



Rapport 4  
**Haalbaar en  
opschaalbaar**  
Constructief en Financieel  
30-6-2020

#SMARTcirculair



@The.Aesthetics

## Contactgegevens

### Gegevens team ÆSHETICS

Kaylee Ter Maten  
Lesley Kruitbos  
Floris Broos  
Rens Verburg  
Felix de Grip  
Chantal Kwakkel  
Pascal Besselsen

Facebook: <https://www.facebook.com/the.aestheticscirculair/>

Instagram: <https://www.instagram.com/the.aestheticscirculair/?hl=en>

LinkedIn: <https://www.linkedin.com/company/34885213/admin/>

### Gegevens school

ROC Landstede Harderwijk  
Westeinde 33  
3843 DD, Harderwijk

### Gegevens teamleidster

Kaylee Ter Maten  
06-42892365  
[ktermat6597@student.landstede.nl](mailto:ktermat6597@student.landstede.nl)

### Gegevens docent

Francisco Navarro Kroezen  
[fnavarro@landstede.nl](mailto:fnavarro@landstede.nl)

### Gegevens opdrachtgever

Olav Arnold en Clara Pietersen  
[orec@planet.nl](mailto:orec@planet.nl)



## Voorwoord – Project ‘Vriendenhofje’

Het echtpaar Olav Arnold en Clara Pietersen, wonend in Roosendaal, beschikken over een woonboerderij aan de buitenzijde met een groot erf dat functioneert als tuin. Met geen kinderen en nalatenschap, wilt het echtpaar deze vrije ruimte gebruiken om iets achter te laten.

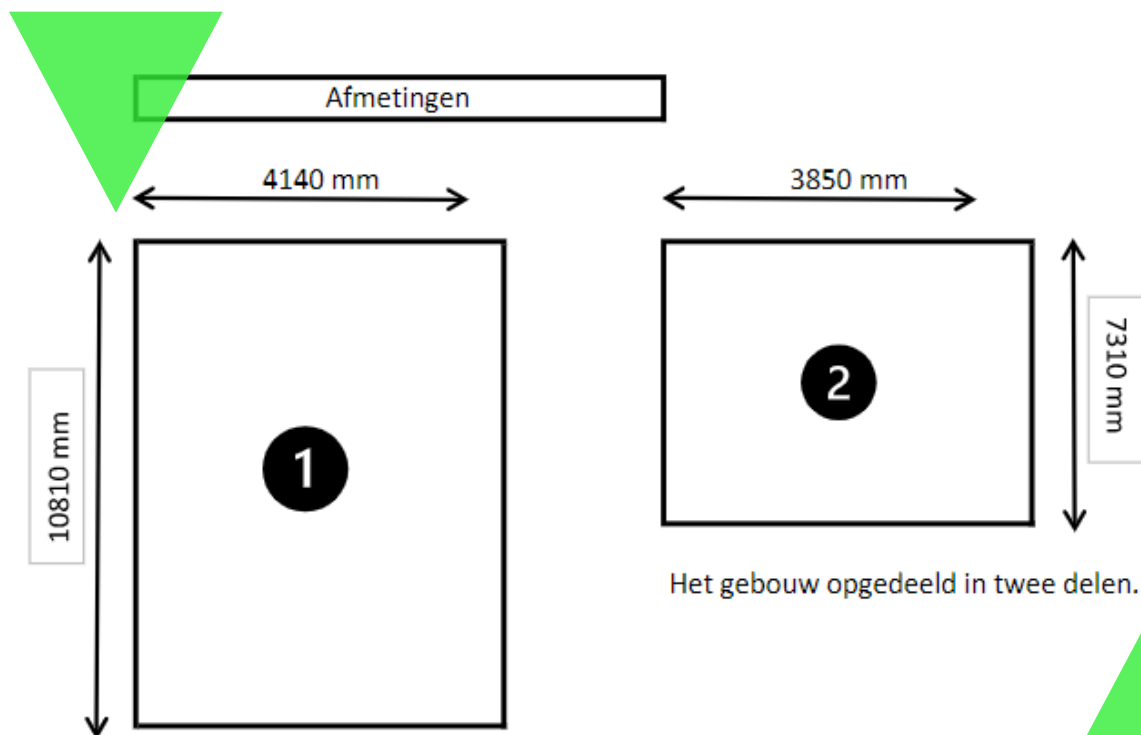
Hun visie is om op dit erf een klein woonwijkje te realiseren met een zorgfunctie, genaamd ‘Het Vriendenhofje de Heerlijkheid Buiten Gewoon’. Waar ouderen kunnen wonen in duurzame, zorgvriendelijke chalets met jonge starters als burens.

