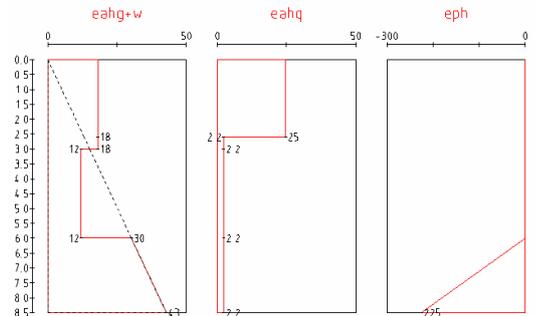


83U Erddruckberechnung nach EC7 / DIN 4085

(Stand: Juli 2012)

Mit dem Programm 083U kann die Erddruckverteilung auf senkrechte Wände berechnet werden. Das Gelände kann waagrecht, geneigt oder gebrochen sein. Es können Flächenlasten und Linienlasten berücksichtigt werden. Es sind bis zu 5 Bodenschichten möglich. Auch der Ansatz eines räumlichen Erdwiderstands ist möglich. Verschiedene Rechenoptionen erlauben es, die Berechnung für die jeweiligen Erfordernisse anzupassen. Die Erddruckverteilung wird auch grafisch dargestellt.



Leistungsumfang

///> System

- Horizontales, geneigtes oder gebrochenes Gelände
- Bis zu 5 Anker bzw. Steifen
- Geneigte Sohle möglich
- Berücksichtigung von Grundwasserständen
- Bis zu 5 Schichten

///> Einwirkungen

- Linien- und Streifenlasten auf oder unter Gelände möglich

///> Grafiken / Ausgabe

- Darstellung des Systems
- Darstellung der Erddruckverteilung für jede Einwirkung
- Darstellung der Erddruckverteilung für die gewählte Einwirkungskombination
- Komfortable Bestimmung des Ausgabeumfangs

Eingaben

Geometrie

- Angabe der Berechnung des Erdwiderstands unter der Sohle (eben/räumlich/kein Erdwiderstand)
- Höhe H_0 Geländebeginn als Höhenkote (s. Abb. 1)
- Differenzhöhe Δh zum Wandkopf
- Höhe H_u der Baugrubensohle als Höhenkote
- Neigung β_s der Baugrubensohle.
Die Neigung darf $-10^\circ \leq \beta_s \leq +10^\circ$ betragen.
(Hinweis: Eine ansteigende Sohle ist positiv definiert.)
- Beschreibung des Geländes in bis zu 3 Abschnitten (jeweils Länge [m] und Neigung [°] des Abschnitts)
- Anzahl Anker /Steifen (max. 5) sowie deren Lage (unter OK Wandkopf) und Neigung (fallend = positiv!). Die Angabe von Ankerlagen ist nur für eine Umlagerung des Erddrucks aus Bodeneigengewicht von Bedeutung.
- Grundwasserstand GW_e erdseitig und GW_l luftseitig ($GW_l \leq GW_e$)

