2012. *Waarom 10 gelijk is aan 12,5* [Online PDF] Available at: < <http://www.wienerberger.be/waarom-10-gelijk-is-aan-125....html> > [Accessed 8 maart 2013]

Winter gronddoekhandel, 2013. [Online] Available at: <<http://www.wintergronddoekhandel.nl/>> [Accessed 8 december 2013]

WTCB, 2013. *Borstweringen van gebouwen*. [Online] Available at: < http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=tv-nit&pag=244&art=6&niv01=6_4&niv02=6_4_3 > [Accessed 8 november 2013]

Yazdani, F., Allahdadi, I. and Akbari, G. A., 2007. Impact op Superabsorbent Polymer on Yield and Growth Analysis of Soybean Under Drought Stress Condition. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10 (23), pp. 4190-4196.



Zinco, 2013. *Technische Handleiding Extensief*. [Online PDF] Available at: <<http://www.zinco.be/nl/downloads/doc/TechnischeHandleidingExtensief2013.pdf>> [Accessed 12 februari 2013]

Zinco, 2013. [Online] Available at <<http://www.zinco.be/nl/index/index.html>> [Accessed 5 maart 2013]





Tabel om de windbelasting op een dak te berekenen

LIGGING		DAKHOOGTE TOT (m)																																																																																										
		10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0	22,0	23,0	24,0	25,0	26,0	27,0	28,0	29,0	30,0	31,0	32,0	33,0	34,0	35,0	36,0	37,0	38,0	39,0	40,0	41,0	42,0	43,0	44,0	45,0	46,0	47,0	48,0	49,0	50,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	57,0	58,0	59,0	60,0	61,0	62,0	63,0	64,0	65,0	66,0	67,0	68,0	69,0	70,0	71,0	72,0	73,0	74,0	75,0	76,0	77,0	78,0	79,0	80,0	81,0	82,0	83,0	84,0	85,0	86,0	87,0	88,0	89,0	90,0	91,0	92,0	93,0	94,0	95,0	96,0	97,0	98,0	99,0	100,0
I Kust (a) II Landelijk III Stedelijk IV Stad	luchtoppen dakvloer luchtoppen gevel	GEBOUWTYPE		Geval 1																																																																																								
		DAKZONE	niet slank slank	- 2716 - 2304	- 2814 - 2388	- 3003 - 2548	- 3218 - 2730	- 3432 - 2912	- 3647 - 3094	- 3861 - 3276	- 4076 - 3458	- 4290 - 3640	- 4505 - 3822	- 4719 - 4004	- 4934 - 4186	- 5148 - 4368																																																																												
		Hoekzone (b)	niet slank slank	- 2304 - 1893	- 2388 - 1961	- 2548 - 2093	- 2730 - 2243	- 2912 - 2392	- 3094 - 2542	- 3276 - 2691	- 3458 - 2841	- 3640 - 2990	- 3822 - 3140	- 4004 - 3289	- 4186 - 3439	- 4368 - 3588																																																																												
			niet slank slank	- 2304 - 1893	- 2388 - 1961	- 2548 - 2093	- 2730 - 2243	- 2912 - 2392	- 3094 - 2542	- 3276 - 2691	- 3458 - 2841	- 3640 - 2990	- 3822 - 3140	- 4004 - 3289	- 4186 - 3439	- 4368 - 3588																																																																												
			Middenzone	- 1481	- 1535	- 1638	- 1755	- 1872	- 1989	- 2106	- 2223	- 2340	- 2457	- 2574	- 2691	- 2808																																																																												
	luchtdichte dakvloer luchtdichte gevel	GEBOUWTYPE		Geval 2																																																																																								
		DAKZONE	niet slank slank	- 2304 - 1893	- 2388 - 1961	- 2548 - 2093	- 2730 - 2243	- 2912 - 2392	- 3094 - 2542	- 3276 - 2691	- 3458 - 2841	- 3640 - 2990	- 3822 - 3140	- 4004 - 3289	- 4186 - 3439	- 4368 - 3588																																																																												
		Hoekzone (b)	niet slank slank	- 2304 - 1893	- 2388 - 1961	- 2548 - 2093	- 2730 - 2243	- 2912 - 2392	- 3094 - 2542	- 3276 - 2691	- 3458 - 2841	- 3640 - 2990	- 3822 - 3140	- 4004 - 3289	- 4186 - 3439	- 4368 - 3588																																																																												
				niet slank slank	- 1893 - 1481	- 1961 - 1535	- 2093 - 1638	- 2243 - 1755	- 2392 - 1872	- 2542 - 1989	- 2691 - 2106	- 2841 - 2223	- 2990 - 2340	- 3140 - 2457	- 3289 - 2574	- 3439 - 2691	- 3588 - 2808																																																																											
				Middenzone	- 1070	- 1109	- 1183	- 1268	- 1352	- 1437	- 1521	- 1606	- 1690	- 1775	- 1859	- 1944	- 2028																																																																											
		luchtdichte dakvloer geen compartimentering	GEBOUWTYPE		Geval 3																																																																																							
			DAKZONE	niet slank slank	- 1646 - 1234	- 1706 - 1279	- 1820 - 1365	- 1950 - 1463	- 2080 - 1560	- 2210 - 1658	- 2340 - 1755	- 2470 - 1853	- 2600 - 1950	- 2730 - 2048	- 2860 - 2145	- 2990 - 2243	- 3120 - 2340																																																																											
			Hoekzone (b)	niet slank slank	- 1646 - 1234	- 1706 - 1279	- 1820 - 1365	- 1950 - 1463	- 2080 - 1560	- 2210 - 1658	- 2340 - 1755	- 2470 - 1853	- 2600 - 1950	- 2730 - 2048	- 2860 - 2145	- 2990 - 2243	- 3120 - 2340																																																																											
					niet slank slank	- 1234 - 823	- 1279 - 853	- 1365 - 910	- 1463 - 975	- 1560 - 1040	- 1658 - 1105	- 1755 - 1170	- 1853 - 1235	- 1950 - 1300	- 2048 - 1365	- 2145 - 1430	- 2243 - 1495	- 2340 - 1560																																																																										
					Middenzone	- 411	- 426	- 455	- 488	- 520	- 553	- 585	- 618	- 650	- 683	- 715	- 748	- 780																																																																										
luchtdichte dakvloer lucht- bewegingen uitgesloten			GEBOUWTYPE		Geval 4																																																																																							
			DAKZONE	niet slank slank	- 1070 - 823	- 1109 - 853	- 1183 - 910	- 1268 - 975	- 1352 - 1040	- 1437 - 1105	- 1521 - 1170	- 1606 - 1235	- 1690 - 1300	- 1775 - 1365	- 1859 - 1430	- 1944 - 1495	- 2028 - 1560																																																																											
			Hoekzone (b)	niet slank slank	- 1070 - 823	- 1109 - 853	- 1183 - 910	- 1268 - 975	- 1352 - 1040	- 1437 - 1105	- 1521 - 1170	- 1606 - 1235	- 1690 - 1300	- 1775 - 1365	- 1859 - 1430	- 1944 - 1495	- 2028 - 1560																																																																											
					niet slank slank	- 823 - 411	- 853 - 426	- 910 - 455	- 975 - 488	- 1040 - 520	- 1105 - 553	- 1170 - 585	- 1235 - 618	- 1300 - 650	- 1365 - 683	- 1430 - 715	- 1495 - 748	- 1560 - 780																																																																										
					Middenzone	- 411	- 426	- 455	- 488	- 520	- 553	- 585	- 618	- 650	- 683	- 715	- 748	- 780																																																																										
	luchtdichte dakvloer lucht- bewegingen uitgesloten		GEBOUWTYPE		Geval 5																																																																																							
			DAKZONE	niet slank slank	- 686 - 549	- 711 - 569	- 758 - 607	- 813 - 650	- 867 - 693	- 921 - 737	- 975 - 780	- 1029 - 823	- 1083 - 867	- 1138 - 910	- 1192 - 953	- 1246 - 997	- 1300 - 1040																																																																											
			Hoekzone (b)	niet slank slank	- 686 - 549	- 711 - 569	- 758 - 607	- 813 - 650	- 867 - 693	- 921 - 737	- 975 - 780	- 1029 - 823	- 1083 - 867	- 1138 - 910	- 1192 - 953	- 1246 - 997	- 1300 - 1040																																																																											
					niet slank slank	- 549 - 411	- 569 - 426	- 607 - 455	- 650 - 488	- 693 - 520	- 737 - 553	- 780 - 585	- 823 - 618	- 867 - 650	- 910 - 683	- 953 - 748	- 1040 - 780	- 1040 - 780																																																																										
					Middenzone	- 274	- 284	- 303	- 325	- 347	- 368	- 390	- 412	- 433	- 455	- 477	- 498	- 520																																																																										

(a) Hoogte boven laagwater.
 (b) In aanvulling op de norm NBN B 03-002 [2] vermelden we dat geen rekening moet gehouden worden met hoek- en randzones indien het dak niet hoger is dan de gebouwen in de omgeving. Voorwaarde is dat binnen een straat van 1 km rond het bestudeerde gebouw minstens 1/4 van de oppervlakte bezet is met gebouwen die gemiddeld minimum even hoog zijn (windklassen III en IV).