En dit project was voor de afgelopen maanden de focus voor projectgroep ons, The ÆSTHETICS. Wij bestaan uit 7 studenten van de Bouwkunde opleiding van ROC Landstede Harderwijk. Allen in onze derde leerjaar, met meerder stages achter onze rug, pakten wij dit project dan ook zeer enthousiast aan. Met een focus op realisme, toekomstbestendigheid en kwaliteit, willen wij onze visie naar voren laten komen door onze verschillende praktijk ervaringen te bundelen tot een product dat al onze kennis reflecteert. Voor ons is duurzaamheid en circulariteit in onze producten geen doel meer, het is een norm geworden. Want voor al onze projecten hebben wij geleerd dat de toekomst ligt in duurzame bouwmaterialen. En ons doel voor het ‘Vriendenhofje’ is dan ook een product dat zo dicht bij de natuur komt als mogelijk is.

## 1.1 Haalbaarheid - Constructief

Dit project heeft een orthodox product opgeleverd, een losstaande Chalet op een non-traditionele fundering. Daarom is er in de realisatie van de TimberUnit extra aandacht gestoken. Eigen berekeningen zijn verricht van constructie, tot aan duurzaamheid berekeningen.

Ten eerste de TimberUnit, met het uitgebreid besproken CLT-element van het Noorse bedrijf TEWO. Om te beginnen moesten eerst de afmetingen van de woning in kaart gebracht worden, zodat de hoeveelheid wand-element berekend kon worden. Zoals voor besproken in sub-rapport 3: Modulair Hoofdstuk 1.3 en in Procesrapport: Hoofdstuk 2.3.3, is de TimberUnit op te delen in 2 delen. Hoewel dit bewust is gedaan voor transport, word de woning berekent in dezelfde twee delen.



1 Afmetingen en verdeling TimberUnit

De afmetingen van de muren worden omgezet naar vierkante meters, dit is de eenheid van gewicht gegeven door de fabrikant TEWO. Hoewel dit eerste benoemd moet worden, komen de wanden later pas aan de orde.

Voor een complete constructie berekening van de woning, word van boven naar beneden gerekend zodat de waardes per bouwelement opgeteld kunnen worden. In de berekeningsmethode die gehanteerd zijn, afkomstig van de TU Delft, moeten er eerst de soorten belasting vastgesteld worden.

Variabele belasting – VB	Permanente belasting – PB
▽ Wind	▽ Dak elementen
▽ Sneeuw	▽ Wandelementen
▽ Hemelwater	▽ Vloer elementen
▽ Meubels en inboedel	▽ Deur- en Raamkozijnen]

Deze twee soorten belasting worden door de TU Delft gehanteerd in de vuistregel voor het berekenen van de totale belasting:

$$\nabla 1,2 * PB + 1,5 * VB$$

De NEN heeft vastgestelde waarden voor alle Variabele Belastingen, en kunnen globaal geïmplementeerd worden in alle berekeningen. Deze uitgestrekte data komen vanuit de NEN- EN 1991-1.3 General Actions, een norm die enkel van toepassing is in Nederland, gebaseerd op de maximale weersomstandigheden die ons klimaat toelaat. Deze gegevens zijn dan ook toegepast voor de Variabele Belasting.

