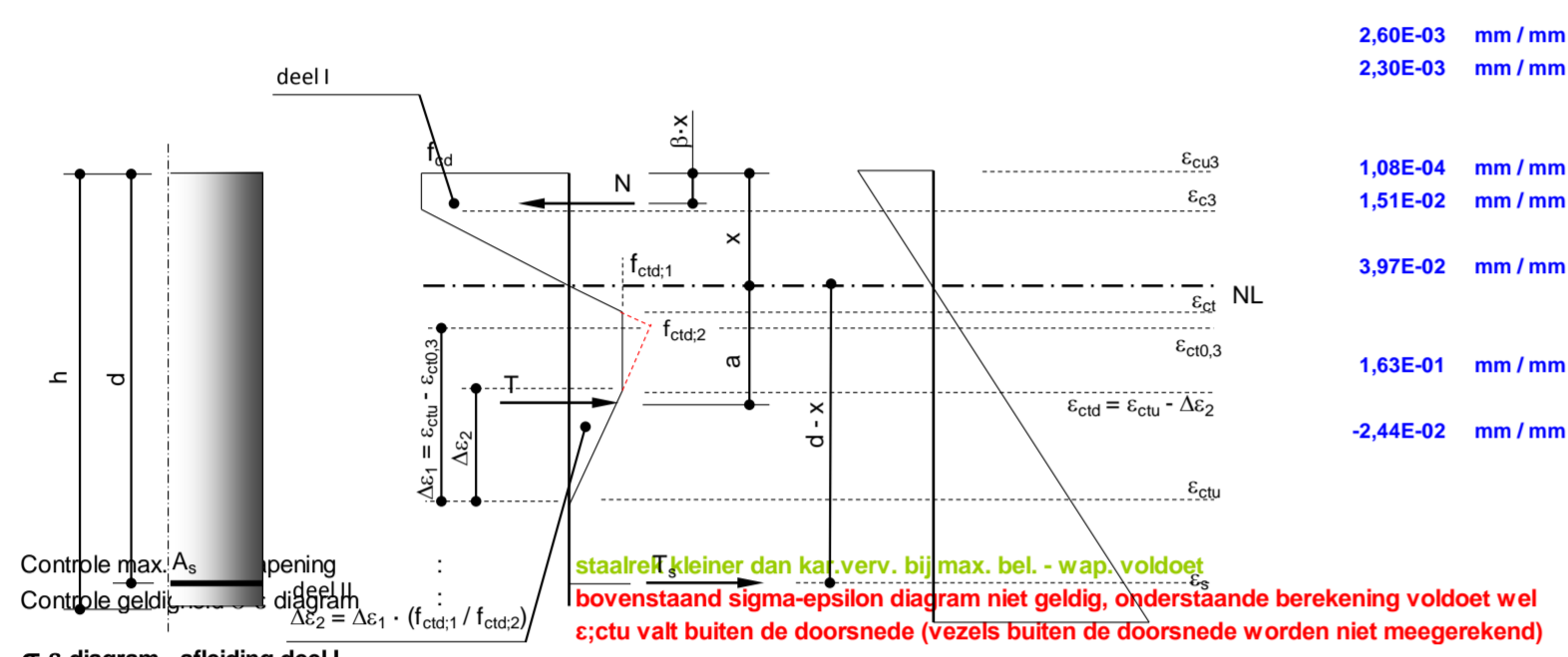
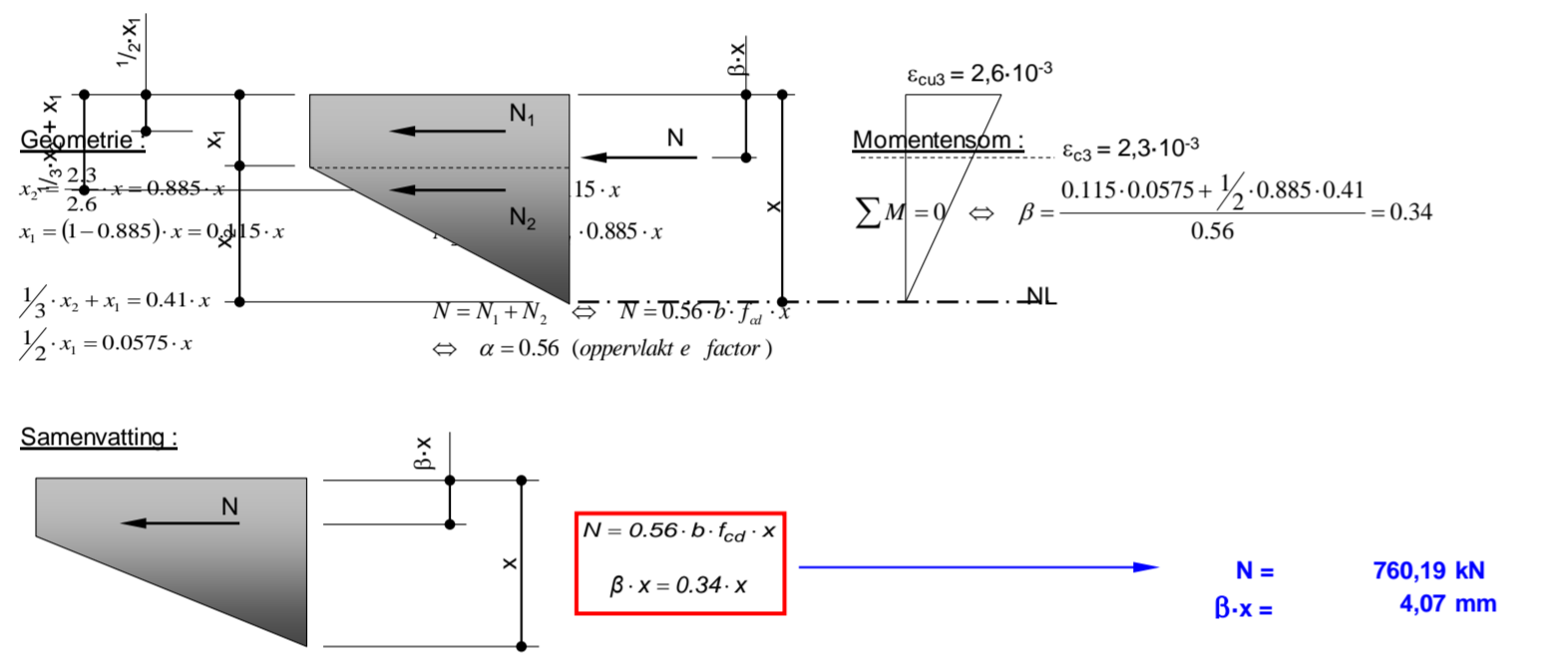




