

Leeghwaterstraat 44
2628 CA Delft
Postbus 6012
2600 JA Delft

www.tno.nl

T +31 88 866 22 00
F +31 88 866 06 30

TNO-rapport

2020 R11388

Experimenteel onderzoek naar de sterkte van de gewasdraadverbinding met GRIPPLE GP90

Datum	15 september 2020
Auteur(s)	Leo van der Knaap
Exemplaarnummer	
Oplage	
Aantal pagina's	17 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	
Opdrachtgever	Van Rooij & Co Draadproducten B.V. T.a.v. de heer P. van den Elsen Strickledeweg 66 3044 EK Rotterdam
Projectnaam	Gewasdraadverbinding met GRIPPLE 90GP
Projectnummer	060.34334/01.07.01.01

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2020 TNO

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Omschrijving van de constructie.....	4
3	Belastingaannamen.....	5
3.1	Berekening van de statische trekkracht in de gewasdraad.....	5
3.2	Wisselende trekbelastingen in de gewasdraad	6
4	Test- en beoordelingsmethode	8
5	Resultaten van het onderzoek.....	10
6	Voorwaarden	12
7	Conclusies en aanbevelingen	13
8	Ondertekening	14

Bijlage(n)

A Resultaten van de statische testen

1 Inleiding

Van Rooij & Co Draadproducten BV leverancier van gewasdraad voor de glastuinbouw te Rotterdam heeft TNO te Delft gevraagd om de draagkracht van een type verbindingen voor de gewasdraad aan een draadboog te beoordelen. De verbinding van de gewasdraden wordt uitgevoerd met een Gripple GP90. Doel van het onderzoek is het vaststellen van de toelaatbare trekbelasting in de gewasdraad. De resultaten van het experimenteel onderzoek zullen worden toegepast in het programma CASTA/Kassenbouw voor de dimensionering van constructies voor tuinbouwkassen.

De beoordeling van de draagkracht is uitgevoerd aan de hand van experimentele onderzoek, dat bestaat uit de volgende onderdelen:

- Statische test ter bepaling van de treksterkte van de verbinding tussen gewasdraad en Gripple GP90. De statische testen zijn uitgevoerd voor 3 type gewasdraden, namelijk "zacht verzinkt 3,4 mm", "zacht verzinkt 3,8 mm" en "Crapal 3,15 mm".
- Test met wisselende belasting ter beoordeling van de duurzaamheid van de verbinding tijdens de gebruikperiode (sterkte, slip van de draad).

Het experimentele onderzoek is in twee fasen uitgevoerd. In de eerste fase is het onderzoek naar de weerstand tegen wisselende belasting uitgevoerd. Met dit onderzoek is aangetoond, dat weerstand tegen wisselende belasting ruim voldoende is. De maat voor slip van de draad in de verbinding met de Gripple, die optreedt tijdens de gebruikperiode, is nauwelijks groter dan de slip die optreedt bij een statische test met hetzelfde maximale belastingniveau. De testen zijn uitgevoerd met Gripple GP90 in combinatie met gewasdraad type Crapal 3,15 mm. De goede weerstand tegen wisselende belasting van de verbinding met een Gripple is eerder vastgesteld voor verbindingen van een gewasdraad met Gripple Large en met Gripple Jumbo, zie hiervoor TNO rapport 2007-D-R09030.

In de tweede fase is het experimentele onderzoek naar de statische sterkte uitgevoerd op een inmiddels iets gewijzigd model van de Gripple GP90. Om na te gaan of deze wijziging invloed heeft op de weerstand tegen wisselende belasting, is voor de verbinding van de Gripple GP90 een aanvullende test met wisselende belasting uitgevoerd. Voor elk van de drie typen gewasdraad is een test met een beperkt aantal belastingwisselingen uitgevoerd, waarbij de bovengrens minimaal overeenkomt met de trekkracht (inclusief belastingfactor), die representatief is voor de bovengrens van het toepassingsgebied in de praktijk.

2 Omschrijving van de constructie

Voor de verbinding van gewasdraden aan een draadboog rond 12 mm of rond 14 mm wordt Gripple 90GP toegepast. De Gripple is een aluminium gietelement met daarin een klemmechanisme. Het klemmechanisme introduceert bij trek in de gewasdraad een blijvende vervorming (ribbels) aan één zijde van de gewasdraad. Door deze vervorming kan de gewasdraad niet langs het klemmechanisme glijden.