De twee voorkomende variabelen zijn Hemelwater en Sneeuw, dit zijn de twee soorten neerslag die blijven rusten op het dak en voor meer gewicht zorgen.

Hoewel wij voor sneeuw de standaard waarde van  $0.7\text{kN/m}^2$  kunnen gebruiken, heeft de toevoeging van een Sedum dak zorgt ervoor dat de standaard waarde van hemelwater niet gebruikt kan worden, aangezien de Sedum laag water opneemt. Het hemelwater word dan ook berekent in de berekening van het Sedum dak.

Documentatie EN standaard: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/12/en.1991.1.3.2003.pdf>

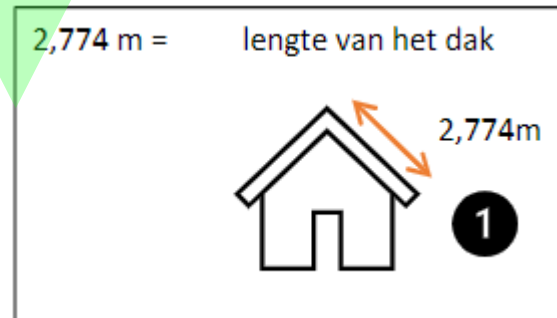
## 1.2 Dak element

Na de variabelen in benoemd en vastgesteld te hebben, kunnen de berekeningen voor het eerste bouwelement gestart worden. Het dak element van de TimberUnit stamt af van het zelfde bouwsysteem als de wanden, TEWO. Daarom kunnen de waardes van de constructie overgenomen worden uit de gegeven waardes van de Fabrikant.

Materiaal eigenschappen:

- ▽ Gewicht CLT per M<sup>3</sup> is 450kg.
- ▽ Gewicht Sedumdak per M<sup>3</sup> 110kg.

Deze data is nodig voor het voorbereiden van de krachtberekening. Voor de methode die is toegepast op ons project, moeten alle data en eenheden naar één lijn worden getrokken. De eenheid die wordt gebruikt voor de rest van de krachtberekeningen is strekkende meter.



2 Overzicht onbekende dak lengte

Dit begint met het berekenen van de Sedum toepassing op het dak. Het basisgewicht hiervan is de aangegeven 110 kilogram per kubieke meter. Hierbij rekenen wij de Variabele Belasting van hemelwater. De hoeveelheid is verstrekt door de fabrikant van de Sedum toepassing, en is gebaseerd op resultaten van het product.

Voor de overeenkomende waarde, wordt de eenheid kilogram/ m<sup>3</sup> omgezet naar kilo Newton /m<sup>3</sup>. Door dit te delen door de dikte van het Sedumdak, krijg je het gewicht per vierkante meter. Dit getal delen wij daarna weer door de diepte, of schuine lengte van het dak. Zie figuur 2. Dit geeft het gewicht in kN/ strekkende meter. Met deze basiswaarde is de overeenkomende lijn absoluut, en daarom wordt de strekkende meter ook toegepast op alle andere berekening als eenheden.

	sedumdak		
max.	110 kg/m <sup>3</sup>	Plus water*	
=	1100N/m <sup>3</sup>	1,1 kN/m <sup>3</sup>	
dikte	0,120 m		
$1,1 \cdot 0,12$	$= 0,132 \text{ kN/m}^2$	$\cdot 2,774$	$= 0,37$

3 Berekening Sedumdak

Met deze waarde bekend, kan op dezelfde manier de rest van het dak berekend worden. Dit is dan ook wederom toegepast op de CLT dak elementen. De resultaten van iedere element worden opgeteld bij de eind berekening.