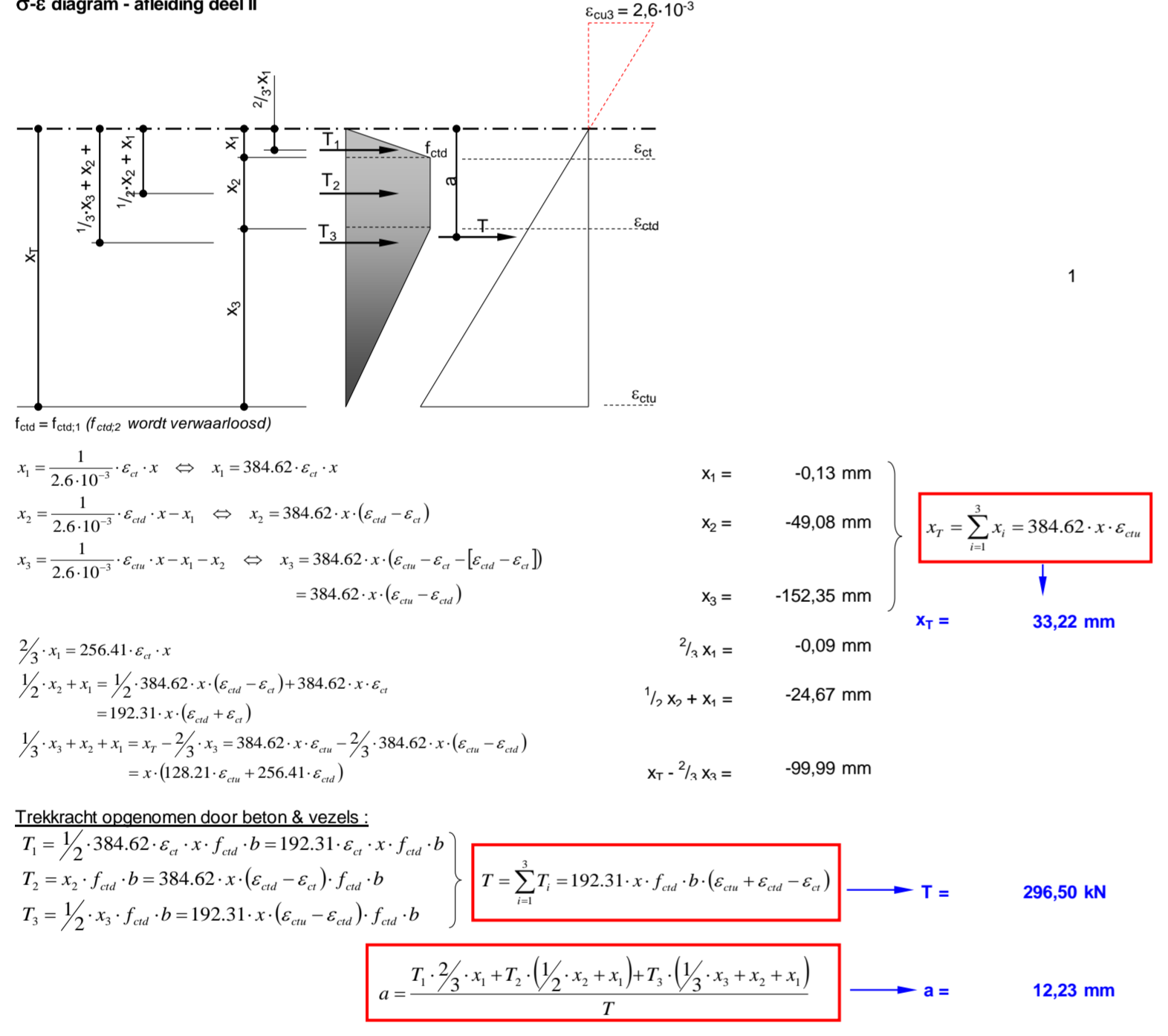
Table with 4 columns: Section, Property, Value, Unit. Contains material and geometric data for concrete, steel, and reinforcement.