De Gripple 90GP is voorzien van een haak, waarin de draadboog past. De haakverbinding kan roteren om de gewasdraad en zo de richting van de gewasdraad volgen. Met een RVS schroef M6 + borgmoer wordt de positie van de Gripple 90GP op de draadboog geborgd tegen verschuiven.



Foto 1: verbinding van gewasdraden aan rond 14 mm met Gripple 90GP in de testopstelling.

Tijdens het experimenteel onderzoek zijn 3 typen gewasdraad toegepast, met de volgende kenmerken met betrekking tot de rekenwaarde voor de treksterkte:

- Zacht verzinkt 3,40 mm: $F_{g;d;t1} = \frac{1}{4} * \pi * 3,4^2 * 305,6 = 2774 \text{ N}$.
- Crapal 3,15 mm: $F_{g;d;t2} = \frac{1}{4} * \pi * 3,15^2 * 356,0 = 2774 \text{ N}$.
- Zacht verzinkt 3,80 mm: $F_{g;d;t3} = \frac{1}{4} * \pi * 3,8^2 * 305,6 = 3466 \text{ N}$.

Hierin is $\sigma = 305,6 \text{ N/mm}^2$ de rekgrens voor het type zacht verzinkte gewasdraad en $\sigma = 356,0 \text{ N/mm}^2$ de rekgrens voor gewasdraad type Crapal. In het programma CASTA/Kassenbouw worden deze rekenwaarden aangehouden voor de sterkte van de gewasdraad, inclusief verbinding aan de draadboog.

3 Belastingaannamen

De trekbelasting in de gewasdraad wordt bepaald door het type gebruik. De belangrijkste parameters voor de berekening van de trekbelasting zijn de gewasbelasting per strekkende meter gewasdraad, de overspanning van de gewasdraad en de doorbuiging van de gewasdraad. De gewasbelasting per strekkende meter gewasdraad wordt berekend als het product van de gewasbelasting per vierkante meter grondvlak en de onderlinge afstand tussen de gewasdraden. De maximale gewasbelasting treedt in het algemeen op met een herhalingstijd van 1 jaar.

3.1 Berekening van de statische trekkracht in de gewasdraad

Hierna is een voorbeeldberekening gegeven, waarmee de trekkracht in de gewasdraad wordt vastgesteld. Uitgangspunten in deze berekening zijn:

- Vakmaat: 5,0 meter.
- Doorhang gewasdraden: 200 mm.
- Afstand tussen de gewasdraden: 0,80 meter.
- Gewasbelasting: 200 N/m².
- Belastingfactor volgens NEN-EN13031-1:2020: $\gamma = 1,275$.
- De doorhang van de gewasdraad is gecorrigeerd van 200 mm naar 191 mm.

In het rekenmodel is de invloed meegenomen van temperatuurwisseling. Dat effect is relevant wanneer in combinatie met de stalen gewasdraden aluminium goten zijn toegepast. Het effect van temperatuurwisseling op de kracht in de gewasdraad is relatief groot bij een relatief kleine doorhang van de gewasdraad.

Tensile force in the crop wire:

$$T_{gd}' = q_{crop} * hohgd * \frac{hohgdo^2}{8 * fdT'} * [1 + (\frac{4 * fdT'}{hohgdo})^2]^{1/2}$$

$$\text{with: } fdT' = f' * (1 - 3/8 * \alpha * dT * hohgdo^2 / f'^2)^{1/2}$$

T_{gd}' = Tensile force in the crop wire in SLS [N].

q_{crop} = crop load belonging tot the load combination to be verified.

$hohgd$ = heart to heart distance between crop wires [m].

$hohgdo$ = heart to heart distance support crop wires [m].

f' = minimal dip of crop wires in load situation [m].

fdT' = adjusted dip of the crop wires with a reduction-factor resulting from expansion of the gutters [m].

For gutters, according to NEN3859: $\alpha * dT = 48 * 10e-5$.

Entry of the known data results in:

$$fdT' = 0.200 * (1 - 3/8 * 48 * 10e-5 * 4.50^2 / 0.200^2)^{1/2} = 0.191 \text{ m}$$

$$T_{gd}' = 200 * 0.8 * \frac{4.50^2}{8 * 0.191} * [1 + (\frac{4 * 0.191}{4.50})^2]^{1/2} = 2154 \text{ N}$$

Analogue, ULS conditions: $T_{gd} = 2747 \text{ N}$

3.2 Wisselende trekbelastingen in de gewasdraad

Door temperatuurwisseling (o.a. dag/nacht) zal de goot van de kas uitzetten en krimpen. Voor het onderzoek naar de bestendigheid van de gewasdraad verbinding tegen wisselende belasting is een inschatting gemaakt van het effect van de temperatuurverschillen op de trekkracht in de gewasdraden:

- Per jaar 100 x (ca. 3 maanden, 1x per dag) een temperatuurwisseling van 10°C. De trekkracht in de draad zal daarbij wisselen tussen 2616 N en 2718 N.