Interview

Interview afgenomen bij 21 mensen die in de stad of op het platteland wonen

1 Hoeveel daken heeft u?

- 1 is het hoogste dak
- 2
- 3
- 4 of meer

Voor elk dak apart

2.1 Hoe ziet het dak eruit?

- Schuin dak of zadeldak
- Plat dak
- Bol of rond dak

2.2 Hoe is het dak bereikbaar?

- Via een raam
- Via een deur
- Via een gat in het dak
- Via een ladder

2.3 Zijn er dakramen?

- Nee
- Plat raam
- Uitstekend
- Andere

Indien het een plat dak is

2.4 Welke vorm heeft het dak?

- Rechthoekig
- L-vorming
- T-vormig
- Anders

2.5 Door hoeveel muren is het dak ingesloten?

- Geen
- 1
- 2 in een hoek
- 2 tegenoverstaande
- 3
- 4

Terug naar boven voor de volgende daken.

6 Zou u graag een groendak hebben dat u kan gebruiken als tuin? (zonder extra verbouwingen)

- Ja
- Nee



Diepte-interviews

uitgeschreven diepte interviews afgenomen via de telefoon met 2 tuinarchitecten en 1 daklegger.

Vragen voor een dakwerker

Hoe wordt een plat dak gelegd?
Welke verschillende stadia zijn er?
Hoelang duurt het om een plat dak te leggen?
Hoe wordt een schuin dak gelegd?
Welke verschillende stadia zijn er?
Hoelang duurt het om een schuin dak te leggen?
Kunnen dakpannen gemakkelijk vervangen worden?
Wordt dit soms gedaan of legt men meestal een volledig nieuw dak?
Legt u soms groendaken?
Hoelang duurt dit?
Zijn er bepaalde problemen met het leggen van groendaken?
Leggen jullie vaak een volledig nieuw dak bij een renovatie?
Als u een dak ineens kan leggen als groendak met één module, zou dat een verbetering zijn?
Als u dakpannen kon vervangen door groendakpannen, zou dit een meerwaarde geven?

114 Vragen voor tuinarchitect

Heeft u al veel groendaken ontworpen?
Wat willen de klanten vooral als ze vragen om een groendak?
Waarom zou u een groendak aanprijzen of niet?
Wat zijn de meest voorkomende problemen met een groendak?
Op welke vlakken wordt u het meest beperkt bij het aanleggen van groendaken of tuindaken?
Als je meer verschillende soorten planten kan laten groeien, zorgt dit voor een meerwaarde?
Hoe komt het dat je nog niet zoveel groendaken ziet?
Hoe dikwijls wordt er een groendak gelegd?
Merkt u dat het meer stadsgebonden is? Of op bepaalde plaatsen meer wordt aangelegd?
Als u een dakterras kon aanleggen op een bestaand dak, zou dat dan een meerwaarde geven?

Daklegger 1

- Hoe wordt een plat dak gelegd?
Eerst wordt alles van het vorige dak verwijderd tot op de constructie, die van hout of beton is. Dan legt men een damp scherm. Hierop komt 10 cm isolatie die voldoet aan de normen; ze wordt op het damp scherm gelijmd met koude luim of pu. Daarop wordt tweelaagse roofing geplaatst. Men kan ook verkiezen om de oude dakbedekking te laten liggen. Deze fungeert dan als damp scherm waarop men de isolatie en roofing plaatst. In plaats van roofing is het ook mogelijk om rubber te leggen; dit is duurder, maar duurzamer en met een langere garantie. Hij wordt gelijmd aan de isolatie en dan aan elkaar gelast. Vloei bare dakbedekking wordt niet gebruikt in deze firma. Herstellingen aan een plat dak worden weleens gedaan omdat bepaalde plaatsen sneller verduren, zoals de topbuis of de schoorsteen;

die gaan 6 jaar of zo mee. Maar dit is meer in afwachting van een nieuw dak. Men legt ook soms schuine roofing, maar die moet goed vastgenageld zijn zodat hij niet kan wegschuiven.

- Hoelang duurt het om een nieuw dak te leggen?
Als men het oude dak laat liggen, moet men het eerst reinigen, dan pu en roofing leggen. Voor 90 m² kost dit ongeveer 2,5 dagen met drie man. Maar 10 m² kost één man ongeveer één dag. Het hangt allemaal van verschillende factoren af: moet de oude dakbedekking weg, hoeveel man is er, ...

- Pannendaken
Een pannendak herstellen gebeurt weinig. Meestal gaan de panlatten minder lang mee, zodat men beter het hele dak vernieuwt. Als er enkele pannen zijn verplaatst of weggewaaid, kan men er wel nieuwe plaatsen indien men nog dezelfde maat heeft of vindt. Op een dak kunnen geen twee verschillende maten worden geplaatst, tenzij men ze aan elke kant van het dak plaatst.

- Hoelang duurt het om een nieuw dak te leggen?
Voor 90 m² vier à vijf dagen met drie man. Maar het hangt ervan af of je een verhuisliftje hebt of een kraan. Met een kraan en vijf man is het dak in drie dagen weg. Tegenwoordig is er een nieuw systeem om dakpannen te leggen: isotec. Het is isolatie van damp scherm en panlatten in één. Het zijn platen van 3,9 meter die direct op de dakconstructie worden gelegd en hierop worden de dakpannen gelegd.

Tuindakarchitect 1

- Heeft u al groendaken of tuinen gemaakt?
Heeft u onze site bekeken? Daarop ziet u dat we al 30 jaar ervaring hebben in groendaken en tuinen.
- Wat zijn de meest voorkomende problemen met groendaken?
Het gewicht is altijd lastig. En op een roofing is er altijd kans dat er lekken ontstaan, wat bij ons nog nooit is voor gekomen. Of bij een grote boom kunnen de wortels na een lange tijd door de wortelwerende laag geraken en het dak beschadigen.

- Wat is de meest voorkomende meerwaarde voor een klant?
Het uitzicht dat van een triestige saaie roofing verandert naar een mooie weelderige tuin. Het is een regenwaterbuffer. (Is dat een persoonlijke meerwaarde?) Nee, men wil eigenlijk een eigen paradijs creëren op het dak.

Bij industriële bedrijven is waterbuffering wel degelijk een meerwaarde omdat daar zeer grote magazijnen en gebouwen zijn met gigantische oppervlaktes; daar kan men moeilijker goede rioleringen tussen leggen. Voor hen zijn er nog meer voordelen zoals subsidies, in combinatie met zonnepanelen, een eigen energievoorziening, extra isolatie, verplicht imago. Bij bedrijven gaat het om een enorme oppervlakte die men kan bedekken met extensieve groendaken.

- Als het mogelijk is om andere planten op een extensief dak te plaatsen, zorgt dit dan voor een extra meerwaarde?
Natuurlijk, dan kunnen er bloemen op groeien die insecten en vogels aantrekken en meer diversiteit

bieden.

Het is sinds een jaar bij wet verplicht om een extensief groendak aan te brengen op elk nieuwbouw dak.

- Kan het op schuine daken?

Een groendak op schuine daken wordt gedaan tot 45°, soms doet men steiler, maar ik vind dat ethisch niet verantwoord, want hoe steiler je gaat hoe meer water je het dak moet geven om het te laten overleven. Dat komt omdat het water niet meer goed verdeeld wordt over het hele dak. En dat is drinkwater dat je op je dak spuit. Bij een dak van 45° moet je hooguit vijf keer per jaar water geven, maar als je steiler gaat verandert dit al snel.