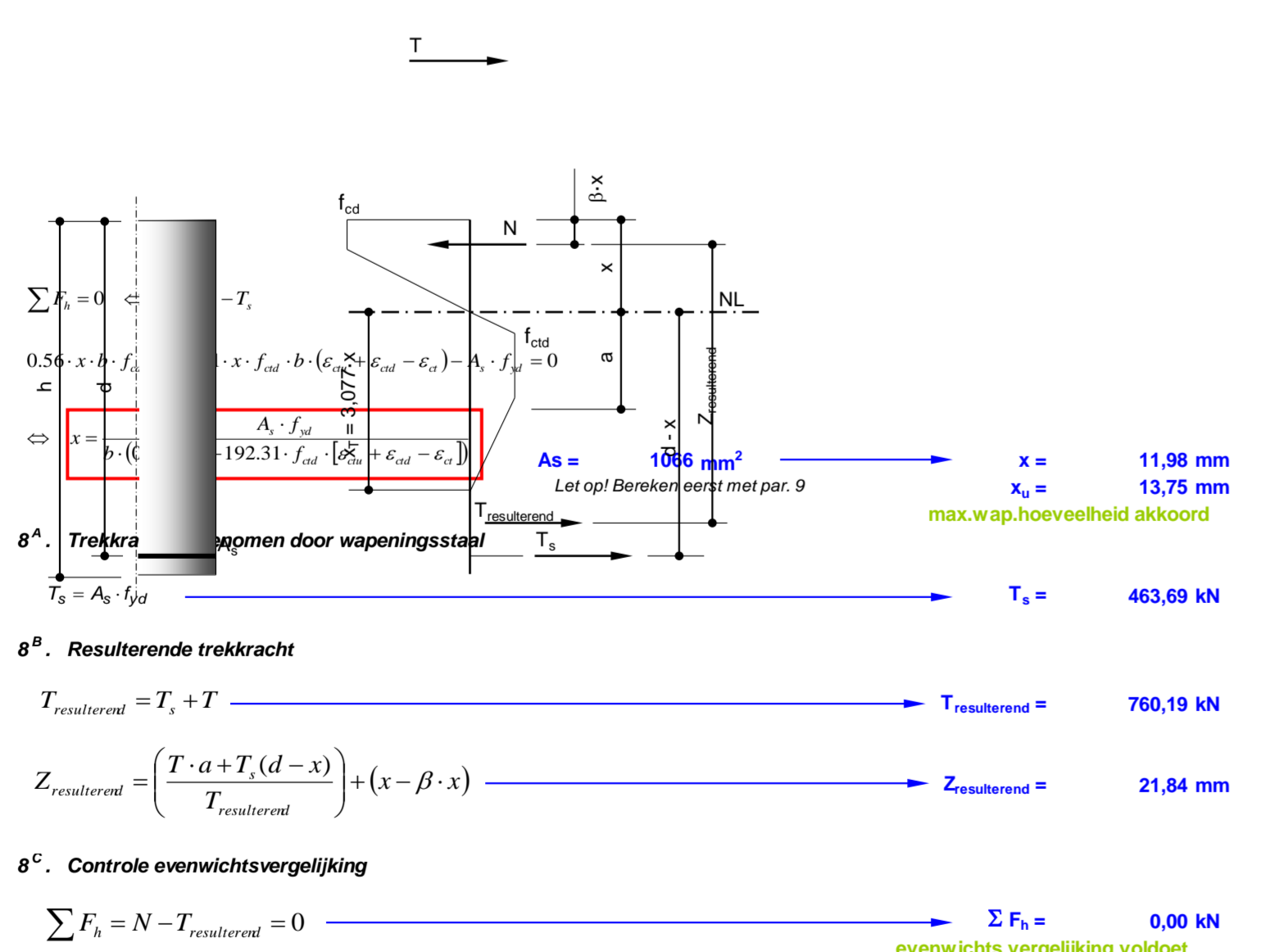
6. sigma-epsilon diagram - afleiding deel I