Voor onderhoud aan de plant en het oogsten worden werkzaamheden verricht, die invloed hebben op de verticale belasting aan de gewasdraden. In overleg met DLV Plant is globaal de frequentie van deze werkzaamheden vastgesteld. Het effect op de trekkracht in de gewasdraad is hierbij aangenomen als een belastingwisseling ten opzichte van de maximale gewasbelasting van 150 N/m² bij een tomatenteelt:

- Blad breken: 1x per 12 dagen; belasting: 2x 20 N per plant neerwaarts gericht.
- Oogsten: 1x per 7 dagen; belasting: 15 N/m² opwaarts gericht.
- Planten verhangen: 1x per 12 dagen; belasting: eigen gewicht plant opwaarts gericht.
- Evenwicht zoeken tegen draad tijdens planten verhangen: 1x per 12 dagen; belasting: 10% van gewicht "gemiddelde" persoon van 80 kg = 80 N neerwaarts gericht.

In onderstaande tabel zijn de geschematiseerde belastingen vertaald naar de gevolgen voor de trekkracht in de gewasdraad.

Tabel 1: belastingen in de draad ten behoeve van het experimenteel onderzoek.

Type belasting	Frequentie (aantal per jaar)	Belasting	Trekkracht in de draad
Karakteristieke gewasbelasting	1	150 N/m ²	+2774 N *)
Blad breken	2x15x21=630	20 N	+77 N
Oogsten	26	15 N/m ²	-231 N
Planten verhangen	15x25=375	40 N	-154 N
Evenwicht zoeken	25	80 N	+370 N
Temperatuurswisselingen	100		tussen 2616 N en 2718 N
*) De gekozen rekenwaarde voor de trekkracht in de gewasdraad is gelijk aan de rekenwaarde voor de treksterkte van gewasdraad Crapal 3,15 mm, inclusief de verbinding aan de gewasdraad.			

De ontwerplevensduur volgens NEN-EN1990 bedraagt voor tuinbouwkassen 15 jaar. Het belastingspectrum voor de test met wisselende belasting is veilig afgestemd op de belastingwisselingen die optreden gedurende twee keer de ontwerplevensduur.

Tijdens de test is het aantal wisselingen dat optreedt gedurende 1 jaar (zie tabel 1) 30 keer herhaald. In tabel 2 zijn de wisselingen voor "1 jaar" aangegeven, inclusief de frequentie van de belastingwisselingen.

Tabel 2: belastingspectrum "1 jaar" voor de proeven met wisselende belasting.

frequency [Hz]	Count	Shape (cycles)	Level1 [N] (+ = trek)	Level2 [N] (+ = trek)
0,1	1	½ Sine	100	2774
1	100	Sine	2616	2718
2	630	Sine	2774	2851
0,5	26	Sine	2543	2774
0,5	25	Sine	2774	3144
1	375	Sine	2620	2774
0,1	1	½ Sine	2774	100

Het aantal belastingwisselingen in één jaar is 1157. Het beoogde aantal te behalen wisselingen per verbinding is $2 \times 15 \times 1157 = 34.710$ wisselingen.

4 Test- en beoordelingsmethode

Om de toelaatbare trekbelasting in de gewasdraad te kunnen vaststellen worden statische testen uitgevoerd en testen met wisselende belasting. De resultaten van het experimenteel onderzoek zullen worden toegepast in het programma CASTA/Kassenbouw voor de dimensionering van constructies voor tuinbouwkassen aan de hand van de Europese kassenbouwnorm EN13031-1. Daarbij zullen de in hoofdstuk 2 gegeven rekenwaarden voor de treksterkte als bovengrens worden aangehouden.

De statische testen zijn uitgevoerd door beide uiteinden van de gewasdraad te bevestigen met een Gripple GP90. Zo worden 2 verbindingen tegelijk getest. De volgende statische testen zijn uitgevoerd, waarbij de belasting wordt opgevoerd tot het moment van bezwijken:

- Statische test in 10-voud op de verbinding tussen Gripple GP90 en gewasdraad "zacht verzinkt 3,4 mm".
- Statische test in 10-voud op de verbinding tussen Gripple GP90 en gewasdraad "zacht verzinkt 3,8 mm".
- Statische test in 10-voud op de verbinding tussen Gripple GP90 en gewasdraad "Crapal 3,15 mm".