- Is het stadsgebonden?

Extensieve daken worden overal gelegd, omdat dit meer om het uitzicht gaat, maar daktuinen worden meer in de steden toegepast. Alhoewel mensen steeds dichter op elkaar gaan leven, waardoor ze gedwongen zijn om op de daken hun stukje groen te maken. Dus zelfs in dorpen komt men meer en meer tuindaken tegen.

- Wat zijn de problemen met een groendak? (andere persoon)

Als eerste altijd het gewicht, maar wat ik het ergste vind is dat groendaken of daktuinen als zeer ecologisch worden beschouwd, terwijl dat niet altijd zo is. Daktuinen hebben water nodig en dat is drinkwater dat erop wordt gespoten; ik zou graag een waterbuffering hebben om regenwater op het dak te kunnen spuiten. Er zijn zeer veel folies nodig, zoals het wortelwerende doek, het erosiedoek, ... ze worden allemaal gefabriceerd van nieuwe plastic. Het substraat dat wij gebruiken is van vulkaniet dat licht is en goed het water vasthoudt, maar het komt uit Duitsland en wordt 500 km vervoerd voor wij het op het dak gooien. Dus de daktuin als ecologisch idee is een beetje een dubbel gegeven.

Het vulkanische substraat dat wij gebruiken, is een soort kiezel met veel luchtgaatjes erin en met extra mineralen. De geëxpandeerde kleibolletjes van argex hebben geen mineralen; daarom zijn ze minder geschikt. Die gebruiken we meer om een substraat lichter te maken of om de tuin op te hogen, zodat er geen trapje nodig is maar de tuin direct aan de deur grenst. De hoogte is soms ook nodig om de wortels diep te laten wortelen voor de stevigheid.

Het probleem met potgrond of teelaarde is dat het uit organisch materiaal bestaat; dat wordt opgebruikt door de planten, dus een jaar later ligt er enkele cm minder substraat. Het tweede probleem is dat het dichtsluimt: na enkele jaren is er een zeer dichte massa ontstaan waar geen water meer door kan.

Het gewicht dat nodig is om een beetje deftige tuin te maken is 250 tot 300 kg/m²; dat is de passieve belasting. Daarbovenop komt nog een actieve belasting: bijvoorbeeld bij een receptie kunnen er ongeveer twee personen met een glas in de hand staan op één vierkante meter, wat neerkomt op een gewicht van 200 kg/m².

- Productidee 1

Dat zou een enorme meerwaarde geven als dat kon. Maar het gewicht blijft het probleem en er zijn zeer veel verschillende huizen, dus het zal een enorm modulair systeem moeten worden. Misschien moet je helium

gebruiken om het gewicht te verminderen (ishigawa).

- Productidee 2

Dat bestaat al in een soort cassettevorm.

- Productidee 3

Dat is ook een zeer goed idee, maar het probleem is dat men niet op dat dak kijkt, dus zal er een extra meerwaarde aan gekoppeld moeten worden zoals een soort energiewinning of een waterzuiveringssysteem.

Tuinarchitect 2

- Heeft u al een groendak aangelegd?

Ja

- Waarom kiezen mensen voor een groendak? Of wat zijn de meest voorkomende motieven om een groendak aan te leggen?

Er zijn twee soorten groendaken: extensief en intensief. Bij een intensief groendak gaat het vooral om het visuele aspect en een groen dak i.p.v. een roofing. Een tweede, minder belangrijk puntje is de grotere isolatiewaarde die een rol speelt en een waterbuffering. Intensieve groendaken kiest men vooral om de grote ruimteschaarste te kunnen opvangen en het maximum te benutten van elk stukje ruimte. (In Aalter een park op de parkeergarage)

- Wat zijn de beperkingen?

Lasten, het gewicht; bij nieuwbouw kan men hier van bij het begin rekening mee houden. Het is ook duur; Aalter was bijvoorbeeld 200 €/m². Het is ook niet zo simpel om bomen op een dak te planten; ze moeten verankerd worden en als ze er staan, zijn ze ook beperkt in hun groei. Zo hebben we bomen (in Aalter) geplaatst van 10 meter op een parkeergarage, normaal groeien die nog 20 meter bij, maar nu zal dat nog maar 5 à 6 meter zijn. De opbouw is ook zeer belangrijk: de funderingen moeten in het juiste beton gegoten zijn, omdat andere betonsoorten een stof achterlaten en die komt van onderuit in de drainagelaag te zitten, waardoor ze dichtsluibt. Dus moet men het beton eerst uitwassen voor men aan het groendak begint.

- Geeft meer diversiteit in de plantenmogelijkheden een meerwaarde?

Dat is afhankelijk van de laagdikte en het water dat uw laag kan vasthouden. Floradak heeft een systeem dat extra veel water kan vasthouden (40 l/m²). Een laag van 20 cm kan ook makkelijk uitdrogen; er moet dus ook meer besproeid worden. Andere planten vragen ook meer onderhoud. Ik heb bijvoorbeeld een bloemenweide op mijn dak die ik tweemaal per jaar met een bosmaaier moet afdoen. Ik vraag me af of mensen in de stad al een bosmaaier hebben. Dus of meer planten op het dak een meerwaarde geeft, weet ik nog zo niet.

Vanaf 30 cm is geen draineerlaag meer nodig; de grond kan zelf al genoeg water vasthouden. Er zijn ook al enorm veel mensen bezig met verbeteringen op dit vlak. Op oude gebouwen zullen mensen niet snel een groendak willen plaatsen. Op een sedumdak is er ook nul onderhoud.

- Is het stadsgebonden?

Nee, in een open landschap worden ook extensieve groendaken gelegd, om het huis meer te integreren in



de omgeving.

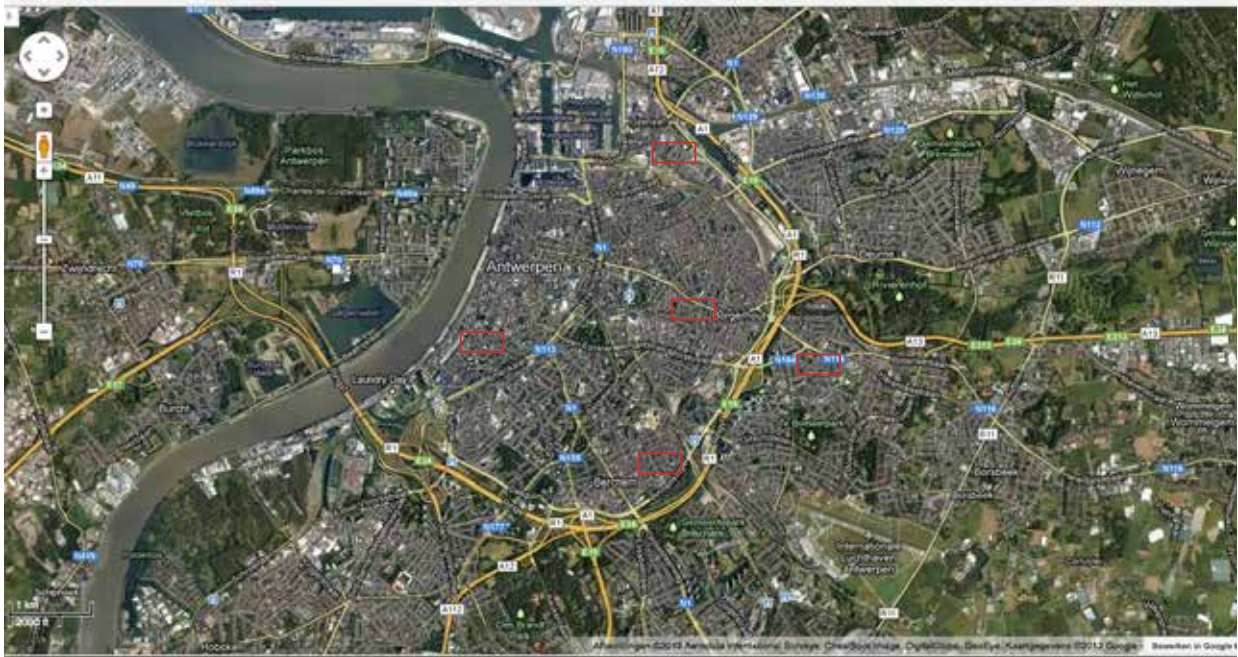
- Geeft een groendak op een pannendak een meerwaarde?

