



Projekt/progetto:

**UMFAHRUNG VAHRN  
BAUARBEITEN OHNE ANSCHLUSS BRIXEN NORD  
CIRCONVALLAZIONE VARNA  
OPERE CIVILI SENZA COLLEGAMENTO BRESSANONE NORD**

**AUSFÜHRUNGSPROJEKT - PROGETTO ESECUTIVO**

1	01.10.2018	Lizenznummer/ Estremi licenza d'uso	T. Ungerer	G. Fischnaller	G. Fischnaller
0	10.08.2018	erste Ausgabe / prima edizione	K.S. / R.F.	M.R.	C.K.
Rev.	Datum/data	Ausgabe, Änderung/edizione, aggiornamento	erstellt/elaborato	geprüft/esaminato	freigeg./approv.

Auftraggeber:

**AUTONOME PROVINZ BOZEN  
Abteilung Tiefbau  
Amt für Straßenbau Nord/Ost**

Committente:

**PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO  
Ripartizione infrastrutture  
Ufficio tecnico strade nord/est**

Dokumenttitel:

**TUNNEL VAHRN  
RÜCKHALTEBECKEN  
STATISCHE BERECHNUNG**

Titolo del documento:

**GALLERIA VARNA  
VASCA DI RACCOLTA  
CALCOLI STATICI**



PLANUNGSGRUPPE

ILF - EUT

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

c/o EUT Engineering GmbH  
Dantestraße 134, 39042 Brixen

Tel. +39 0472 272400  
E-mail: info@eut.bz.it

c/o EUT Engineering srl  
Via Dante 134, 39042 Bressanone



Dokument/documento:

**BV-S-727**

Einlage Nr./allegato n.:

**7-7**

## INHALTSVERZEICHNIS

1	ALLGEMEINES	1
2	GEOMETRIE	2
3	BAUGRUND	3
4	STATISCHES MODELL	4
5	BELASTUNGEN	4
5.1	Eigengewicht	4
5.2	Erdlasten	4
5.3	Verkehrslast auf der Decke	4
5.4	Schnee und sonstige Lasten	4
6	BAUSTOFFE	5
7	BEMESSUNG	5
7.1	Herkunft und Charakteristik der Berechnungsmethode	5
7.2	Ergebnisse	6

## **1 ALLGEMEINES**

Südlich des Tunnels Vahrn wird ein Rückhaltebecken angeordnet, dessen Bemessung Inhalt diesen statischen Berichtes ist.

## 2 GEOMETRIE

Das Becken hat eine Länge von 6.60 m, eine Breite von 2.60 m und eine Höhe von 2.35 m.

Bodenplatte, Wände und Decke haben eine Bauteilstärke von 30 cm.

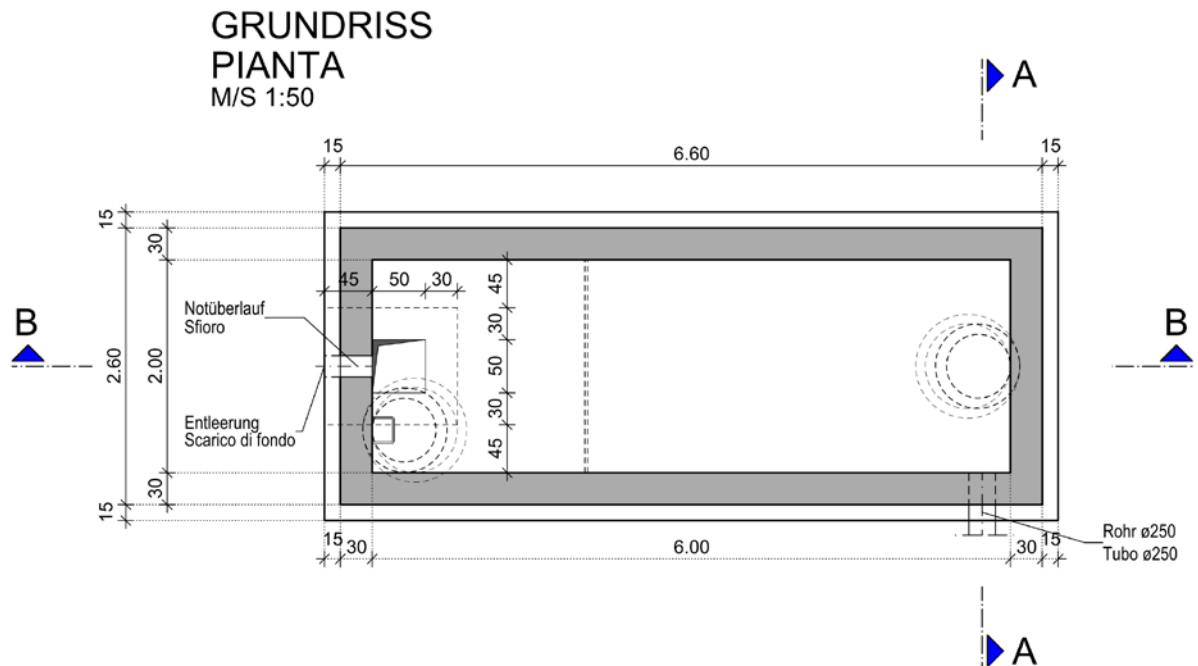
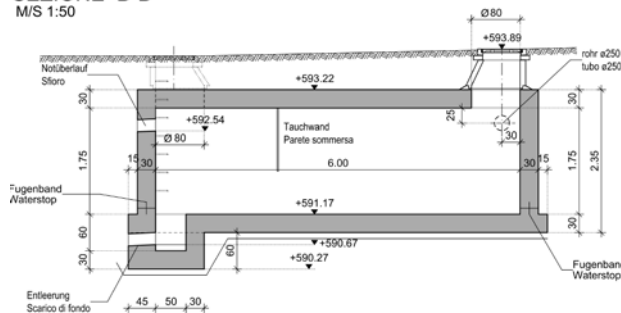