De statische testen zijn uitgevoerd met een haakse aansluiting van de Gripple GP90 ten opzichte van de draadboog (diameter 14 mm). In de praktijk kan de gewasdraad met een hoek tot ca 20 graden ten opzichte van de richting van de draadboog aansluiten. Daarom zijn aanvullend enkele testen uitgevoerd om na te gaan of de schuine aansluiting van invloed is op de sterkte van de verbinding.

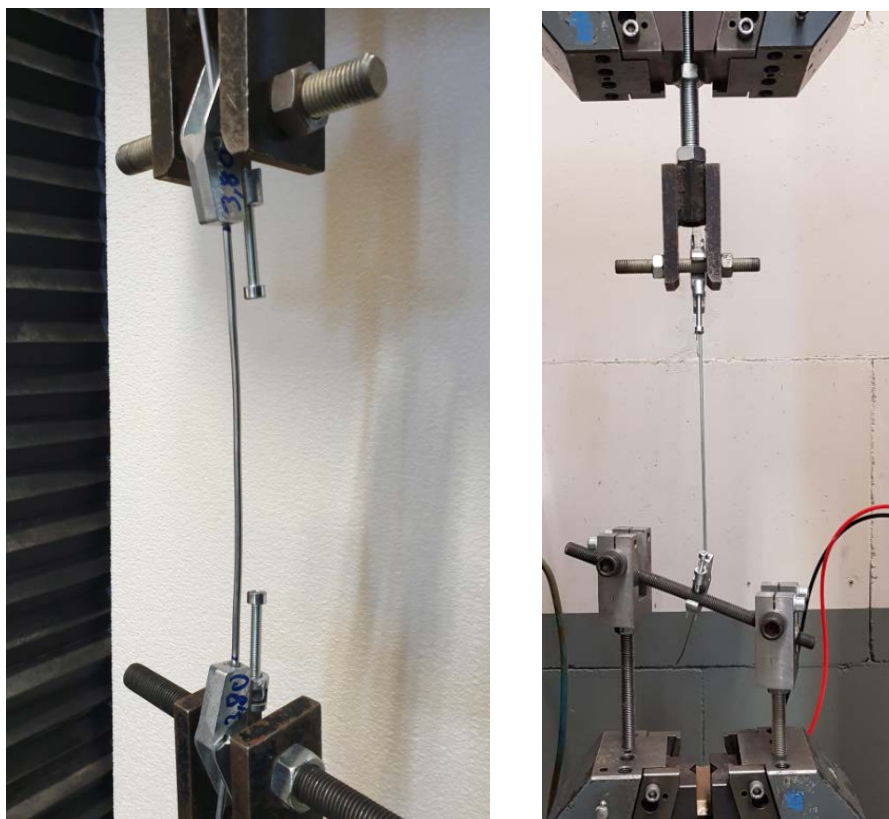


Foto 2 en 3: gewasdraadverbinding met Gripple GP90 in de testopstelling voor het onderzoek naar de statische sterkte. Links de haaks aansluiting van de gewasdraad, rechts de aansluiting onder een hoek van 20 graden.

Uit de proefresultaten wordt de karakteristieke waarde voor de treksterkte R_d bepaald aan de hand van par. D7.2(3) van NEN-EN1990. De rekenwaarde voor de sterkte wordt bepaald met de volgende formule:

$$R_d := \min \left[\frac{\eta_d}{\gamma_m} \cdot m_x \cdot (1 - k_{2,n} \cdot V_x), \frac{\eta_d}{\gamma_m} \cdot 0.9 \cdot \text{mean}(P_u) \right]$$

Hierin is:

- $\eta_d = 1$ Factor voor representativiteit van de proefresultaten.
- $\gamma_m = 1,25$ Factor voor reductie van de treksterkte van verbindingen.
- k_{2n} Statistische factor, gebaseerd op 2 verbindingen in 1 test.
- m_x Gemiddelde waarde van de bezwijkbelastingen.
- V_x Variatiecoëfficiënt.
- P_u Karakteristieke waarde voor de sterkte.

De testen met wisselende belasting op de verbinding van de gewasdraad met Gripple GP90 zijn uitgevoerd ter beoordeling van de duurzaamheid van de verbinding tijdens het gebruik (sterkte, slijp van de draad). Het onderzoek met wisselende belasting levert het inzicht in het gedrag van de verbinding tijdens de gebruikperiode. De testen met wisselende belasting hebben geen invloed op de rekenwaarde voor de sterkte. De verbinding wordt als goed beoordeeld, wanneer geen breuk van de draad optreedt of een te grote maat voor slijp van de draad.