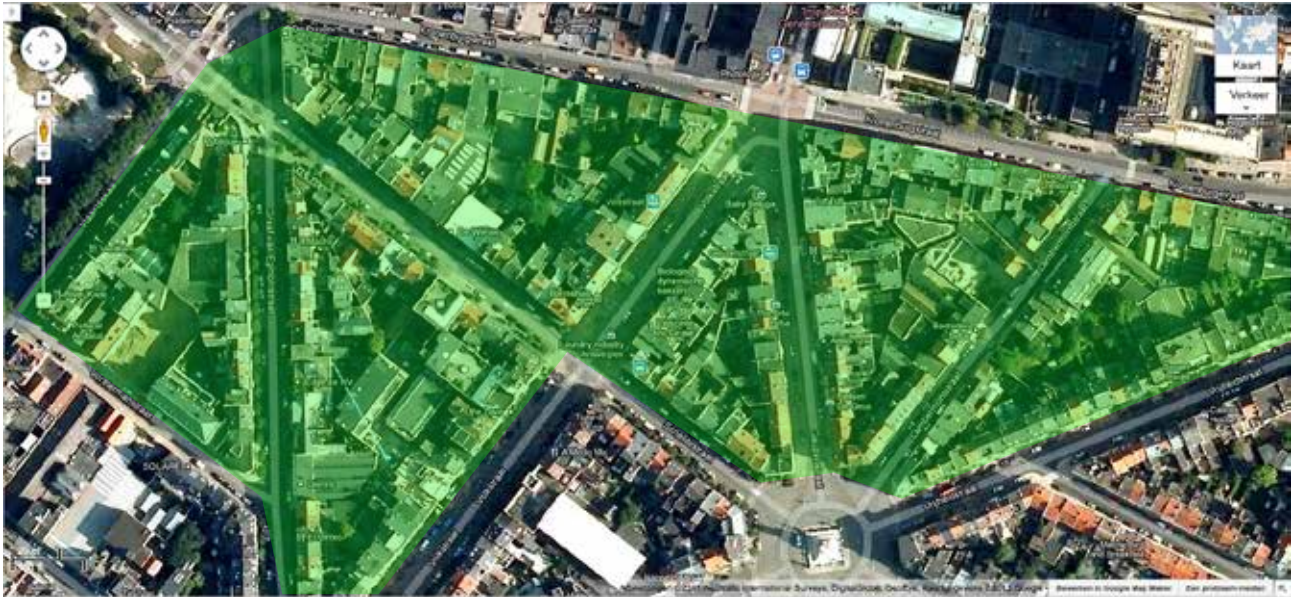
Op een pannendak? Daar heb ik nog geen vraag naar gekregen. Maar het probleem bij pannendaken is dat het tegendak 50° schuin loopt, waardoor de bovenkant afsterft en de onderkant er mooi uitziet omdat dat water naar beneden zakt. Maar als je zo'n systeem zou ontwerpen zie ik er wel een meerwaarde in als een soort paneel dat je op het dak kan leggen.



Turven

Hieronder ziet u een detailweergave van de vijf plaatsen die ik geteld heb op soorten daken.





118

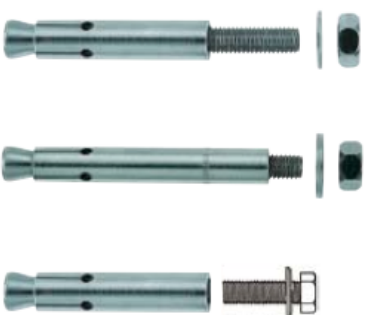





Zykon systeem FZA

Veilige verankering door vormvaste passing.

Stalen bevestigingen

OVERZICHT



-  Zykon voorsteek-anker FZA
-  Zykon doorsteek-anker FZA-D
-  Zykon binnendraad-anker FZA-I

Goedgekeurd voor:


- Gescheurd en ongescheurd beton C20/25 tot C50/60 (B25 tot B55)

Tevens geschikt voor:


- Beton C12/15 (B15)
- Natuursteen met hoge dichtheid
- Volle baksteen
- Volle kalkzandsteen

Ter bevestiging van:

- Stalen constructies
- Leuningen
- Consoles
- Ladders
- Kabelgoten
- Machines
- Trappen
- Hekwerk
- Gevelsystemen





Europese Technische Goedkeuring
Optie 1 voor gescheurd beton




Brandweerstandsklasse
F 120
arbeidsomgeving zie testrapport

Goedkeuring voor
schokveilige bevestiging
in schuilelders
Bundesamt für Zivilschutz, Bonn

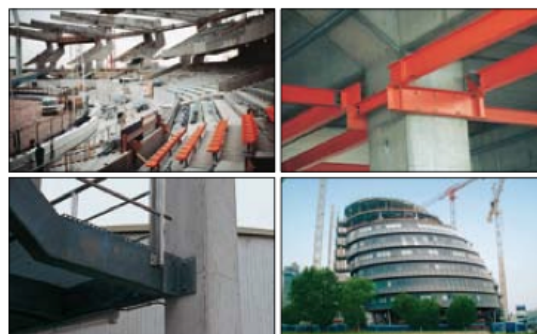
GOEDGEKEURD
vanaf M10



TREKZONE

OMSCHRIJVING

- Het achtersnijdende anker is geschikt voor zowel voorsteek- (FZA Zykon Anker en FZA-I binnendraadanker) als doorsteekmontage (FZA-D doorsteekanker).
- Dankzij de FZUB boor wordt een conische achtersnijding in één handeling gecreëerd.
- Bij de montage wordt de spreidhuls met behulp van het Inslaghulpstuk over de conus geslagen, hierdoor wordt het achtersneden boorgat d.m.v. vormvaste passing volledig opgevuld.
- Roestvast stalen versie (corrosieweerstandsklasse III) voor buitengebruik en onder vochtige condities.
- Hoog corrosiewerend stalen versie (corrosieweerstandsklasse IV) voor toepassing in hoog corrosieve omgevingen.



Voordelen

- Vormvaste passing in conische achtersnijding voor aanvullende veiligheid.
- Het systeem is nagenoeg spreiddruk-vrij en staat een economische verankering met kleine h.o.h.- en randafstanden toe.
- Het boorgat en de conische achtersnijding worden in één handeling gecreëerd, wat de montagetijd reduceert.
- De mogelijkheid het anker direct te belasten vermijdt een onderbreking in de montageprocedure (in tegenstelling tot chemische verankeringen, welke dienen uit te harden, alvorens te belasten).
- Binnendraadankers voor hoge flexibiliteit, zowel metrische draadstangen als bouten van verschillende lengtes kunnen worden toegepast.

MONTAGE

Type van montage

- Voorsteekmontage: FZA en FZA-I
- Doorsteekmontage: FZA-D

Opmerking: boor door het aanbouwdeel heen.

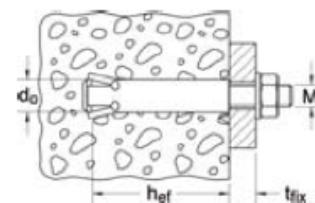


TECHNISCHE GEGEVENS ZYKON ANKER FZA



Zykon anker **FZA**
elektrolytisch verzinkt staal

Type	Art. nr.	Goedkeuring	Boor-Ø	Verankeringsdiepte	Max. nuttige lengte	Metrisch draad	Sleutelwijdte	Onderlegging (buiten-Ø x dikte)	Verpakkings-eenheid
		■ ETA	d_0 (mm)	h_{ef} (mm)	l_{fix} (mm)	A	SW	(mm)	(stuks)
FZA 10 x 40 M 6/10	060712	■	10	40	10	M 6	10	12 x 1,6	25
FZA 12 x 40 M 8/15	060715	■	12	40	15	M 8	13	16 x 1,6	25
FZA 12 x 50 M 8/15	060716	■	12	50	15	M 8	13	16 x 1,6	20
FZA 14 x 40 M 10/25	060718	■	14	40	25	M 10	17	20 x 2	25
FZA 14 x 60 M 10/25	060719	■	14	60	25	M 10	17	20 x 2	10
FZA 18 x 80 M 12/25	060721	■	18	80	25	M 12	19	24 x 2,5	10
FZA 22 x 100 M 16/60	060724	■	22	100	60	M 16	24	30 x 3	10
FZA 22 x 125 M 16/60	060725	■	22	125	60	M 16	24	30 x 3	6