Abbildung 1: Rückhaltebecken - Grundriss

**SNITT B-B  
SEZIONE B-B  
M/S 1:50**



**SNITT A-A  
SEZIONE A-A  
M/S 1:50**

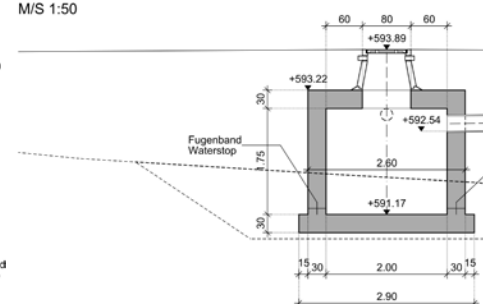


Abbildung 2: Rückhaltebecken - Schnitte

### 3 BAUGRUND

Die Becken liegen im Aufschüttungsmaterial der Autobahn A22. Laut dem geotechnischen Bericht (vom 28.04.2006) ist in diesem Bereich kein Grundwasser zu erwarten. Versickernde Oberflächenwässer haben keinen Einfluss auf den Untergrund. Die Bodenplatte liegt auf Murschutt auf.

Fazies			Aufschüttung	Murschutt	Übergangsfazies	Seesedimente
Bodenart			steinige Kiese	sandig steinige Kiese	schluffige Sande stark veränderlich	Schluffe
Bodenart ÖN B4401			X,G,s	G,S,u bis G,s,u	S,u* bis S,u*,t	U,t'
Lagerung			mitteldicht	mitteldicht bis dicht	mitteldicht	steif bis halbfest (örtlich weich)
Wichte, feucht	$\gamma$	kN/m³	22,0	22,0	21,0	20,0
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'$	kN/m³	13,0	13,0	12,0	10,0
Reibungswinkel, drainiert	$\phi'$	Grad	35,0	35,0	30,0	27,0
Kohäsion, drainiert	$c'$	kN/m²	0,0	0,0	0,0	10,0
Kohäsion, undrainiert	$c_u$	kN/m²	0,0	0,0	0,0	30,0
Steifemodul	$E_{smin}$	MN/m²	50	70	30	30
	$E_{smax}$		80	100	60	60

#### Konstruktionsabhängige Kennwerte

Ortbetonpfähle						
Pfahlmantelreibung	$\tau_{mgrenz}$	MN/m²	0,12	0,12	0,03	0,03
Spitzendruck bei Pfahlkopfsetzung s/D= 0,02	$\sigma_{sgrenz}$	MN/m²	1,50	1,50	0,30	0,30
Vorspannanker						
Vorspannanker Grenzkraft *)	$T_{grenz}$	KN/m	170,00	170,00	100,00	120,00 **)

\*\*) Werte im Schluff mit Nachverpressen

\*) Haftstrecke ca. 8-10 m und Durchmesser der Ankerbohrung 150mm

Tabelle 1: Bodenkennwerte aus geotechnischem Bericht (vom 28.04.2006)

## 4 STATISCHES MODELL

Die statische Berechnung des Rückhaltebeckens erfolgt vereinfacht als Einfeldträger für die Deckenspannweite von 2.30 m. Die Bemessung erfolgt mit der Bemessungssoftware ConDim 7.1 (Thomas Lorenz ZT GmbH Graz).