### 1.3 Wandelement

Betreffende het berekenen van de wanden, is de gewichtsdata verstrekt op dezelfde manier als de eerdere dak elementen. In  $\text{kg}/\text{m}^3$ , wat wederom weer omgerekend moet worden naar  $\text{kN}/\text{strekende meter}$ . Dit wordt op dezelfde volgorde gedaan als in het vorige besproken onderdeel.

De variabele belastingen gelden niet op de wanden, deze worden meegerekend met het dak, waardoor het uiteindelijk ook van toepassing is op de wanden.

Wand materiaal eigenschappen		
clt =	4.5 $\text{kn}/\text{m}^3$	x 1.305 $\text{kn}/\text{m}^2$
dikte muur	0.29 m	
muur hoogte	3700 mm	= 3.7 m
	1.305 x 3,7	= 4.8285

4 Berekening CLT Wanden

### 1.4 Vloerelement

Voor de vloer van de TimberUnit wilden wij een HSB-vloer toepassen. Hoewel een CLT vloer een mogelijkheid was, geeft de toepassing van de HSB-vloer ruimte voor eventuele vloerinstallaties, vloerafwerking en gestroomlijnde montage aan de speciaal uitgekozen funderingsschroeven.

Het nadeel hieraan is dat deze vloer dan speciaal gemaakt zou moeten voor de woningen. Het uiteindelijke gewicht van de vloer zou dus moeten blijken van materiaalgebruik. Tot onze spijt is het dan ook niet mogelijk om concrete data te verkrijgen van zo'n vloer totdat dit gerealiseerd zou worden. Op het moment hebben wij niet daarvoor de middelen, en zou dit onderdeel moeten blijken bij de realisatie van het project.

## 1.4 Eindberekening

Met de omgerekende dak elementen, variabele toepassingen en de wanden, kunnen wij een eindberekening samenstellen voor de TimberUnit. Zie onderstaand figuur.

		VB	PB	
			kN/m	kN/m
Dak:				
	Sneeuw:	0,7 kN/m <sup>2</sup>	1.94	
	Wind:	1,0 kN/m <sup>2</sup>	2.77	
			dak	1,305 kN/m
			sedumdak	0,132 kN/m
Wand:				
eigen	muur gewi-	-	-	1.305
				4.83
Totaal:			4.71	8.82

5 Eindberekening TimberUnit



## 2.1 Offerte

### 2.2 Haalbaarheid

Vanaf het begin van dit project was het ons doel om een realiseerbaar product te creëren. Dit kwam niet alleen uit onszelf, maar ook vanuit de opdrachtgevers. Olaf Arnold had vanaf de eerste week al aangegeven dat er op financieel gebied realistisch gedacht moest worden, maar er wel gestreefd kon worden naar schoonheid. Daarom is onze aanpak bij het gehele project een balans tussen deze twee factoren geweest, mooi en circulair maar betaalbaar.

Van al onze producten is de offerte één van de onderdelen waar deze uitkomst het best terug te vinden is daarin. Er is vooral bij de samenstelling van de offerte gekeken naar de onderdelen die wij verwerkt hebben in de TimberUnit en samenkomsthal. Daarnaast is onderaan de globale kosten van de StartBlock woningen bijgerekend, maar is daar inhoudelijk niet op ingegaan.

De inhoud van de offerte wordt grotendeels besproken in andere rapporten, zowel de sub-rapporten als het eindrapport. De enige uitzondering hierop zijn afwerkingen van bouwelementen van de TimberUnit. Denk hieraan aan de binnen afwerking van wanden, vloeren en het plafond. Dit wordt gedaan met simpele gipsplaten voor makkelijke opmaak en verwerking, en was daarom niet relevant voor de rapporten. Dit soort kleinschalige elementen zijn wel verwerkt in de kosten.