In één testserie zijn vier verbindingen tegelijk getest. Er zijn 2 testseries uitgevoerd, beiden met een haakse aansluiting van gewasdraad type Crapal 3,15 mm ten opzichte van de draadboog.



Foto 4: gewasdraadverbinding met Gripple GP90 in de testopstelling voor het onderzoek naar de weerstand tegen wisselende belasting.

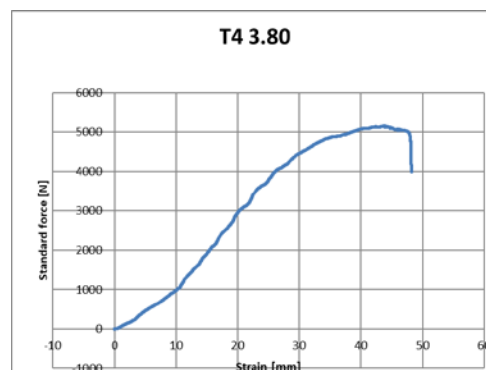
5 Resultaten van het onderzoek

Op basis van de statische testen zijn voor de verbinding van gewasdraden met Gripple GP90 aan de draadboog de volgende rekenwaarden voor de sterkte vastgesteld:

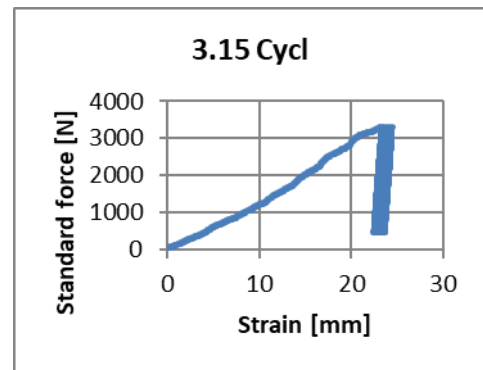
- Gewasdraad zacht verzinkt 3,40 mm: $R_d = 2883 \text{ N}$.
- Gewasdraad Crapal 3,15 mm: $R_d = 3404 \text{ N}$.
- Gewasdraad zacht verzinkt 3,80 mm: $R_d = 3658 \text{ N}$.

Uit de testen met een schuine aansluiting van de gewasdraad ten opzichte van de draadboog blijkt, dat de schuine aansluiting geen nadelige invloed heeft op de sterkte van de verbinding. Uit deze test blijkt ook, dat de bout voor fixatie van de Gripple in de lengterichting van de draadboog niet strak hoeft te worden aangedraaid, om verschuiven van de Gripple te voorkomen.

Tijdens het uitvoeren van de statische testen treedt "slip" van de gewasdraad in de Gripple GP90 op. Deze vervorming, die maximaal 1,5 cm bedraagt, is nodig om de draad goed aan te laten sluiten op het klemmechanisme in de Gripple GP90. Als voorbeeld is hierna het kracht-verplaatsingsdiagram gegeven van een test van de verbinding van gewasdraad zacht verzinkt 3,80 mm. Hieruit blijkt, dat het grootste deel van de vervorming plaatsvindt tot in de gewasdraad een trekkracht van ca. 1000 N wordt bereikt.



Figuur 1: kracht-verplaatsingsdiagram van een statische test op de verbinding tussen Gripple GP90 en gewasdraad zacht verzinkt 3,80 mm.



Figuur 2: kracht-verplaatsingsdiagram van een test met wisselende belasting op de verbinding tussen Gripple GP90 en gewasdraad Crapal 3,15 mm.

Uit de testen met wisselende belasting blijkt, dat de maat van slip van de gewasdraad in de Gripple GP90 als gevolg van de belastingwisselingen gedurende de levensduur beperkt blijft tot een maat kleiner dan 1 cm. Dit testresultaat wordt als ruim voldoende beoordeeld.

Beoordeling van de rekenwaarde voor de sterkte voor toepassing in het rekenmodel in het programma CASTA/Kassenbouw voor de dimensionering van constructies voor tuinbouwkassen aan de hand van de Europese kassenbouwnorm EN13031-1:

- Gewasdraad zacht verzinkt 3,40 mm: $R_d = 2883 \text{ N} > 2774 \text{ N} \rightarrow$ Voldoet.
- Gewasdraad Crapal 3,15 mm: $R_d = 3404 \text{ N} > 2774 \text{ N} \rightarrow$ Voldoet.
- Gewasdraad zacht verzinkt 3,80 mm: $R_d = 3658 \text{ N} > 3466 \text{ N} \rightarrow$ Voldoet.