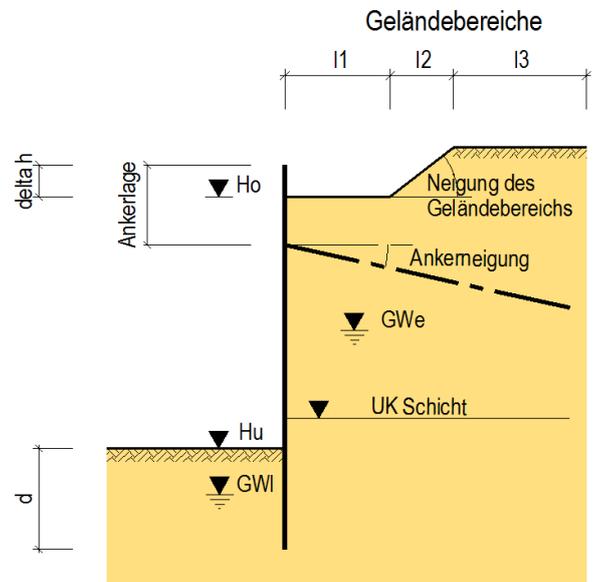


Abb. 1: Geometrie

Charakteristische Bodenkennwerte und Wasserstand

Für den Baugrund können bis zu 5 Schichten definiert werden, die ab Höhe Gelände H_0 definiert sind. Es werden Unterkante der Schichtdicke (Höhenkote), Wichte γ , Wichte γ' (unter Auftrieb), Reibungswinkel φ , Wandreibungswinkel aktiv δ_a , Wandreibungswinkel passiv δ_p und die Kohäsion c eingegeben. Der Wandreibungswinkel darf i. Allg. mit $\delta_a = 2/3 \cdot \varphi$ angesetzt werden, während der Wandreibungswinkel δ_p nur so groß angesetzt werden kann, dass der Nachweis der Vertikalkomponente des Erdwiderstands erfüllt ist. Kann bei verankerten Wänden mit positiver Ankerneigung meist $\delta_p = -2/3 \cdot \varphi$ gewählt werden, ist er bei unverankerten Wänden betragsmäßig geringer anzusetzen (in vielen Fällen kann mit $\delta_p = -1/2 \cdot \varphi$ gerechnet werden).

Belastung

Sollen mehrere Oberflächenlasten gleichzeitig mit der vollen Größe angesetzt werden, so sind sie der selben Einwirkungskategorie zuzuordnen.

Im Allgemeinen ist es ausreichend, zwischen ständigen und veränderlichen Einwirkungen zu unterscheiden. Als Einwirkungskategorien stehen die üblichen Hochbau-Kategorien sowie die Kategorien Q,1 bis Q,9 zur Verfügung, der Erddruck aus Bodeneigenlast wird immer der Kategorie Q,E zugeordnet.

- *Durchgehende Flächenlast:*
Bei homogenem Gelände kann eine durchgehende Flächenlast angesetzt werden. Als Ersatzlast darf sie nach [1] bis zu einer Größe von $q=10 \text{ kN/m}^2$ als ständige Last betrachtet werden, was jedoch i. Allg. keine große Auswirkung hat.
- *Begrenzte Flächenlasten (Streifenlasten):*
Zur durchgehenden Flächenlast können bis zu 5 Streifenlasten auf oder unter dem Gelände definiert werden. Angaben über Lastgröße und Kategorie, Abstand vom Wandkopf x_a , Höhe des Lastbeginns H_a (Höhenkote), Breite und Neigung der Last sowie Art der Erddruckverteilung werden hier erwartet (s. Abb. 2 und Abb. 3). Bei Streifenlasten mit geringer Breite sind die Verteilungen 2 oder 3, sonst die Verteilungen 1 oder 4 geeignet.

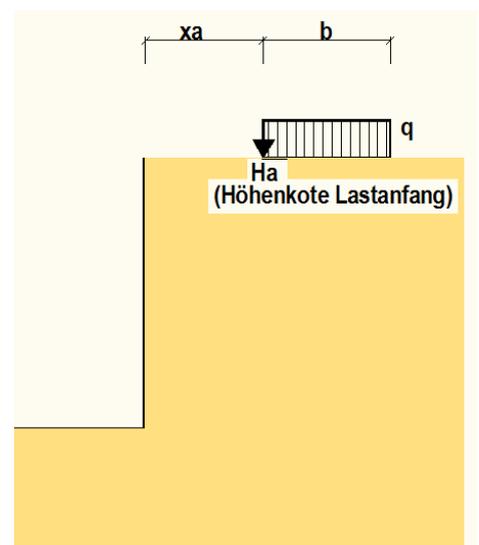


Abb. 2: Lastdefinition

- *Linienlasten:*
 Maximal 3 Linienlasten können definiert werden. Lastgröße in vertikaler oder horizontaler Richtung, Kategorie, Lage und Verteilung der Last sind anzugeben. Die Last kann sich auf oder unter dem Gelände befinden (zur Verteilung s. Abb. 3).

Hinweis:

Die Angabe der Verteilung wird bei iterativer Erddruckermittlung (s.u.) nicht ausgewertet, da sie sich durch die Iteration selbst ergibt.