## 5 BELASTUNGEN

### 5.1 Eigengewicht

Die Eigenlast wird mit  $\gamma_{\text{Beton}} = 25 \text{ kN/m}^3$  berücksichtigt. Für die 0.30 m starke Decke ergibt sich somit eine Flächenlast von  $g = 7.5 \text{ kN/m}^2 (=25 \times 0.3)$ .

### 5.2 Erdlasten

Die Einschüttung hat eine Wichte von  $\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$ . Mit einer Einschüttungshöhe von 1 m ergibt sich damit eine Flächenlast von  $e_v = 22 \text{ kN/m}^2$  für die Decke.

### 5.3 Verkehrslast auf der Decke

Das Rückhaltebecken des Tunnels Vahrn ist überfahrbahr. Daher wird als Verkehrslast das Lastmodell LM1 verwendet.

Die Radlast (verteilt auf  $0.40 \times 0.10 \text{ m}$ ) beträgt dabei  $150 \text{ kN}$  und die Flächenlast  $9 \text{ kN/m}^2$ . Mit einem Lastausbreitungswinkel von  $45^\circ$  in Fahrbahnaufbau und Decke ergibt sich für die Radlast eine Lastfläche von  $7.3 \text{ m}^2 (\approx (0.40 + 2 \times (1.0 + 0.3/2))^2)$ .

Damit ergibt sich eine Flächenlast von  $p = 30 \text{ kN/m}^2 (\approx 150/7.3 + 9)$ .

### 5.4 Schnee und sonstige Lasten

Die Provinz Bozen bzw. das Gemeindegebiet von Vahrn liegt lt. EN 1991-1-3:2003 in der Schneelastzone 4,5. Die Schneeregellast beträgt somit  $2,0 \text{ kN/m}^2$ . Da die anzusetzende Verkehrslast deutlich über der Schneelast liegt und ein gleichzeitiges Auftreten von Schnee und Verkehrslast auszuschließen ist, wird die Schneelast nicht weiter berücksichtigt.

Sonstige Lasten, wie z. B. Kriechen, Schwinden, Temperatur sowie Lasten aus Wartung und Unterhalt werden aufgrund des konservativen Ansatzes der Hauptlasten nicht angesetzt. Sie schließen sich außerdem zum Teil mit den angesetzten Lasten aus.

## 6 BAUSTOFFE

Beton: Decke, Wände, Bodenplatte C 35/45 / XC4

Betonstahl: Es wird Bewehrungsstahl der Güte B450C der Berechnung zugrunde gelegt.  
Die Fließgrenze beträgt  $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$ .

## 7 BEMESSUNG

### 7.1 Herkunft und Charakteristik der Berechnungsmethode

#### Durchgeführte Analysen:

Tragwerksanalysen:

Statisch linear: ja

Statisch nicht linear: nein

#### Verwendete Software:

ConDim 7.1, Lizenz Nr. 6.0.0.512

Hersteller / Vertrieb Thomas Lorenz ZT GmbH, Graz (Österreich)

#### Zuverlässigkeit der verwendeten Berechnungsmethoden

Ein aufmerksames Studium der Softwaredokumentation hat die Verlässlichkeit und Geeignetheit der verwendeten Programme im gegenständlichen Fall gezeigt. Die von den Herstellern gelieferte Softwaredokumentation enthält ausreichende Informationen zu den theoretischen Grundlagen und den verwendeten Berechnungslogarithmen, zu den Anwendungsbereichen und zu nachvollziehbaren Fallbeispielen. Die Zuverlässigkeit der Berechnungsmethoden wurde über eine aussagekräftige Anzahl von Probebemessungen mit Vergleich von bereits realisierten technischen Lösungen überprüft.