Het klemmechanisme in de Gripple GP90 zorgt voor een deformatie van de gewasdraad in de klemverbinding. Deze deformatie heeft een reductie van de effectieve doorsnede van de gewasdraad tot gevolg. Dat is ook de reden, dat tijdens de statische test bezwijken van de draad optreedt in het klemmechanisme van de Gripple GP90. Op onderstaande foto's (opname met een microscoop, zowel van een gebroken draad als van een niet-gebroken draad Crapal 3,15 mm) is de vorm van de deformatie goed herkenbaar.

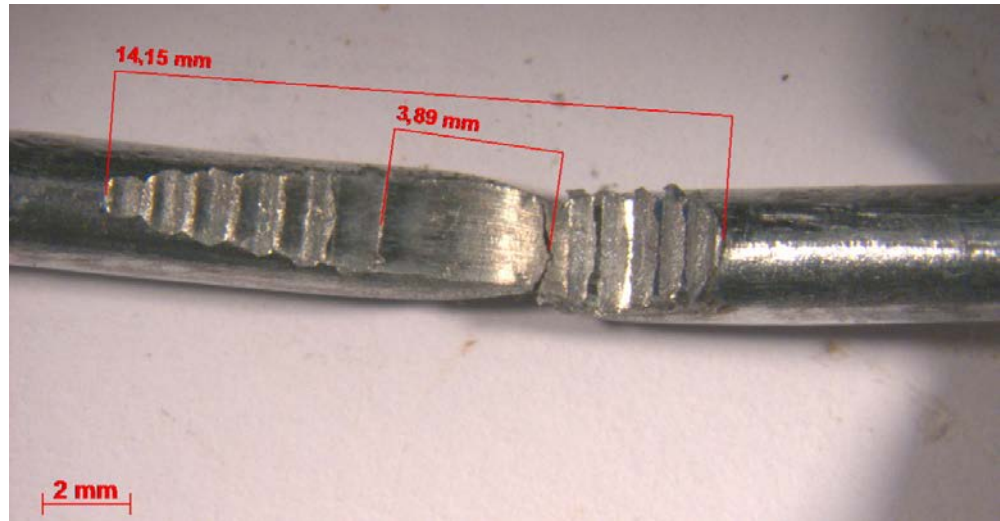


Foto 5: deformatie van gewasdraad Crapal 3,15 mm in de klemverbinding met Gripple GP90, na breuk van de draad.



Foto 6: deformatie van gewasdraad Crapal 3,15 mm in de klemverbinding met Gripple GP90, na uitvoering van een statische test.

De resultaten van de statische testen zijn samengevat in bijlage A.

6 Voorwaarden

De afmetingen en materiaalkwaliteiten die in dit rapport zijn genoemd, zijn gebaseerd op door de opdrachtgever en onder zijn verantwoordelijkheid verstrekte gegevens. De proefresultaten zijn geldig voor de situatie, waar ook in de praktijk wordt voldaan aan deze afmetingen en materiaalkwaliteiten.

Voorkomen moet worden dat een te grote voorspanning de bout voor fixatie van de Gripple in de lengterichting van de draadboog met een grote voorspanning wordt gemonteerd. Dit kan leiden tot breuk van de houder van de bout in het gietelement van de Gripple, waardoor de Gripple niet meer is geborgd tegen verschuiven in de lengterichting van de draadboog.

7 Conclusies en aanbevelingen

In opdracht van Van Rooij & Co Draadproducten BV leverancier van gewasdraad voor de glastuinbouw te Rotterdam is door TNO te Delft voor de toepassing in tuinbouwkassen onderzoek uitgevoerd naar de sterkte-eigenschappen van de volgende type verbindingen van gewasdraden aan een draadboog:

- Verbinding met Gripple GP90 van gewasdraad zacht verzinkt 3,4 mm.
- Verbinding met Gripple GP90 van gewasdraad Crapal 3,15 mm.
- Verbinding met Gripple GP90 van gewasdraad zacht verzinkt 3,8 m.

Uit het onderzoek blijkt, dat de rekenwaarde voor de treksterkte van de gewasdraad verbinding met Gripple GP90 voldoet aan de sterkte-eisen in het rekenmodel van het programma CASTA/Kassenbouw voor het ontwerp van constructies voor tuinbouwkassen op basis van de Europese kassenbouwnorm EN13031-1. De resultaten van het onderzoek zijn beschikbaar in programma CASTA/Kassenbouw voor berekening van de gewasdraad constructie.