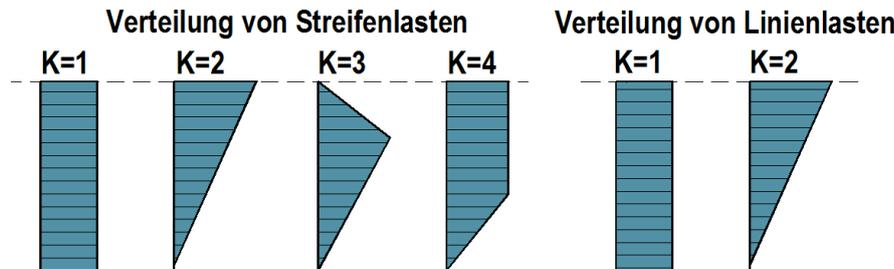


Abb. 3: Erddruckverteilung aus Zusatzlasten

Voreinstellungen für den Programmablauf

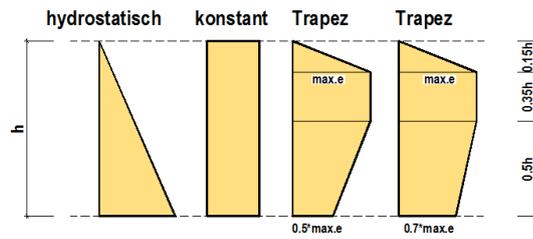
Nach Eingabe der Belastung muss die auszugebende Einwirkungskombination gewählt werden.

Berechnungsoptionen

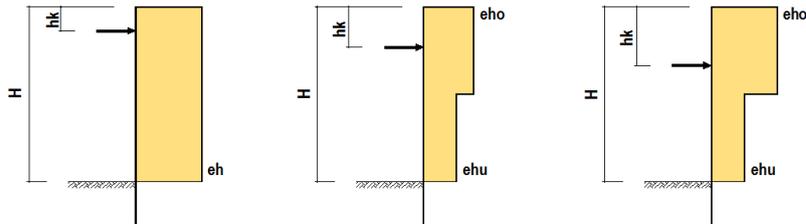
Für die Durchführung der Berechnung sind eventuell einige Optionen anzugeben:

- *Erhöhungsfaktor f_a für den aktiven Erddruck:*
 I. Allg. ist der Erddruck als aktiver Erddruck anzusetzen ($f_a=1.0$), bei naher Nachbarbebauung sollte mit erhöhtem aktivem Erddruck bzw. Erdruhedruck gerechnet werden ($f_a>1.0$). Da der Ruhedruck nur für homogene Verhältnisse einfach zu ermitteln ist, ist er am einfachsten durch einen Erhöhungsfaktor zu beschreiben.
Beispiel:
 Bei einem Reibungswinkel $\varphi = 30^\circ$ und waagerechtem Gelände beträgt der Beiwert für den aktiven Erddruck $K_{agh} = 0.33$, der Beiwert für den Ruhedruck $K_{oh} = 0.50$. Als Erhöhungsfaktor ergibt sich $f_a = 1.50$ bzw. $f_a = 1.25$, wenn mit dem Mittelwert aus aktivem Erddruck und Erdruhedruck zu rechnen ist.
- *Ansatz des Mindesterdruks für kohäsive Schichten:*
 Bei Stützbauwerken darf ein Mindestwert für den Erddruck nicht unterschritten werden, der sich aus dem Reibungswinkel $\varphi = 40^\circ$ und der Kohäsion $c = 0$ ergibt (vgl. [2], 6.3.1.5).
- *Verteilung des aktiven Erddrucks aus Bodeneigenlast:*
 Bei verankerten Wänden ergibt sich statt der hydrostatischen, dreieckförmigen Spannungsverteilung eine Umlagerung der Erddruckspannungen zu den Ankerlagen hin. Dies kann durch verschiedene Umlagerungsfiguren beschrieben werden (s. Abb. 4). Am einfachsten für den Benutzer ist die Umlagerung nach [3], EB 69/70, bei der das Programm in Abhängigkeit von Ankeranzahl und -lage die entsprechende Lastfigur bestimmt. Für Berechnungen mit räumlichem Erdwiderstand werden die Umlagerungen für Trägerbohlwände, sonst diejenigen für Spundwände angesetzt.
- *Verteilungshöhe der Erddruckumlagerung:*
 Die Verteilung kann entweder bis Höhe Sohle oder bis UK Wand vorgenommen werden (letztere ergibt höhere Ankerkräfte).
- *Anpassungsfaktor f_p für den Erdwiderstand:*
 I. Allg. darf der Erdwiderstand bei Spundwänden voll angesetzt werden ($f_p=1.00$), bei Trägerbohlwänden sollte der Faktor nur $f_p=0.80$ betragen.
- *Anpassungsfaktor f_c der Kohäsion beim Erdwiderstand:*
 Bei hoher Kohäsion ist u.U. eine Abminderung der Kohäsion bei der Ermittlung des Erdwiderstands sinnvoll, speziell bei Trägerbohlwänden.