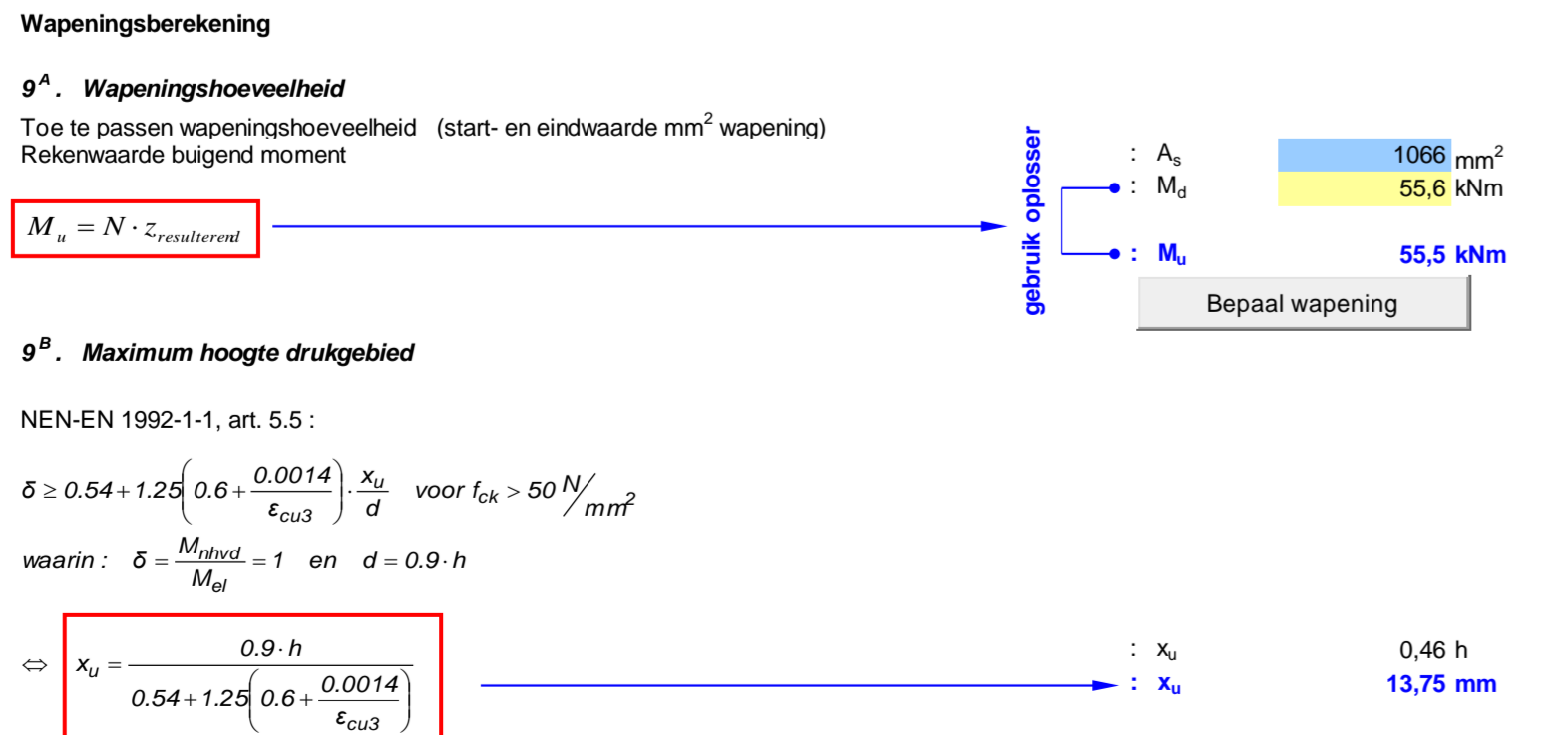
7. sigma-epsilon diagram - afleiding deel II