Tijdens het onderzoek zijn geen ontoelaatbare vervormingen in de verbinding van gewasdraden aan de draadboog opgetreden. Dat geldt zowel voor de statische testen als voor tijdens het onderzoek met wisselende belasting.

Aanbevolen wordt om in de gebruikshandleiding voor montage van de gewasdraad op te nemen wat de toelaatbare voorspanning is van de bout, waarmee de Gripple GP90 op de draadboog wordt geklemd om verschuiven in de richting evenwijdig aan de gewasdraad te voorkomen.

8 Ondertekening

Delft, 15 september 2020



Maurits Huisman MSc
Plaatsvervangend Research Manager

TNO



Leo van der Knaap
Auteur

A Resultaten van de statische testen

Bepaling van de rekenwaarde van de sterkte met betrekking tot de capaciteit van de gewasdraadverbinding met Gripple GP90 .

Opdrachtgever: van Rooij & Co Draadproducten B.V.

Resultaten van het experimenteel onderzoek met Gripple GP90 en gewasdraad zacht verzinkt rond 3,4 mm:

Het experimenteel onderzoek heeft de volgende resultaten opgeleverd:

Proef nr. 1:	$Pu_0 := 4080 \cdot N$			
Proef nr. 2:	$Pu_1 := 4060 \cdot N$			
Proef nr. 3:	$Pu_2 := 4000 \cdot N$			
Proef nr. 4:	$Pu_4 := 3950 \cdot N$			
Proef nr. 5:	$Pu_3 := 3930 \cdot N$	$n := \text{rows}(Pu)$		$n = 5$

Bezwijkvorm:

De gewasdraad breekt bij alle proefstukken in het klemmechanisme van de Gripple.

Statistische factor k , gebaseerd op een onderschrijdingskans van 5% en een Bayesiaanse verwerking van de statistische gegevens, ter bepaling van de factoe V_x "niet bekend" volgens D7.2(3) van NEN-EN 1990. Deze factor is afhankelijk van het aantal proeven. Per statische test zijn er twee verbindingen getest. Daarmee is rekening gehouden bij de aanname van de statistische factor k .

$$\begin{array}{llll}
 k_3 := 3.37 & k_5 := 2.33 & k_7 := 2.09 & k_9 := 1.96 \\
 k_4 := 2.63 & k_6 := 2.18 & k_8 := 2.00 & k_{10} := 1.92
 \end{array}
 \quad \text{geeft:} \quad k_n = 2.33$$

Uitgaande van een normale verdeling:

$$\begin{array}{ll}
 m_x := \text{mean}(Pu) & m_x = 4004 \cdot N \\
 s_x := \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=0}^{n-1} (Pu_i - m_x)^2} & s_x = 65.80274 \cdot N \\
 V_x := \frac{s_x}{m_x} & V_x = 0.01643
 \end{array}$$

Bepaling van de rekenwaarde R_d voor de toetsing van de sterkte van de verbinding:

$$\gamma_m := 1.25 \quad \gamma \cdot m = \gamma \cdot M2 \text{ volgens tabel 8.1 van NEN-EN 1999-1-1}$$

$$\eta_d := 1$$

$$\text{Rekenwaarde: } R_d := \min \left[\frac{\eta_d}{\gamma_m} \cdot m_x \cdot (1 - k_{2 \cdot n} \cdot V_x), \frac{\eta_d}{\gamma_m} \cdot 0.9 \cdot \text{mean}(Pu) \right] \quad \text{geeft: } R_d = 2883 \cdot N$$

Bepaling van de rekenwaarde van de sterkte met betrekking tot de capaciteit van de gewasdraadverbinding met Gripple GP90 .

Opdrachtgever: van Rooij & Co Draadproducten B.V.

Resultaten van het experimenteel onderzoek met Gripple GP90 en gewasdraad Crapal rond 3,15 mm:

Het experimenteel onderzoek heeft de volgende resultaten opgeleverd:

Proef nr. 1:	$Pu_0 := 4670 \cdot N$		
Proef nr. 2:	$Pu_1 := 4830 \cdot N$		
Proef nr. 3:	$Pu_2 := 4740 \cdot N$		
Proef nr. 4:	$Pu_4 := 4730 \cdot N$		
Proef nr. 5:	$Pu_3 := 4670 \cdot N$	$n := \text{rows}(Pu)$	$n = 5$

Bezwijkvorm:

De gewasdraad breekt bij alle proefstukken in het klemmechanisme van de Gripple.