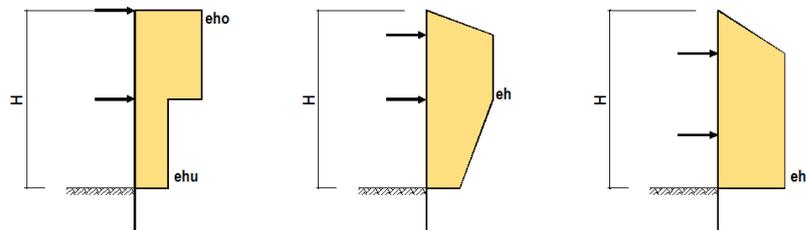
Lastumlagerung Erddruck aus Bodeneigenlast



Umlagerung nach EAB: Einfache Verankerung



Umlagerung nach EAB: Zweifache Verankerung



Umlagerung nach EAB: Drei- bis fünffache Verankerung

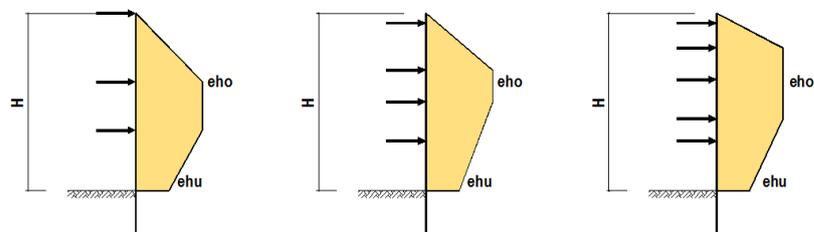


Abb. 4: Umlagerung des Erddrucks aus Boden-Eigenlast

Erddruckberechnung

Da eine Erddruckberechnung mit Hilfe von Formeln nach [2] und [4] für die Erddruckbeiwerte nur dann erfolgen kann, wenn gleichmäßige Verhältnisse vorliegen, wird die Erddruckberechnung wie folgt intern unterschieden: Ungleichmäßige Verhältnisse sind dann gegeben, wenn

- entweder gebrochenes Gelände vorhanden ist,
- oder Grundwasser und zusätzlich geneigtes Gelände vorhanden sind,
- oder eine hohe Zusatzlast (Zusatzlast größer als 10% der Eigenlast des Gleitkeils, der näherungsweise unter dem Gleitflächenwinkel $\theta=60^\circ$ angesetzt wird, oder außerhalb des Gleitkeils) wirkt, was eine Untersuchung von möglichen Zwangsgleitflächen zur Folge hat.
In letzterem Fall kann der Benutzer entscheiden, ob er die Iteration möchte, da die Bestimmung der DIN 4085 sehr restriktiv ist.

In diesen Fällen wird iterativ gerechnet, so dass eine Ausgabe von Erddruckbeiwerten nicht möglich ist. Es wird hierbei für eine vorgegebene Gleitfuge aus dem Kräfteck der Erddruck bestimmt. Die Neigung der Gleitfuge wird variiert, um den größten Erddruck zu erhalten. Lasten außerhalb des Gleitkörpers werden nicht angesetzt! Da mit dieser Methode nur der Gesamterddruck ermittelt werden kann, wird der Erddruck über die Wandhöhe schrittweise ermittelt und dann durch numerische Differentiation die Spannungsverteilung bestimmt. Dadurch entsteht i. Allg. keine lineare Erddruckverteilung wie bei der Berechnung mit Erddruckbeiwerten.

Liegen ungleichmäßige Verhältnisse vor, wird automatisch die iterative Berechnung durchgeführt; bei gleichmäßigen Verhältnissen kann der Benutzer entscheiden, welche Art der Berechnung er bevorzugt.

Die Erddruckausgabe erfolgt für die ermittelte Einbindetiefe als charakteristische Werte für jeden Einzelerddruck (Bodeneigenlast und Zusatzlasten). Für die gewählte Kombination werden die repräsentativen Werte der Erddruckverteilung ausgegeben (E_{ahG} , E_{ahQ} und E_{ph}).