8. Volledig sigma-epsilon diagram



9. Wapeningsberekening



10. Conclusie BEREKENING VOLDOET

		Project : Rekisvoorbeeld Onderdeel : Balk 400x600	Auteur : Ing. P.P.F. van Rijen Datum : 20-06-2011
1. Algemeen	Breedte Hoogte	: b : h	1000 mm 30 mm
2. Staalvezels	Lenzite staalvezels (Ductal®)	: L <sub>l</sub>	13 mm
3. Vezelbeton	Kar. Kubusdruksterkte	: f <sub>ck,duw</sub>	200 N/mm <sup>2</sup>
	Kar. Cilinderdruksterkte	: 0,85 f <sub>ck,duw</sub>	170 N/mm <sup>2</sup>
	Kar. waarde max. trekspanning	: f <sub>ct,0,05</sub>	8 N/mm <sup>2</sup>
	Gem. waarde elasticiteitsmodulus	: E <sub>cm</sub>	58000 N/mm <sup>2</sup>
	E-modulus (securiteitsheids [ULS])	: E <sub>cd</sub> = f <sub>ct,0,05</sub> / E <sub>cm</sub>	49275 N/mm <sup>2</sup>
Betonsluk bij piekspanning f <sub>ctd</sub>		: ε <sub>ct</sub>	2,30E-03 mm/mm
	$\epsilon_{ct} = \frac{f_{ct,0,05}}{E_{cm}}$	: ε <sub>ct</sub>	1,62E-04 mm/mm
		: ε <sub>ctd</sub>	3,97E-02 mm/mm
4. Staalkwaliteit wapeningsstaal	B500 B Kar. waarde vloeispanning E-modulus	: f <sub>k</sub> : E <sub>s</sub>	500 N/mm <sup>2</sup> 2,0E+05 N/mm <sup>2</sup>

5. Uitgangspunten voor berekening

5<sup>A</sup>. Toelaatbare scheurwijde

Algemeen geldt voor de optredende scheurwijde  $w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_s - \epsilon_{ct})$  waarin  $s_{r,max}$  = maximale scheurafstand  
 $s_{r,max} = \frac{2}{3}g$  (conform Setra)

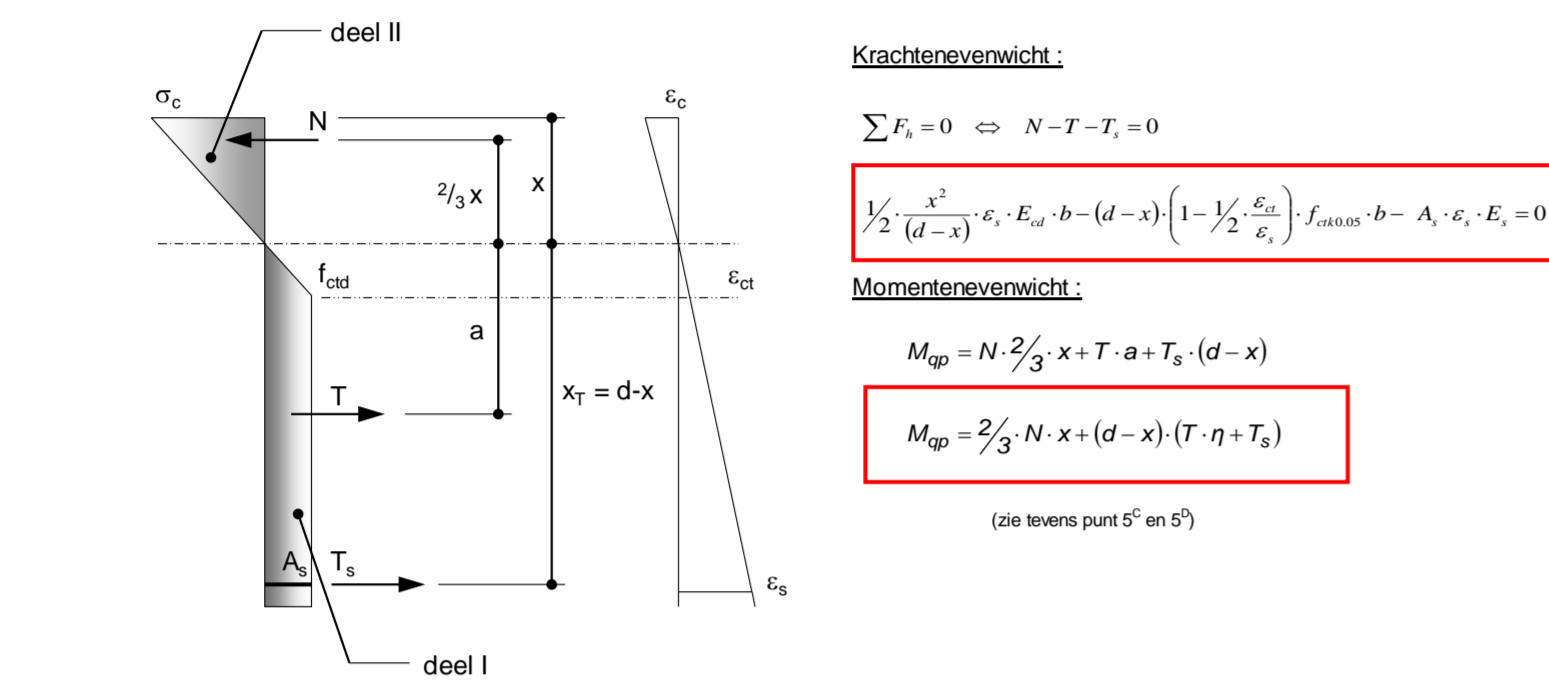
Dan volgt:  $w_k = \frac{2}{3}g \cdot (\epsilon_s - \epsilon_{ct}) \Leftrightarrow \frac{3 \cdot w_k}{2 \cdot g} = \epsilon_s - \epsilon_{ct} \Leftrightarrow \epsilon_s = \frac{3 \cdot w_k}{2 \cdot g} + \epsilon_{ct}$