#### Validierung der Berechnungsmethoden

Aufgrund der Einfachheit der tragenden Bauteile und der durchgeführten Kontrollen war die Nachberechnung mit alternativen Berechnungsprogrammen nicht erforderlich. Die wesentlichen Berechnungsschnitte wurden per Hand verifiziert.

## 7.2 Ergebnisse

Die Stahlbetonbemessung erfolgt nach EN 1992-2.

Die Sicherheiten bei der Einwirkung sind:

Ständige Lasten	1,35
Verkehrslasten	1,50

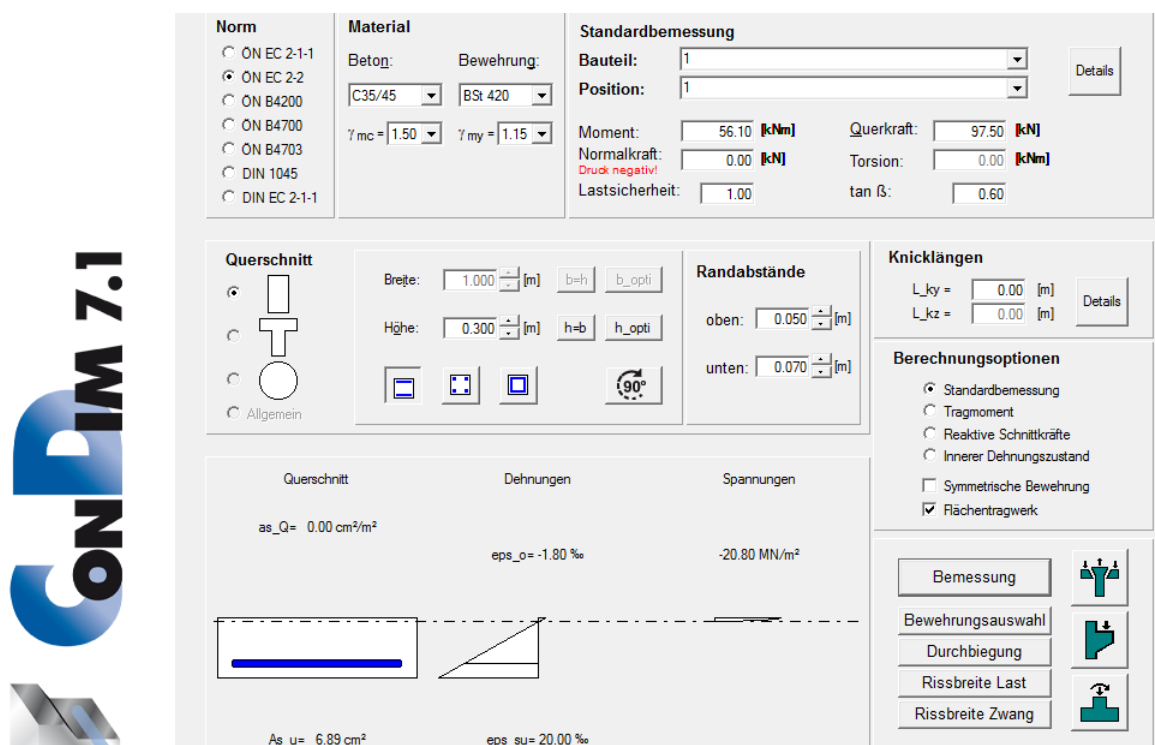
Auf der Widerstandsseite werden verwendet:

Beton	1,50
Betonstahl	1,15

Damit ergeben sich die Bemessungsschnittkräfte zu:

$$m_{sd} = (1.35 \times (7.5 + 22) + 1.50 \times 30) \times 2.30^2 / 8 = 56.1 \text{ kNm/m}$$

$$v_{sd} = (1.35 \times (7.5 + 22) + 1.50 \times 30) \times 2.30 / 2 = 97.5 \text{ kN/m}$$



**Norm**

- ☐ ON EC 2-1-1
- ☒ ON EC 2-2
- ☐ ON B4200
- ☐ ON B4700
- ☐ ON B4703
- ☐ DIN 1045
- ☐ DIN EC 2-1-1

**Material**

Beton: C35/45    Bewehrung: BSt 420

$\gamma_{mc} = 1.50$      $\gamma_{my} = 1.15$

**Standardbemessung**

Bauteil: 1    Position: 1

Moment: 56.10 [kNm]    Querkraft: 97.50 [kN]

Normalkraft: 0.00 [kN]    Torsion: 0.00 [kNm]