Zykon anker **FZA A4**,
roestvast staal, corrosieweerstands-
klasse III

Type	Art. nr.	Goedkeuring	Boor-Ø	Verankeringsdiepte	Max. nuttige lengte	Metrisch draad	Sleutelwijdte	Onderlegging (buiten-Ø x dikte)	Verpakkings-eenheid
		■ ETA	d_0 (mm)	h_{ef} (mm)	l_{fix} (mm)	A	SW	(mm)	(stuks)
FZA 10 x 40 M 6/10 A4	060772	■	10	40	10	M 6	10	12 x 1,6	25
FZA 12 x 40 M 8/15 A4	060775	■	12	40	15	M 8	13	16 x 1,6	25
FZA 12 x 50 M 8/15 A4	060776	■	12	50	15	M 8	13	16 x 1,6	20
FZA 12 x 50 M 8/50 A4	060774	■	12	50	50	M 8	13	16 x 1,6	20
FZA 14 x 40 M 10/25 A4	060778	■	14	40	25	M 10	17	20 x 2	20
FZA 14 x 60 M 10/25 A4	060779	■	14	60	25	M 10	17	20 x 2	10
FZA 14 x 60 M 10/50 A4	060766	■	14	60	50	M 10	17	20 x 2	10
FZA 18 x 80 M 12/25 A4	060781	■	18	80	25	M 12	19	24 x 2,5	10
FZA 18 x 80 M 12/55 A4	060767	■	18	80	55	M 12	19	24 x 2,5	10
FZA 22 x 100 M 16/60 A4	060782	■	22	100	60	M 16	24	30 x 3	10
FZA 22 x 125 M 16/60 A4	060768	■	22	125	60	M 16	24	30 x 3	6



Zykon anker **FZA C**,
hoog corrosiewerend staal, corrosie-
weerstandsklasse IV

Type	Art. nr.	Goedkeuring	Boor-Ø	Verankeringsdiepte	Max. nuttige lengte	Metrisch draad	Sleutelwijdte	Onderlegging (buiten-Ø x dikte)	Verpakkings-eenheid
		■ ETA	d_0 (mm)	h_{ef} (mm)	l_{fix} (mm)	A	SW	(mm)	(stuks)
FZA 10 x 40 M 6/10 C	096214	■	10	40	10	M 6	10	12 x 1,6	25
FZA 10 x 40 M 6/35 C	096361	■	10	40	35	M 6	10	12 x 1,6	25
FZA 12 x 40 M 8/15 C	096215	■	12	40	15	M 8	13	16 x 1,6	25
FZA 12 x 50 M 8/15 C	096227	■	12	50	15	M 8	13	16 x 1,6	20
FZA 12 x 50 M 8/50 C	096362	■	12	50	50	M 8	13	16 x 1,6	20
FZA 14 x 40 M 10/25 C	096228	■	14	40	25	M 10	17	20 x 2	20
FZA 14 x 60 M 10/25 C	096216	■	14	60	25	M 10	17	20 x 2	10
FZA 14 x 60 M 10/50 C	096358	■	14	60	50	M 10	17	20 x 2	10
FZA 18 x 80 M 12/25 C	096315	■	18	80	25	M 12	19	24 x 2,5	10
FZA 18 x 80 M 12/55 C	096359	■	18	80	55	M 12	19	24 x 2,5	10
FZA 22 x 100 M 16/25 C	033800	■	22	100	25	M 16	24	30 x 3	10
FZA 22 x 100 M 16/30 C	024523	■	22	100	30	M 16	24	30 x 3	10
FZA 22 x 100 M 16/60 C	096364	■	22	100	60	M 16	24	30 x 3	10
FZA 22 x 125 M 16/60 C	096360	■	22	125	60	M 16	24	30 x 3	6

Overige afmetingen op aanvraag leverbaar.

TECHNISCHE FICHE : Mineraal substraten.

VULKAPLUS INTENSIEF 0/12 mm. - blaasbaar.

Samenstelling : Natuurprodukt (vulkaangesteente) bestaande uit Augit, Olivin, Magnetit Limonit, Biotit, organisch materiaal.

Kieselzuur (SiO ²)	ca. 46,0 %	Magnesium (MgO)	ca. 10,3 %
Ijzer (Fe ² O ³)	ca. 7,9 %	Kali (K ² O)	ca. 4,4 %
Aluminium (Al ² O ³)	ca. 14,0 %	Fosfor (P ² O ⁵)	ca. 0,7 %
Mangaan (MnO)	ca. 0,8 %	Titanium (TiO ²)	ca. 1,6 %
Kalk (CaO)	ca. 8,7 %	Natrium (Na ² O)	ca. 8,8 %

Vegetatie technische eigenschappen :

Vulkaplus Intensief

Volumegewicht :

- droge toestand :	950 kg/ m ³
- bij max.watercapaciteit :	1450 kg/ m ³

Water/lucht verhouding :

- maximale watercapaciteit :	51,5 Vol. %
- waterdoorlaatbaarheid mod. K*	0,089 cm/S

pH - waarde :

6,4

koolstofgehalte :

2,3 g/l

Zoutgehalte :

0,4 - 1,2 g/l

Organische stofgehalte :

6,1 % Massa

Produktbeschrijving :

- Mineraal/ Organisch substraat met als basiskomponenten Natur-Bims, Licht- lava schorskompost, groenkompost en witveen.
- de mengeling is poreus en structuurstabiel .
- Vulkaplus intensief bezit een goede wateropnamecapaciteit en een voldoende waterdoorlaatbaarheidsvermogen en een mestofbufferend vermogen voor een goede ontwikkeling van de beplantingen.

Gebbruiksmogelijkheden :

- Voor alle begroeningen behalve zuurminnende planten.
- Intensieve beplantingen in plantenbakken
- Basisstof voor hoogwaardige substraten .
- Bodemverbeteringsmiddel bij zwaardere gronden.
- Boomaanplantingen.

Dockx & Co. - Uw partner voor tuin en park. - Mechelen . vulktec3/00
Gentsesteenweg 161 - 2800 Mechelen. tel. 015/28.76.46 - fax. 015/27.70.55



Kostprijs berekening

Onderdelen	Materiaal	Materiaal-prijs	Gewicht onderdeel	Matrijkskost	Productie kost	prijs per onderdeel	
Prijs per onderdeel		In €/kg	n kg	€/m			
overspanning							
Balk dik	Alu 6063-T6	3,00 €	8,33	2,666666667	2 €	27,66	
Balk dun	Alu 6063-T6	3,00 €	5,8	2,666666667	2 €	20,07	
Tophoek	S355MC	2,00 €	3,89		5 €	12,78	
Onderverbinding	S355MC	2,00 €	2,51		4 €	9,02	
hoekstuk	S355MC	2,00 €	19,3		55 €	93,60	
Kabel	Standaard	15,02				15,02	
Turnbuckle		150,00 €				150	
Bouten					€0,30	0,30	
Worteldoek				0,38		0,4	
Randplaten							
Randplaten	S355MC	2,00 €	8,72		40 €	57,44	
Afdek plaat	S355MC	2,00 €	6,25		15 €	27,50	
Hoekstuk binnen	S355MC	2,00 €	1,69		15 €	18,38	
hoekstuk buiten	S355MC	2,00 €	1		15 €	17,00	
Tussenbalken							
Tussenbalken	Alu 6063-T6	3,00 €	1,1614	2,307692308		5,79	
Bevestiging boven	S355MC	2,00 €	0,04			2,15	
bevestiging onder	S355MC	2,00 €	0,035			2,14	
assen	S355MC	2,00 €	0,018		2 €		
Tegels							
Tegel positief	PVC	1,30 €	1,1209	0,70		2,16	
tegel negatief	PVC	1,30 €	1,52	0,70		2,68	
tegel houder	S355MC	2,00 €	0,34		10 €	10,68	
Bevestiging							
Extrusies	Alu 6063-T6	3,00 €	1,13	1,333333333	1 €	4,72	
Opstandhouder	S355MC	2,00 €	2,55		20 €	25,10	
Blokje					2 €	2,00	
Bouten					0,30 €	0,30	
Deksteen	S355MC	2,00 €	2,6		15 €	20,20	
Betonanker						1,91	
Onderplaat midde	S355MC	2,00 €	22,12		10 €	54,24	
Onderplaat hoek	S355MC	2,00 €	14,24		10 €	38,48	
Opstand < 20 cm	S355MC	2,00 €	0,6		4 €	5,20	
L o o d r e c h t e bevestiging	S355MC	2,00 €	3,2		3 €	9,40	
Bouten					0,30 €	0,30	