### 2.3 Opschaalbaar



Het concept achter het 'Vriendenhofje Buitengewoon' is niet uniek. Door heel Nederland zijn er al enkele vergelijkbare initiatieven voor een woon hofje met dezelfde sociale functie. Wat onze TimberUnit daar zo uniek op maakt is de modulaire toepassing. Zoals vernoemt en besproken in zowel het eindrapport, als sub-rapport 3, kan de gehele woning gefabriceerd worden in een fabriek. Met de duurzame uitkomst van verhuizing en installatie, kan na gebruik de woning ook weer van locatie veranderen. Met het ontwerp, dat zich beschikbaar maakt voor verschillende doelgroepen, is deze woning dan ook geschikt voor andere woonprojecten buiten het 'Vriendenhofje Buitengewoon' om.

Het enige verschil tussen ons product, en project en de vergelijkbare projecten in Nederland is de circulaire kern. Ons product is volledig circulair, bio-based en herbruikbaar. Dat maakt dit project wel uniek in Nederland. En de TimberUnit is dus dankzij het modulaire ontwerp niet gebonden aan alleen dit project.

De definitieve offerte staat hieronder in de bijlagen, en in de bijlagen van het eindrapport.



## 3.1 Bronnen en Bijlagen

			
Begroting project circulair vriendenhofje buitengewoon Roosendaal			
8 Starterswoningen 9 Seniorenwoningen Renovatie schuur			
Omschrijving	Hoeveelheden	Kosten (m2)	Totaalprijs
Starterswoningen			
StartBlock (globaal)	8	€ 95.000,00	€ 760.000,00
Total Startblock woningen			
€ 760.000,00			
Timberunit			
Fundering	18	€ 150,00	€ 2.700,00
Schroefpaalfundering per paal			
Begangrondvloer	83,65	€ 55,71	€ 4.660,14
Begangrondvloer HSB-houtvezel iso			
Afwerking vloer (hout)	63	€ 45,00	€ 2.835,00
Gevel			
TEWO wandelementen	107,7	€ 120,00	€ 12.924,00
Regelwerk	107,7	€ 20,00	€ 2.154,00
Moso bamboe X-treme®	107,7	€ 80,00	€ 8.616,00
Gevelbekleding			
Binnenwanden	15	€ 150,00	€ 2.250,00
Dak			
TEWO dakelementen	94	€ 120,00	€ 11.280,00
Regelwerk	94	€ 20,00	€ 1.880,00
Sedum module 120mm	94	€ 52,50	€ 4.935,00
Optigrun			
Gipsplaat binnenzijde	90	€ 4,00	€ 360,00
Kozijnen			
Kozijn voorgevel 2x	20	€ 300,00	€ 6.000,00
Kozijn voorgevel	8	€ 300,00	€ 2.400,00
Raamkozijn linkerrijgevel	1,5	€ 300,00	€ 450,00
Deurkozijn linkerrijgevel	1	€ 2.000,00	€ 2.000,00
Kozijn achtergevel	0,7	€ 300,00	€ 210,00
Dakramen VELUX INTEGRA®	3	€ 1.029,29	€ 3.087,87
tuinwenster GGL - Zonne-energie, centraal draaipunt, wit afgelakt grenenhout 66 x 140cm	3	€ 150,00	€ 150,00
Binnendeuren	5	€ 100,00	€ 500,00
Onderdorpel			



Installaties			
Factory zero iCEM (buitenopstelling)	1	€ 11.800,00	€ 11.800,00
Warmtepomp+ WTW ventilatie			
PV panelen PEROVSKIJET-			
ZONNEMODULES (optie toekomst innovatie)			
PV panelen	19	€ 390,00	€ 7.410,00
LG NeON R Prime			
Omvormer	1	€ 1.000,00	€ 1.000,00
Verlichting			
IR panelen (2 verschillende panelen)	9	€ 800,00	€ 6.700,00
Overig			
Badkamer			
			Zie rapport 1 2.4.3
			voor begroting
Keuken			€ 3.030,75
rolstoeltoegankelijk			
			Zie rapport 1 2.4.2
			voor begroting Bruynzeel
			€ 5.900,00
Totaal Timberunit excl Interieur			€ 105.832,76