Voorwaarde:  $\epsilon_s \leq \epsilon_{ctd} \Leftrightarrow$  dan geldt:  $x_T = d - x$

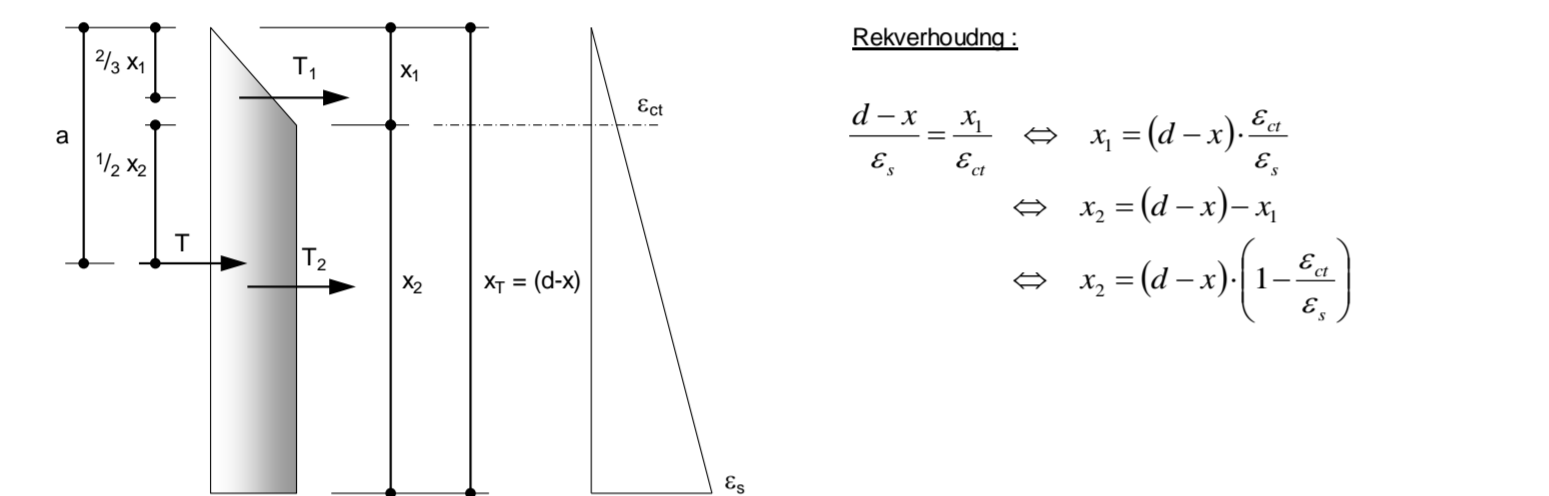
Toelaatbare scheurwijde	: w <sub>k</sub>	0,3 mm
	: ε <sub>ctd</sub> - ε <sub>ct</sub>	3,95E-02 mm/mm
Volgens Setra L <sub>c</sub> = s <sub>r,max</sub> - 2/3 g	: s <sub>r,max</sub>	20 mm
Toelaatbare staalkrek in de SLS	: ε <sub>s</sub>	1,52E-02 mm/mm

controle: ε<sub>s</sub> ≤ ε<sub>ctd</sub> aan de gestelde voorwaarde is voldaan

5B. σ - ε diagram in de SLS



5<sup>C</sup>. σ - ε diagram - afleiding deel I



**Geometria:**

$$\frac{2}{3} x_1 = \frac{2}{3} (d-x) \cdot \frac{\epsilon_c}{\epsilon_s}$$

$$\frac{1}{2} x_1 + x_2 = \frac{1}{2} (d-x) \cdot \left(1 - \frac{\epsilon_c}{\epsilon_s}\right) + (d-x) \cdot \frac{\epsilon_c}{\epsilon_s}$$

$$= (d-x) \cdot \left[ \frac{1}{2} \left(1 - \frac{\epsilon_c}{\epsilon_s}\right) + \frac{\epsilon_c}{\epsilon_s} \right]$$

$$= (d-x) \cdot \left[ \frac{1}{2} \left(1 + \frac{\epsilon_c}{\epsilon_s}\right) \right]$$