		Dak 300 x 260		Dak 780 x 600		dak 600 x 1700		L-dak 700 x 300 + 400 x 600	
		Aantal onderdelen	Prijs	Aantal onderdelen	Prijs	Aantal onderdelen	Prijs	Aantal onderdelen	Prijs
			7,8 m2		46,8 m2		102 m2		42 m2
				42	1161,58	90	2489,1	24	663,76
		9	180,60				0	12	240,8
		6	76,68	14	178,92	30	383,4	16	204,48
		12	108,24	28	252,56	60	541,2	32	288,64
		6	561,60	14	1310,4	30	2808	16	1497,6
		9	135,18	42	630,84	90	1351,8	36	540,72
		3	450,00	7	1050	15	2250	16	2400
		36	10,80	84	25,2	180	54	96	28,8
		7,8	3,12	46,8	18,72	102	40,8	42	16,8
		16	919,04	40	2297,6	62	3561,28	47	2699,68
		8	220,00	12	330	46	1265	17	467,5
			0,00		0		0		0
			0,00		0		0	1	17
		12	69,50	72	417,0162462	144	834,0324923	54	312,7621846
			0,00	144	309,888		0	144	309,888
		48	102,82	144	308,448	576	1233,792	72	154,224
									0
		39	84,13	234	504,77778	510	1100,1567	210	453,0057
		39	104,36	234	626,184	510	1364,76	210	561,96
		7	74,76	20	213,6	43	459,24	25	267
			0,00	14	66,12666667	60	283,4		0
			0,00	7	175,7	30	753		0
			0,00	14	28	60	120		0
			0,00	56	16,8	120	36		0
			0,00	7	141,4	30	606		0
		24	45,84	56	106,96	0	0	72	137,52
			0,00		0		0		0
		1	38,48		0		0		0
		3	15,60		0		0	4	20,8
			0,00		0		0	3	28,2
		6	1,80		0		0		0



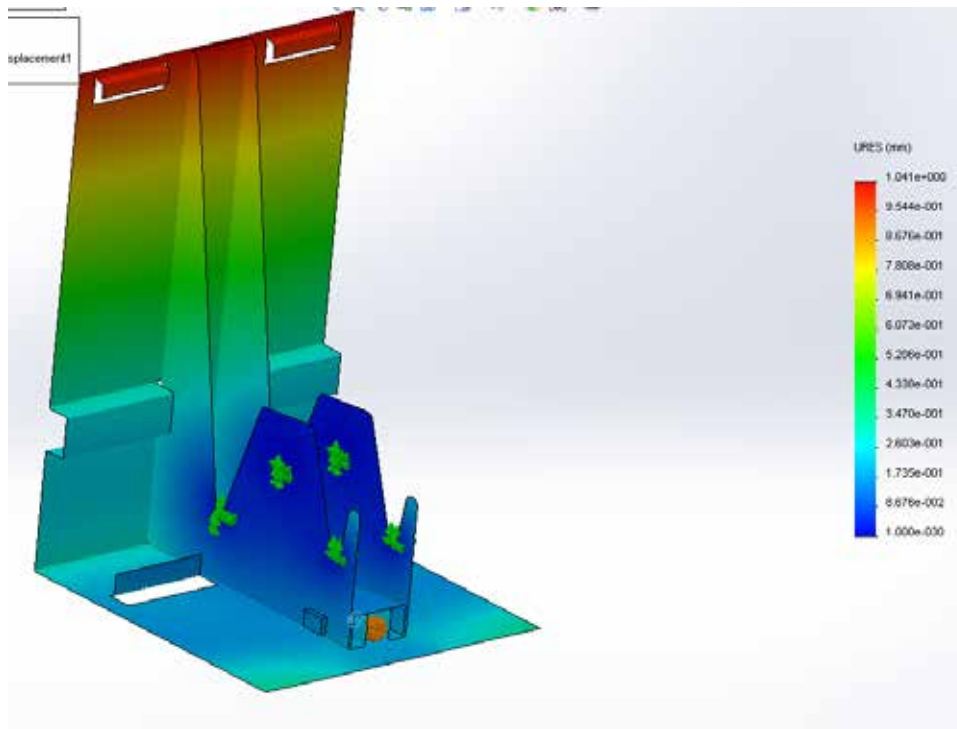
Balustrade bevestiging							
Babevestiging	S355MC	2,00 €	0,83		3	4,66	
Bouten					0,30 €	0,30	
Afwerking							
Geoklip					0,50 €	0,50	
afdek hoekstuk	S355MC	2,00 €	1,6		5 €	8,20	
afdek tophoek	S355MC	2,00 €	0,28		4 €	4,56	
afdek toptegels	S355MC	2,00 €	0,785		0,50 €	2,07	
Afwerkings plaat	S355MC	2,00 €	4,184		0,5	8,87	
Geotextiel				0,47		0,5	
Substraat		1000m3/199€		5/m3		2	
					Aanleg tijd		
						in min.	
					Materiaal verplaatsen	15	
					Worteldoek/m2	8	
					Uitmeten/m2	10	
					Overspanningen	35	
					Tussenbalken	10	
					Randplaten	6	
					Tegels / m2	10	
					Afwerking/m2	2	
					Geotextiel/m2	8	
					Substraat storten	20	
					Totale tijd in uren		
					Prijs/ manuur	€40	
					Totale leg prijs		
					Totale prijs		
					Prijs per m2		
					Veiligheidsfactor van 1,5		



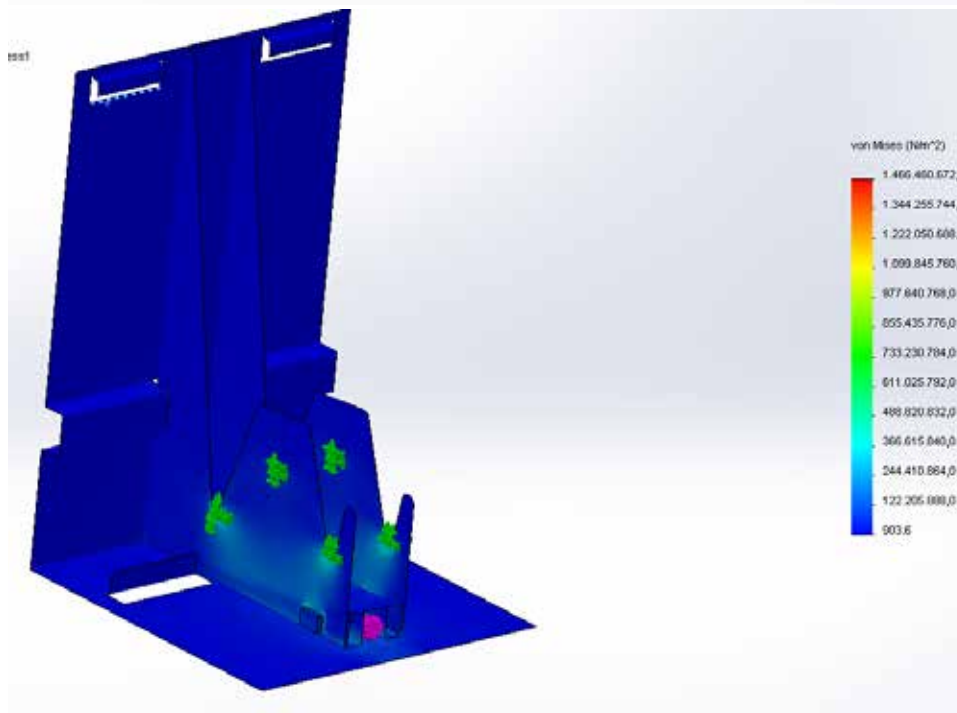
		6	27,96	13	60,58	40	186,4	15	69,9
		12	3,60	26	7,8	80	24	30	9
		22	11,00	52	26	92	46	54	27
		6	49,20	14	114,8	30	246	16	131,2
		3	13,68	7	31,92	15	68,4	8	36,48
		5	10,35	14	28,98	34	70,38	20	41,4
		16	141,89	22	195,096	54	478,872	12	106,416
		7,8	3,90	46,8	23,4	102	51	42	21
		7,8	15,60	46,8	93,6	102	204	42	84
		Totale stuk prijs	3.464,13		9.497,72		22.910,01		11.089,78
	aantal	minuten	Aantal	minuten	aantal	minuten			
	7,8	117	46,8	702	102	1530	42	630	630
	7,8	62,4	46,8	374,4	102	816	42	336	336
	7,8	78	46,8	468	102	1020	42	420	420
	3	105	7	245	15	525	9	315	315
	12	120	84	840	144	1440	54	540	540
	16	96	40	240	62	372	47	282	282
	7,8	78	46,8	468	102	1020	42	420	420
	7,8	15,6	46,8	93,6	102	204	42	84	84
	7,8	62,4	46,8	374,4	102	816	42	336	336
	7,8	156	46,8	936	102	2040	42	840	840
		14,8		79,0		163,1		70,1	70,05
		114,2		101,3		95,9		100,1	100,0714286
		593,6		3160,9		6522,0		2802,0	2802
		4057,7		12658,7		29432,0		13891,8	13.891,78
		520,2		270,5		288,5		330,8	330,7565687
		780,3		405,7		432,8		496,1	496,1