Meubels Circulair modulair			
Zie documentatie interieur			
Pax kleedkast IKEA	1		€ 774,00
Soft Modular Sofa Tweezitsbank	1		€ 4.180,00
Dressboy SPANGA wit of zwart	2		€ 140,00
Relaxfauteuil Bergen Elektrisch Verstelbaar	1		€ 1.039,00
Hoge Kast Gravure Eiken Naturel	1		€ 529,00
Tv Meubel Gravure Eiken Naturel	1		€ 500,00
Bellville Table (rechthoekig)	1		€ 1.800,00
Eames gerecycled Plastic Side Chair DSR	4		€ 1.440,00
Van Charles & Ray Eames, uit 1950			
Plate Table 370 x 1130 x 710 mm	1		€ 1.670,00
van Jasper Morrison, uit 2004			
Batavia Bed Deift senioren	1		€ 2.000,00
Totaal Timberunit Incl Interieur			€ 119.904,76

Renovatie schuur (Globaal)			
Constructie	88	€ 10,00	€ 880,00
Isolatie houtvezel	195	€ 200,00	€ 39.000,00
Dak renovatie	/		€ 15.000,00
Vervangen constructie dak			€ 5.280,00
Vervangen vloerconstructie houtvezel	132	€ 40,00	€ 5.280,00
Totaal constructie			€ 60.840,00



### Installaties

Warmtebatterij zouthydraat	1	€ 5.000,00	€ 5.000,00
Warmtepomp	1	€ 7.000,00	€ 7.000,00
PV panelen	32	€ 390,00	€ 12.480,00
Omvormer	1	€ 1.000,00	€ 1.000,00