**Krachtenevenwicht:**

$$T_1 = \frac{1}{2} x_1 \cdot f_{ct,0,05} \cdot b \Leftrightarrow T_1 = \frac{1}{2} (d-x) \cdot \frac{\epsilon_c}{\epsilon_s} \cdot f_{ct,0,05} \cdot b$$

$$T_2 = x_2 \cdot f_{ct,0,05} \cdot b \Leftrightarrow T_2 = (d-x) \cdot \left(1 - \frac{\epsilon_c}{\epsilon_s}\right) \cdot f_{ct,0,05} \cdot b$$

$$T = T_1 + T_2$$

$$T = \frac{1}{2} (d-x) \cdot \frac{\epsilon_c}{\epsilon_s} \cdot f_{ct,0,05} \cdot b + (d-x) \cdot \left(1 - \frac{\epsilon_c}{\epsilon_s}\right) \cdot f_{ct,0,05} \cdot b \Leftrightarrow T = (d-x) \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \frac{\epsilon_c}{\epsilon_s}\right) \cdot f_{ct,0,05} \cdot b$$

**Momentensom:**

$$\sum M = 0 \Leftrightarrow T_1 \cdot \frac{2}{3} x_1 + T_2 \cdot \left(\frac{1}{2} x_1 + x_2\right) = T \cdot a$$

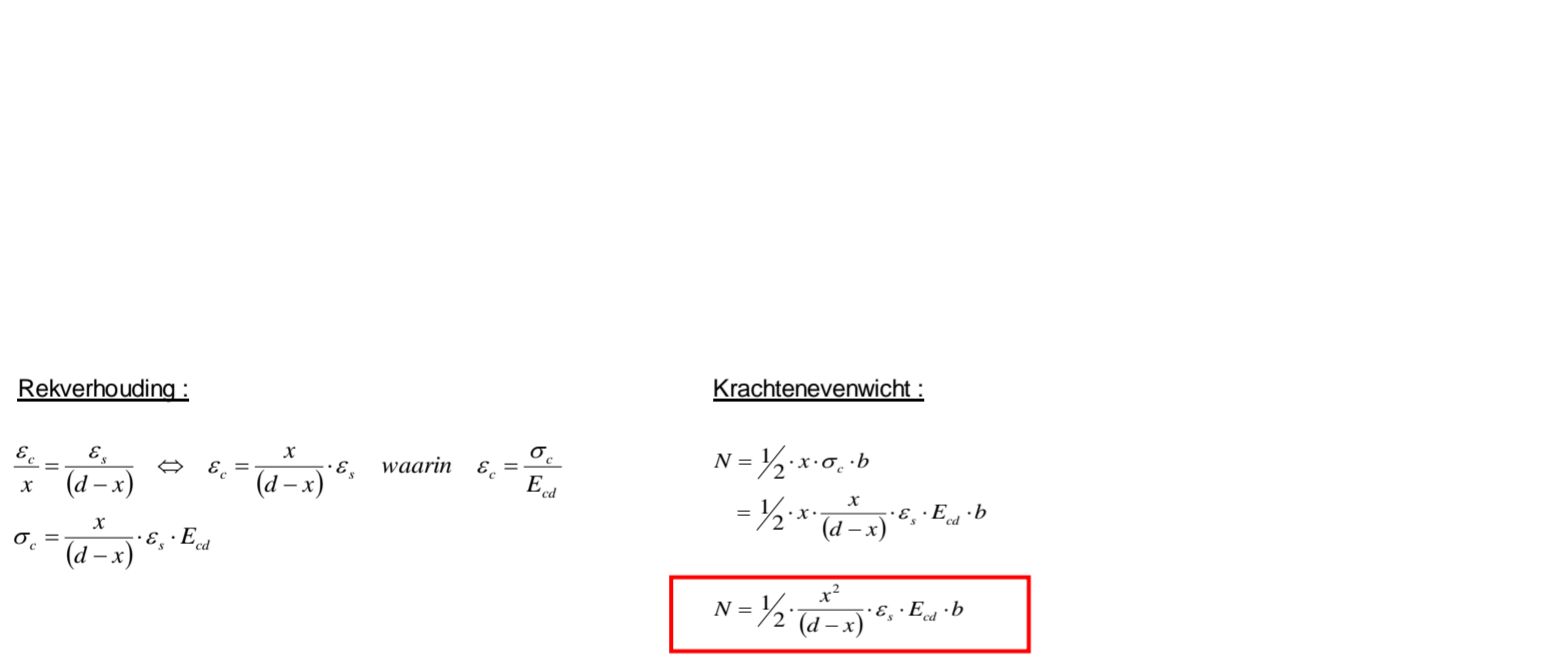
$$\Leftrightarrow \frac{1}{2} \cdot \left[ \frac{1}{2} (d-x) \cdot \frac{\epsilon_c}{\epsilon_s} \cdot f_{ct,0,05} \cdot b \cdot \frac{2}{3} \cdot \left(1 - \frac{\epsilon_c}{\epsilon_s}\right) + (d-x) \cdot \left(1 - \frac{\epsilon_c}{\epsilon_s}\right) \cdot f_{ct,0,05} \cdot b \cdot (d-x) \cdot \left[ \frac{1}{2} \left(1 + \frac{\epsilon_c}{\epsilon_s}\right) \right] \right] = (d-x) \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \frac{\epsilon_c}{\epsilon_s}\right) \cdot f_{ct,0,05} \cdot b \cdot a$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{3} (d-x) \cdot \left[ \frac{1}{2} (d-x) \cdot \frac{\epsilon_c}{\epsilon_s} \cdot f_{ct,0,05} \cdot b + (d-x) \cdot \left(1 - \frac{\epsilon_c}{\epsilon_s}\right) \cdot f_{ct,0,05} \cdot b \right] = (d-x) \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \frac{\epsilon_c}{\epsilon_s}\right) \cdot f_{ct,0,05} \cdot b \cdot a$$