Statistische factor k , gebaseerd op een onderschrijdingskans van 5% en een Bayesiaanse verwerking van de statistische gegevens, ter bepaling van de factoe V_x "niet bekend" volgens D7.2(3) van NEN-EN 1990. Deze factor is afhankelijk van het aantal proeven. Per statistische test zijn er twee verbindingen getest. Daarmee is rekening gehouden bij de aanname van de statistische factor k .

$k_3 := 3.37$	$k_5 := 2.33$	$k_7 := 2.09$	$k_9 := 1.96$	
$k_4 := 2.63$	$k_6 := 2.18$	$k_8 := 2.00$	$k_{10} := 1.92$	geeft: $k_n = 2.33$

Uitgaande van een normale verdeling:

$$m_x := \text{mean}(Pu) \quad m_x = 4728 \cdot N$$

$$s_x := \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=0}^{n-1} (Pu_i - m_x)^2} \quad s_x = 65.72671 \cdot N$$

$$V_x := \frac{s_x}{m_x} \quad V_x = 0.0139$$

Bepaling van de rekenwaarde R_d voor de toetsing van de sterkte van de verbinding:

$$\gamma_m := 1.25 \quad \gamma_m = \gamma_{M2} \text{ volgens tabel 8.1 van NEN-EN 1999-1-1}$$

$$\eta_d := 1$$

$$\text{Rekenwaarde: } R_d := \min \left[\frac{\eta_d}{\gamma_m} \cdot m_x \cdot (1 - k_{2 \cdot n} \cdot V_x), \frac{\eta_d}{\gamma_m} \cdot 0.9 \cdot \text{mean}(Pu) \right] \quad \text{geeft: } R_d = 3404 \cdot N$$

Bepaling van de rekenwaarde van de sterkte met betrekking tot de capaciteit van de gewasdraadverbinding met Gripple GP90 .

Oprachtgever: van Rooij & Co Draadproducten B.V.

Resultaten van het experimenteel onderzoek met Gripple GP90 en gewasdraad zacht verzinkt rond 3,8 mm:

Het experimenteel onderzoek heeft de volgende resultaten opgeleverd:

Proef nr. 1:	$Pu_0 := 5000 \cdot N$			
Proef nr. 2:	$Pu_1 := 5210 \cdot N$			
Proef nr. 3:	$Pu_2 := 5120 \cdot N$			
Proef nr. 4:	$Pu_4 := 5150 \cdot N$			
Proef nr. 5:	$Pu_3 := 4920 \cdot N$	$n := \text{rows}(Pu)$		$n = 5$

Bezwijkvorm:

De gewasdraad breekt bij alle proefstukken in het klemmechanisme van de Gripple.

Statistische factor k, gebaseerd op een onderschrijdingskans van 5% en een Bayesiaanse verwerking van de statistische gegevens, ter bepaling van de factor V_x "niet bekend" volgens D7.2(3) van NEN-EN 1990. Deze factor is afhankelijk van het aantal proeven. Per statistische test zijn er twee verbindingen getest. Daarmee is rekening gehouden bij de aanname van de statistische factor k.

$k_3 := 3.37$	$k_5 := 2.33$	$k_7 := 2.09$	$k_9 := 1.96$		+
$k_4 := 2.63$	$k_6 := 2.18$	$k_8 := 2.00$	$k_{10} := 1.92$	geeft:	$k_n = 2.33$

Uitgaande van een normale verdeling:

$$m_x := \text{mean}(Pu) \quad m_x = 5080 \cdot N$$

$$s_x := \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=0}^{n-1} (Pu_i - m_x)^2} \quad s_x = 117.68602 \cdot N$$

$$V_x := \frac{s_x}{m_x} \quad V_x = 0.02317$$

Bepaling van de rekenwaarde R_d voor de toetsing van de sterkte van de verbinding:

$$\gamma_m := 1.25 \quad \gamma \cdot m = \gamma \cdot M2 \text{ volgens tabel 8.1 van NEN-EN 1999-1-1}$$

$$\eta_d := 1$$

$$\text{Rekenwaarde: } R_d := \min \left[\frac{\eta_d}{\gamma_m} \cdot m_x \cdot (1 - k_{2 \cdot n} \cdot V_x), \frac{\eta_d}{\gamma_m} \cdot 0.9 \cdot \text{mean}(Pu) \right] \quad \text{geeft: } R_d = 3658 \cdot N$$