Simulaties

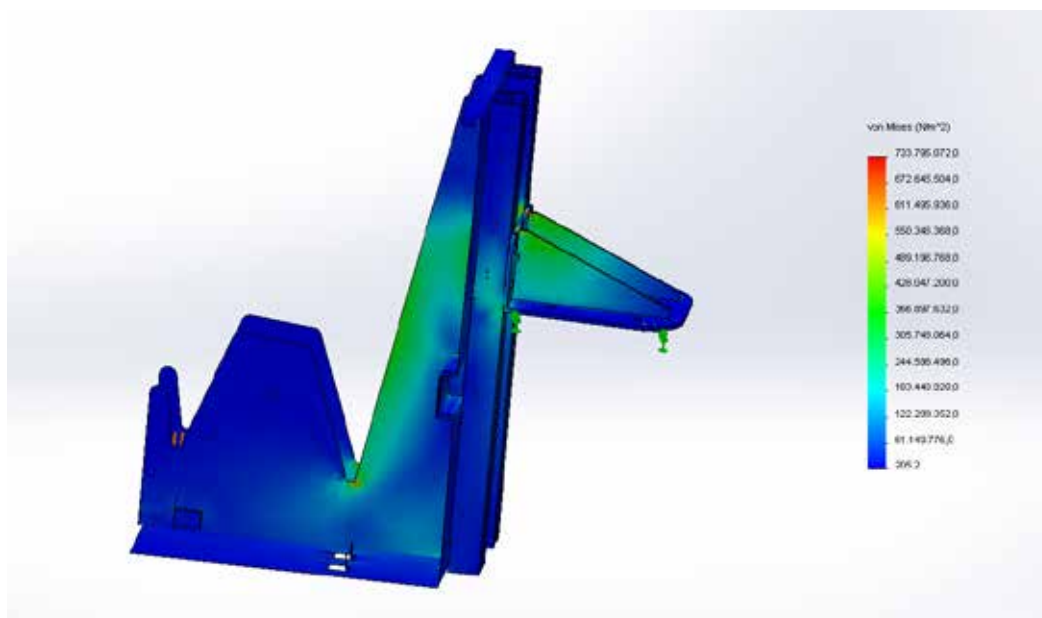
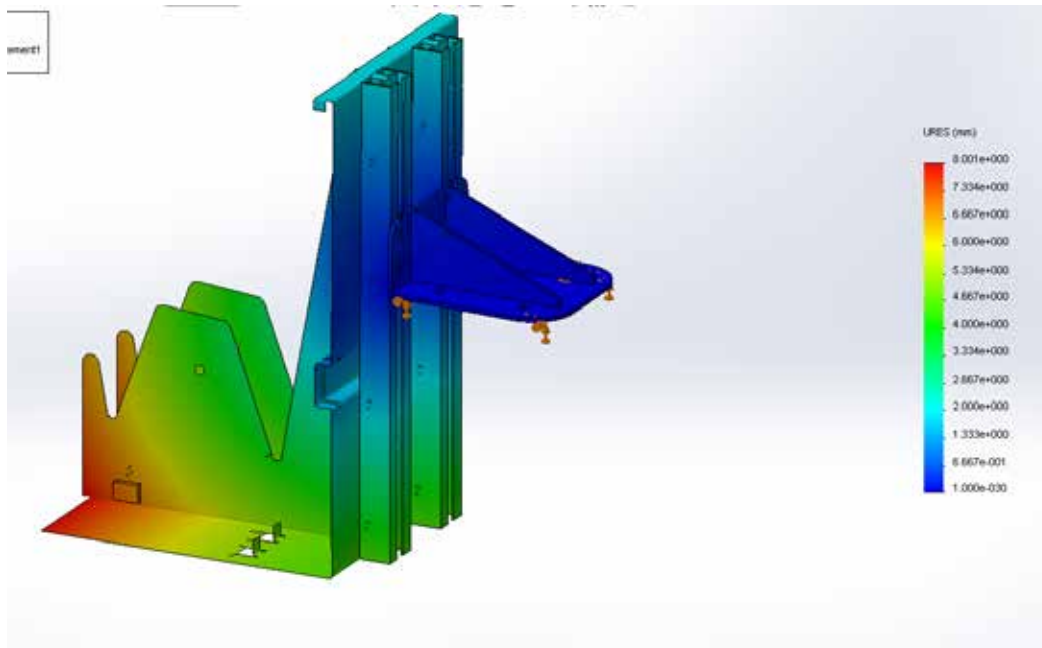


126



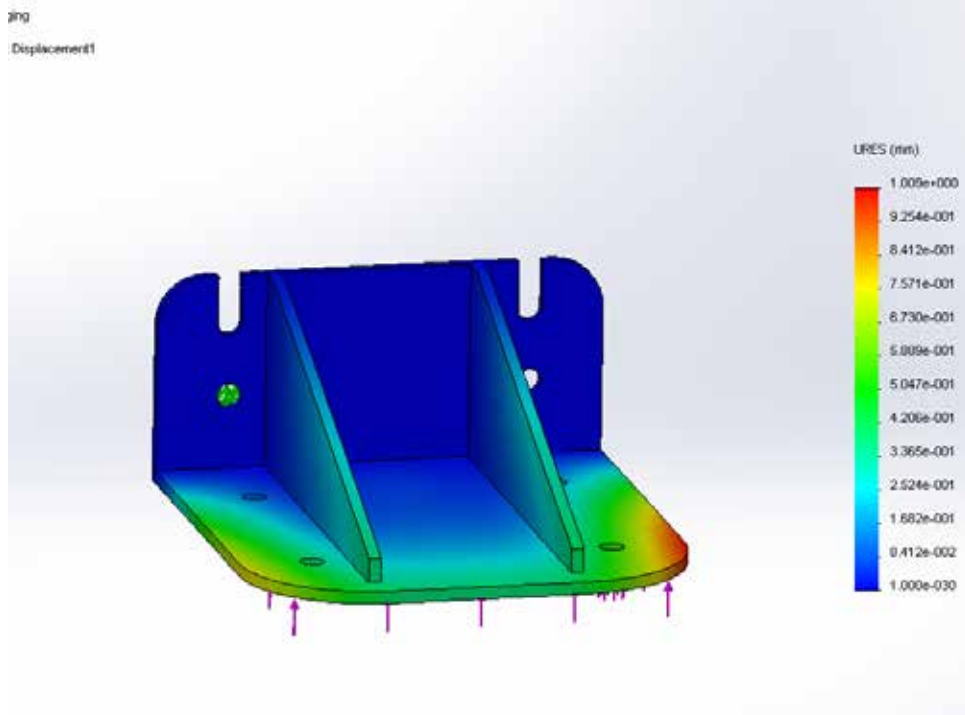
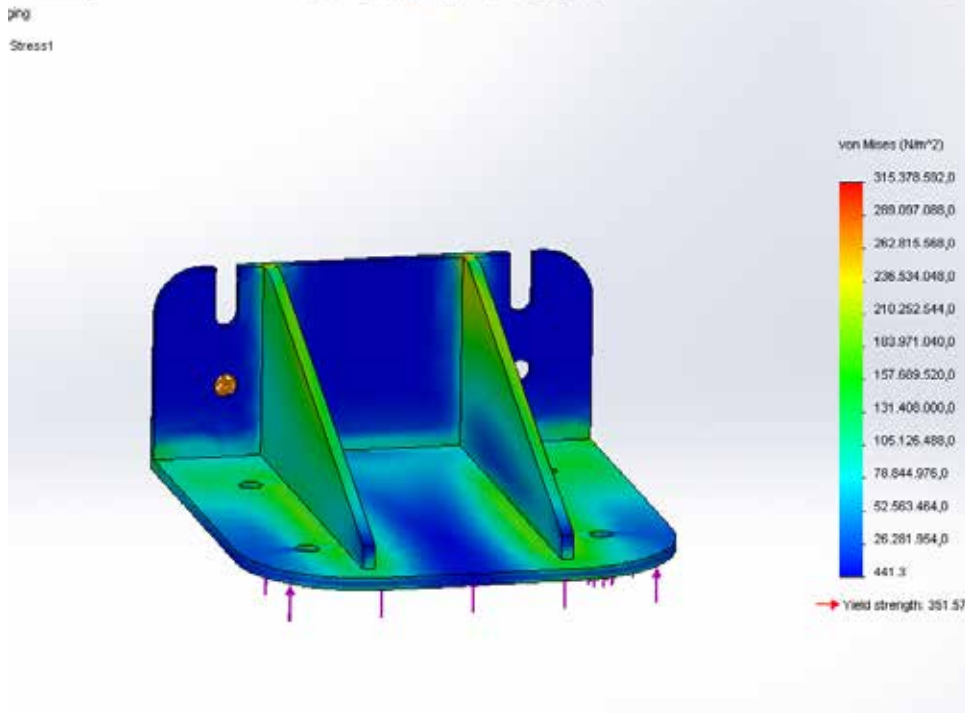
Het hoekstuk is ingeklemd aan de 6 plaatsen van de bouten. Er is op de plaats van de kabel een trekkracht van 160 kN geplaatst. De von Mises loopt heel erg op rond de bevestigingspunten waardoor er een enorme stress ontstaat. Het gemiddelde van de von Mises ligt onder de Yield strength. De inklemming is niet helemaal juist aan gezien de platen geklemd worden tussen balk en rondel, dit zorgt voor extra stress punten. De displacements is maximaal maar 1mm wat zeer weinig is en dus zeer goed.