dan volgt:

$$a = \frac{\frac{1}{2} + \frac{5}{6} \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_s}\right)}{1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_s}\right)} \cdot (d-x) \Leftrightarrow a = \eta \cdot (d-x) \text{ waarin } \eta = \frac{\frac{1}{2} + \frac{5}{6} \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_s}\right)}{1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_s}\right)}$$

5<sup>D</sup>. σ - ε diagram - afleiding deel II



6. Berekening

**Invoer:**

As volgens berekening ULS: 1066 mm<sup>2</sup>  
 As toegepast t.b.v. SLS: 0 mm<sup>2</sup> } Voor berekening scheurwijde: A<sub>s</sub> = 1066 mm<sup>2</sup>

x volgens ULS: -3,22 mm  
 Start- en eindwaarde van x t.b.v. SLS: 31,43 mm

**N.a.v. punt 5<sup>B</sup>**

$$\sum F_x = 0 \Leftrightarrow N - T - T_s = 0$$

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{x^2}{(d-x)} \cdot \epsilon_s \cdot E_s \cdot b - (d-x) \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \frac{\epsilon_s}{\epsilon_c}\right) \cdot f_{ct,0,05} \cdot b - A_s \cdot \epsilon_s \cdot E_s = 0 \quad \Sigma F_x = -86450834 \text{ geen oplossing gevonden}$$

**N.a.v. punt 5<sup>C</sup>**

Bepaal wapening

$$T = (d-x) \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \frac{\epsilon_s}{\epsilon_c}\right) \cdot f_{ct,0,05} \cdot b \quad T = -35,28 \text{ kN}$$

$$a = \frac{\frac{1}{2} + \frac{5}{6} \left(\frac{\epsilon_s}{\epsilon_c}\right)}{1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\epsilon_s}{\epsilon_c}\right)} \cdot (d-x) \quad \eta = 0,50$$

$$a = \eta \cdot (d-x) \text{ waarin } \eta = \frac{\frac{1}{2} + \frac{5}{6} \left(\frac{\epsilon_s}{\epsilon_c}\right)}{1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\epsilon_s}{\epsilon_c}\right)} \quad a = -2,23 \text{ mm}$$

$$N = \frac{1}{2} \cdot \frac{x^2}{(d-x)} \cdot \epsilon_s \cdot E_s \cdot b \quad N = -83253,65 \text{ kN}$$

$$T_s = A_s \cdot f_k \quad T_s = 532,98 \text{ kN}$$

Max. rek aan gedrukte zijde:  $\epsilon_c = \frac{x}{(d-x)} \cdot \epsilon_s$   
 ε<sub>c</sub> = -1,08E-01 mm/mm

Controle: ε<sub>c</sub> ≤ ε<sub>cs</sub> sigma-epsilon diagram geldig

Optredende betonspanning: σ<sub>c</sub> = ε<sub>c</sub> · E<sub>cd</sub>      σ<sub>c</sub> = -5297,1 N/mm<sup>2</sup>  
 Optredende staalspanning: σ<sub>s</sub> = ε<sub>s</sub> · E<sub>s</sub>      σ<sub>s</sub> = 3032,5 N/mm<sup>2</sup>

**N.a.v. punt 5<sup>B</sup>**

Opneembaar moment in SLS waarbij w<sub>k</sub> = 0,3 mm niet wordt overschreden:

$$M_{op} = \frac{2}{3} N \cdot x + (d-x) \cdot (T \cdot \eta + T_s) \quad M_{op} = -1746,9 \text{ kNm}$$

Optredend moment in SLS: **M<sub>op</sub> = 41,74 kNm**

scheurwijde controle voldoet niet