Totaal renovatie  
excl Interieur/verlichting

€ 86.320,00

### Totaal

#### Aantal

8

9

1

#### Prijs

€ 95.000,00

€ 102.762,76

€ 86.320,00

#### Totaal

€ 760.000,00

Totaal Starterswoningen Startblock  
8 woningen

€ 95.000,00

Totaal seniorenwoning Timberunit  
9 woningen

€ 102.762,76

€ 950.254,84

Totaal Renovatie schuur

€ 116.634,76

€ 1.076.902,84

€ 86.320,00

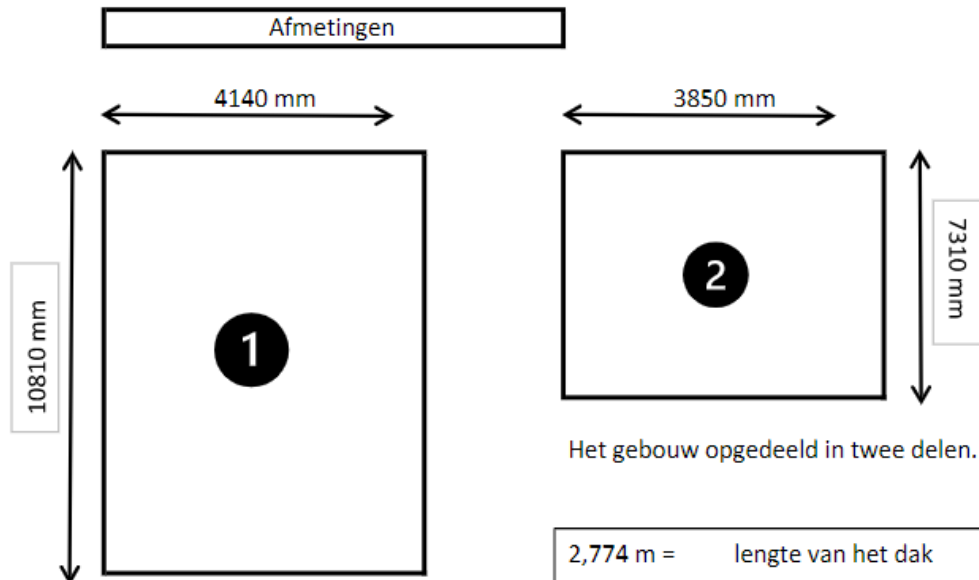
€ 86.320,00

€ 1.796.074,84

0

Kracht berekening  
SMARTciculair - The Esthetics

[feroxbouwsystemen.nl/tewo/](http://feroxbouwsystemen.nl/tewo/)



**Soorten belastingen**

1. Variabele belasting :  
VB
  - Wind
  - Sneeuw
  - Regen etc.
  
2. permanente belastingen  
PB
  - Dak
  - Muren
  - Etc

2  
.  
3

Totale belasting =  $1,2 \cdot PB + 1,5 \cdot VB$

materiale eigenschappen

$$\begin{aligned} \text{CLT} &= 450 \text{ kg/m}^3 \\ &= 4500 \text{ N/m}^3 \quad 4,5 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

dikte dak : 0,290 m

$$4,5 \cdot 0,29 = 1,305 \text{ kN/m}^2 \quad \cdot 2,774 = 3,62$$

sedumdak

$$\begin{aligned} \text{max.} &= 110 \text{ kg/m}^3 \quad \text{Plus water*} \\ &= 1100 \text{ N/m}^3 \quad 1,1 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

dikte 0,120 m

$$1,1 \cdot 0,12 = 0,132 \text{ kN/m}^2 \quad \cdot 2,774 = 0,37$$

Deze geldt voor bijde kante van het zadeldak gedeelte.

	VB	PB
	kN/m	kN/m
Dak:		
Sneeuw:	0,7 kN/m <sup>2</sup>	1.94

dak deel 2

	VB		PB	
		kN/m		kN/m
Dak:				
Sneeuw:	0,7 kN/m <sup>2</sup>		1.94	
Wind:	1,0 kN/m <sup>2</sup>		2.77	
		dak	1,305 kN/m <sup>2</sup>	2.52
		sedumdak	0,132 kN/m <sup>2</sup>	0.26
Totaal:			4.71	2.78

materiale eigenschappen
-------------------------

CLT = 450 kg/m<sup>3</sup>  
 = 4500 N/m<sup>3</sup> 4,5 kN/m<sup>3</sup>

dikte dak : 0,290 m

$4,5 \cdot 0,29 = 1,305 \text{ kN} \cdot 1,925 = 2,52$

sedumdak
----------

max. 110 kg/m<sup>3</sup> Plus water\*  
 = 1100N/m<sup>3</sup> 1,1 kN/m<sup>3</sup>

Wind:	1,0 kN/m <sup>2</sup>	2.77		
		dak	1,305 kN/m <sup>2</sup>	3.62
		sedumdak	0,132 kN/m <sup>2</sup>	0.37
Wand: eigen	muur gewicht	-	1.305	4.83
Totaal:			4.71	8.82

Totale belasting dak
----------------------

$$TB = 1,2 \cdot PB + 1,5 \cdot VB$$

$$1,2 \cdot 3,99 = 10.584$$

$$1,5 \cdot 4,71 = 7.065$$

$$\begin{array}{r} 10.584 \\ + 7.065 \\ \hline 17.649 \end{array}$$

dikte 0,120 m

$$1,1 \cdot 0,12 = 0,132 \text{ kN} \cdot 1,925 = 0,26$$

Totale belasting dak
----------------------

$$TB = 1,2 \cdot PB + 1,5 \cdot VB$$

$$1,2 \cdot 2,78 = 3.4$$

$$1,5 \cdot 4,71 = 7.1$$

$$\begin{array}{r} 3.4 \\ + 7.1 \\ \hline 10.5 \end{array}$$