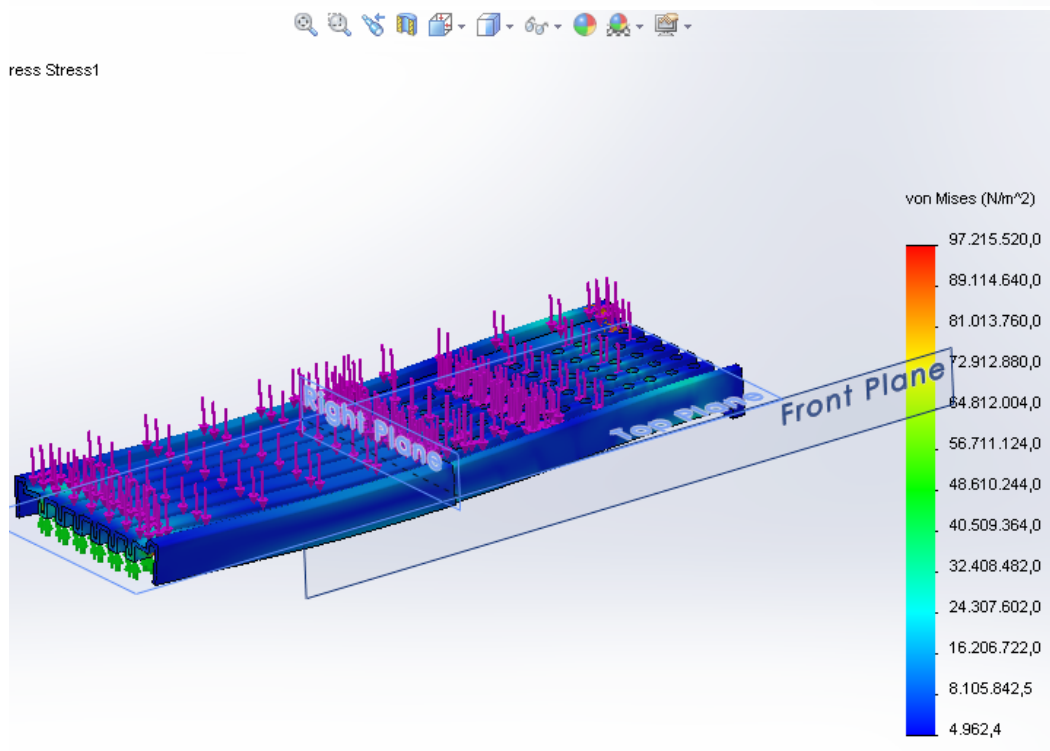
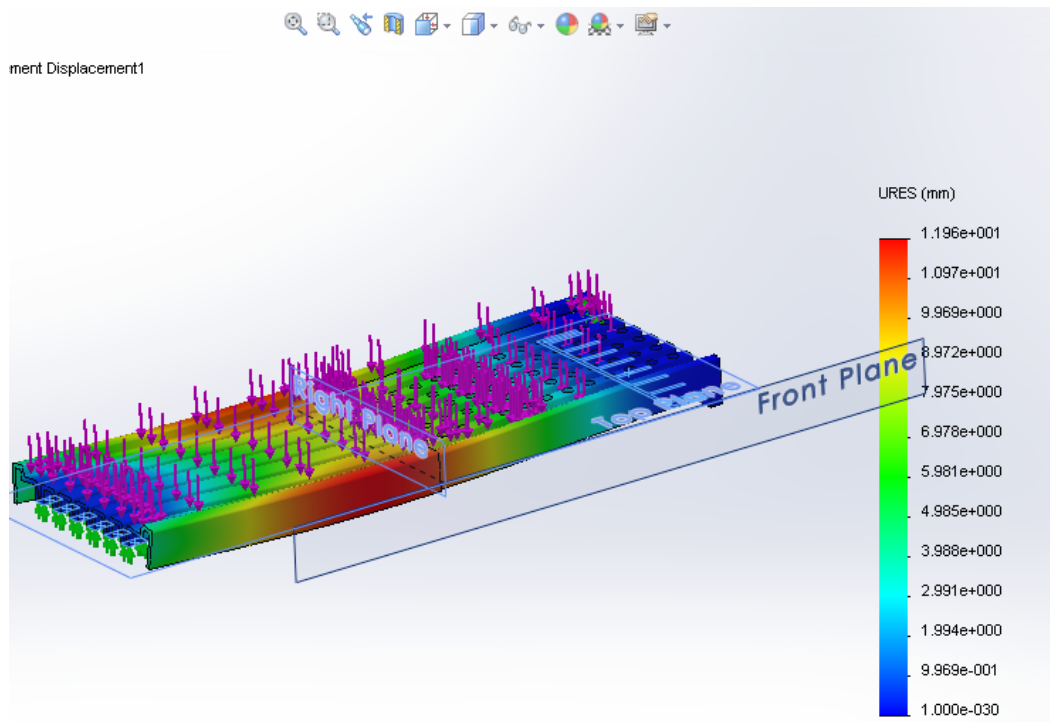
Het stuk is ingeklemd aan de opstandbevestiging, en er is een verticale kracht van 38 kN op de plaats van de balk gezet. De von Mises overschrijd ruim de Yield strength, het stuk is dus niet stevig genoeg. Vooral op de plaats waar de bouten zitten treed een hoge stress op. Het stuk zal een beetje anders reageren wanneer de de balk daar word ingeklemt. De displacements zijn maximaal maar 8mm. Dit is wederom goed.





De von Mises stress blijft onder de Yield strength maar niet genoeg om aan de veiligheids factor te voldoen. Wanneer de dit onderdeel gemaakt wordt van iets dikker materiaal 10mm ipv 5mm, zal het onderdeel sterk genoeg zijn. De displacement van 1mm is goed. $300/200 = 1,5\text{mm}$ is de maximum displacement. Het stuk voldoet niet aan de veiligheidsfactor maar is makkelijk steviger te maken.





Door middel van vele tegels en simulaties ben ik tot de goede tegel gekomen. Dit is een voor beeld van één van de onderzoekende ontwerpen.