Die Erddruckverteilung wird auch grafisch dargestellt.

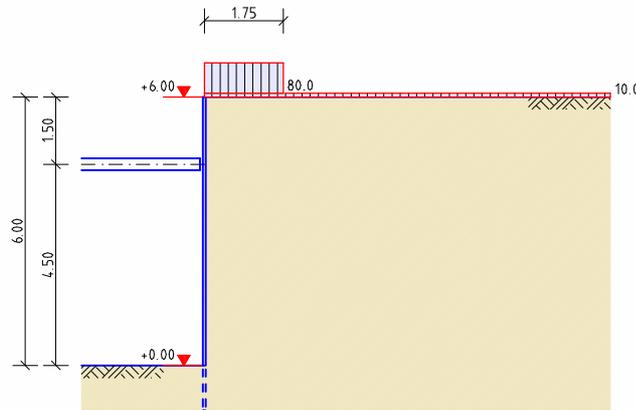
Literatur

- [1] Normenhandbuch Handbuch Eurocode 7, Geotechnische Bemessung, Band 1. Beuth-Verlag 2011
- [2] DIN 4085:2011-05 Berechnung des Erddrucks
- [3] Empfehlungen des Arbeitskreises 'Baugruben' (EAB), Ernst und Sohn, 2006.
- [4] DIN V 4085:1996-04: Berechnung des Erddrucks

POS. 236 ERDDRUCKBERECHNUNG

Programm: 083U, Vers: 01.01.000 05/2012

Grundlagen: DIN EN 1990, DIN EN 1991, DIN EN 1997/DIN 1054

 Berechnung für Einbindetiefe $d = 2.50$ m


Geometrie und System

Höhenkote Beginn Gelände an wand

 $H_o = 6.00$ m

 Freie Wandhöhe über H_o
 $\Delta H = 0.00$ m

Höhe Baugrubensohle

 $H_u = 0.00$ m

Geländedefinition	Bereich	1	2	3
Grundlänge l_i (m)		10.00	-	-
Geländeneigung β (Grad)		0.00	-	-

Verankerung Anzahll Steifen = 1, Erdaufleger: -

Steifen-Nr.	1	2	3	4	5
Lage unter OK wandkopf (m)	1.50	-	-	-	-

Charakteristische Bodenkennwerte

Nr.	Bodenart	Höhe UK [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	δ [°]	Δp [kN/m ²]	Koh. c [kN/m ²]	Koh. c_u [kN/m ²]
1	sa1 (n)	-10.00	18.00	10.00	30.00	20.00	-20.00	0.0	-

Charakteristische Einwirkungen

Zuordnung des Erddrucks aus Bodeneigengewicht

Kat. G,E , EWG -

 Durchgehende Flächenlast auf Gelände $q_0 = 10.00$ kN/m, Kat. Q,1 , EWG -

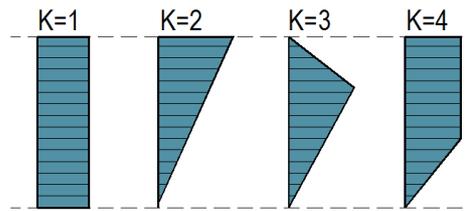
 Verteilungsart des Erddrucks aus durchgehender Flächenlast: konstant ($K=1$)

Begrenzte Flächenlasten

 Verteilungsart des Erddrucks: 1 = konstant, 2 = Dreieck (Maximum oben)
 3 = Dreieck (Maximum innen), 4 = Trapez

Last-Nr.	Lastgröße [kN/m ²]	Kategorie	EWG	Anfangspunkt x_a [m]	Ha [m]	Lastbreite b [m]	Neigung [°]	Verteilungsart Erddruck
q_1	80.00	Q,2	-	0.00	6.00	1.75	0.00	1

Verteilung von Streifenlasten



Kategorie	Bezeichnung	Komb.-Beiwerte			Gamma	
		Psi0	Psi1	Psi2	sup.	inf.
G	Ständige Einwirkungen	-	-	-	1.35	1.00
G,E	Erddruck	-	-	-	1.35	1.35
Q,1	Sonstige Nutz-u.Verkehrslasten	0.80	0.70	0.50	1.50	-
Q,2	Sonstige veränderliche Lasten	0.80	0.70	0.50	1.50	-

Repräsentative Kombinationen für Erddrucküberlagerung

KNr.	Bem.-Sit.	Kombination
1	Rep, P/T	G
2	Rep, P/T	G+Q,1
3	Rep, P/T	G+Q,1+Q,i
4	Rep, P/T	G+Q,2
5	Rep, P/T	G+Q,2+Q,i

Rep, P/T = Repräsentativ, ständig u. vorübergehend

Berechnungsoptionen

- Erhöhungsfaktor für aktiven Erddruck $f_a = 1.00$
- Mindesterdruddruck für kohäsive Schicht ja
- Verteilung des Erddrucks aus Bodeneigenlast verteilung nach EAB (EB 69/70)
- Umlagerung des Erddrucks aus Bodeneigenlast bis OK Sohle
- Anpassungsfaktor für Erdwiderstand (Reduktionsfaktor) $f_p = 1.00$
- Ansatz der Kohäsion beim Erdwiderstand (Reduktionsfaktor) $f_c = 1.00$

Erddruckbeiwerte

Schicht	--- G-Boden ---		Flächenlast K_{agh}	Linienlast K_{avh}	Köhäsion K_{ach}	Erdwiderstand	
	K_{agh}	K_{aghmin}				K_{pgh}	K_{pch}
1	0.279	0.000	0.279	0.414 0.849	0.000	5.004	5.387

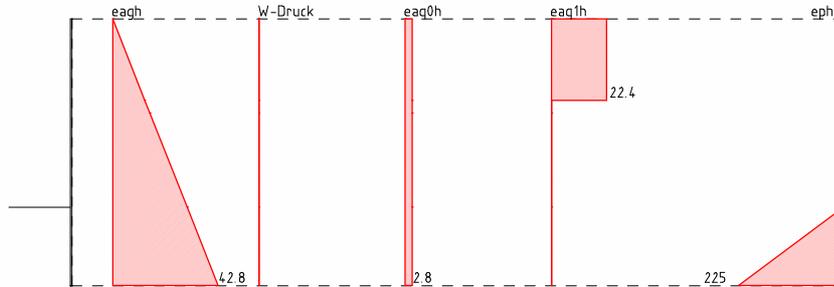
Horizontaler Erddruck [kN/m²] (Char. Einzelerddrücke)

 ea_{qih} = Erddruck aus Flächenlasten q_i

Tiefe z [m]	Boden umgelagert		q_0 ea_{q0h}	q_1 ea_{q1h}
	ea_{gh+w}	ea_{gh+w}		
0.00	0.0	18.1	0.0	0.0
0.00	0.0	18.1	2.8	22.4
2.59	13.0	18.1	2.8	22.4
2.59	13.0	18.1	2.8	0.0
3.00	15.1	18.1	2.8	0.0
3.00	15.1	12.1	2.8	0.0
6.00	30.2	12.1	2.8	0.0
6.00	30.2	30.2	2.8	0.0
8.50	42.8	42.8	2.8	0.0

Erdwiderstand ab OK Sohle [kN/m²]

Tiefe z [m]	eph eben [kN/m ²]	eph räumlich [kN/m ²]
6.00	0.0	0.0
8.50	225.2	225.2

 Charakt. Einzelerddrücke [kN/m²]

Charakteristische Erddruckverteilung [kN/m²]

Kombination 5

Einbindetiefe d = 2.50 m

Höhe u. Gel.[m]	Lamellen-Dicke [m]	Bodeneigenlast eagh	wasser- umgel. druck w	Zusatzlast eah(g)	gesamt eahg	Zusatzlast passiv eah(q)	eph(r)
0.00	-	0.0	18.1	0.0	18.1	0.0	0.0
0.00	-	0.0	18.1	0.0	18.1	24.6	0.0
2.59	2.59	13.0	18.1	0.0	18.1	24.6	0.0
2.59	-	13.0	18.1	0.0	18.1	2.2	0.0
3.00	0.41	15.1	18.1	0.0	18.1	2.2	0.0
3.00	-	15.1	12.1	0.0	12.1	2.2	0.0
6.00	3.00	30.2	12.1	0.0	12.1	2.2	0.0
6.00	-	30.2	30.2	0.0	30.2	2.2	0.0
8.50	2.50	42.8	42.8	0.0	42.8	2.2	225.2