Druck negativ!    Lastsicherheit: 1.00     $\tan \beta$ : 0.60

**Querschnitt**

Breite: 1.000 [m]    b=h    b\_opti

Höhe: 0.300 [m]    h=b    h\_opti

☐ Allgemein    ☒ 90°

**Randabstände**

oben: 0.050 [m]    unten: 0.070 [m]

**Knicklängen**

$L_{ky} = 0.00$  [m]     $L_{kz} = 0.00$  [m]

**Berechnungsoptionen**

- ☒ Standardbemessung
- ☐ Tragmoment
- ☐ Reaktive Schnittkräfte
- ☐ Innerer Dehnungszustand
- ☐ Symmetrische Bewehrung
- ☒ Flächentragwerk

**Querschnitt**    **Dehnungen**    **Spannungen**

$a_{s,Q} = 0.00 \text{ cm}^2/\text{m}^2$      $\epsilon_{ps,Q} = -1.80 \%$      $-20.80 \text{ MN/m}^2$

$A_{s,U} = 6.89 \text{ cm}^2$      $\epsilon_{ps,U} = 20.00 \%$

**Bemessung**    **Bewehrungsauswahl**    **Durchbiegung**    **Rissbreite Last**    **Rissbreite Zwang**

Abbildung 3: Bemessung ConDim

Daraus ergibt sich ein kreuzweises Bewehrungsnetz von Ø12/15 (7.5 cm²/m), das auch der zur Rissesicherung (Zwang aus abfließender Hydratationswärme) erforderlichen Bewehrung entspricht und beidseitig eingelegt wird.





Projekt/progetto:

**UMFAHRUNG VAHRN  
BAUARBEITEN OHNE ANSCHLUSS BRIXEN NORD  
CIRCONVALLAZIONE VARNA  
OPERE CIVILI SENZA COLLEGAMENTO BRESSANONE NORD**

**AUSFÜHRUNGSPROJEKT - PROGETTO ESECUTIVO**

0	10.08.2018	erste Ausgabe / prima edizione	K.S. / R.F.	M.R.	C.K.
Rev.	Datum/data	Ausgabe, Änderung/edizione, aggiornamento	erstellt/elaborato	geprüft/esaminato	freigeg./approv.

Auftraggeber:

**AUTONOME PROVINZ BOZEN  
Abteilung Tiefbau  
Amt für Straßenbau Nord/Ost**

Committente:

**PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO  
Ripartizione infrastrutture  
Ufficio tecnico strade nord/est**

Dokumenttitel:

**TUNNEL VAHRN  
RÜCKHALTEBECKEN  
STATISCHE BERECHNUNG**

Titolo del documento:

**GALLERIA VARNA  
VASCA DI RACCOLTA  
CALCOLI STATICI**



PLANUNGSGRUPPE

ILF - EUT

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

c/o EUT Engineering GmbH  
Dantestraße 134, 39042 Brixen

Tel. +39 0472 272400  
E-mail: info@eut.bz.it

c/o EUT Engineering srl  
Via Dante 134, 39042 Bressanone

Dokument/documento:

BV-S-727

Einlage Nr./allegato n.:

**7-7**

## INDICE

<b>1</b>	<b>GENERALITÀ</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>GEOMETRIA</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>TERRENO DI FONDAZIONE</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>MODELLO STATICO</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI</b>	<b>4</b>
<b>5.1</b>	<b>Peso proprio</b>	<b>4</b>
<b>5.2</b>	<b>Spinta delle terre</b>	<b>4</b>
<b>5.3</b>	<b>Carichi mobili sulla soletta</b>	<b>4</b>
<b>5.4</b>	<b>Carico neve e altri carichi</b>	<b>4</b>
<b>6</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</b>	<b>6</b>
<b>7</b>	<b>DIMENSIONAMENTO</b>	<b>6</b>
<b>7.1</b>	<b>Origine e caratteristiche dei metodi di calcolo</b>	<b>6</b>
<b>7.2</b>	<b>Risultati</b>	<b>7</b>

## **1 GENERALITÀ**

A sud della galleria Varna viene costruito una vasca di raccolta, oggetto dei calcoli statici del presente documento.

## 2 GEOMETRIA

La vasca ha una lunghezza di 6.60 m, una larghezza di 2.60 m e un'altezza di 2.35 m.

Platea di fondazione, pareti e soletta hanno uno spessore di 30 cm.

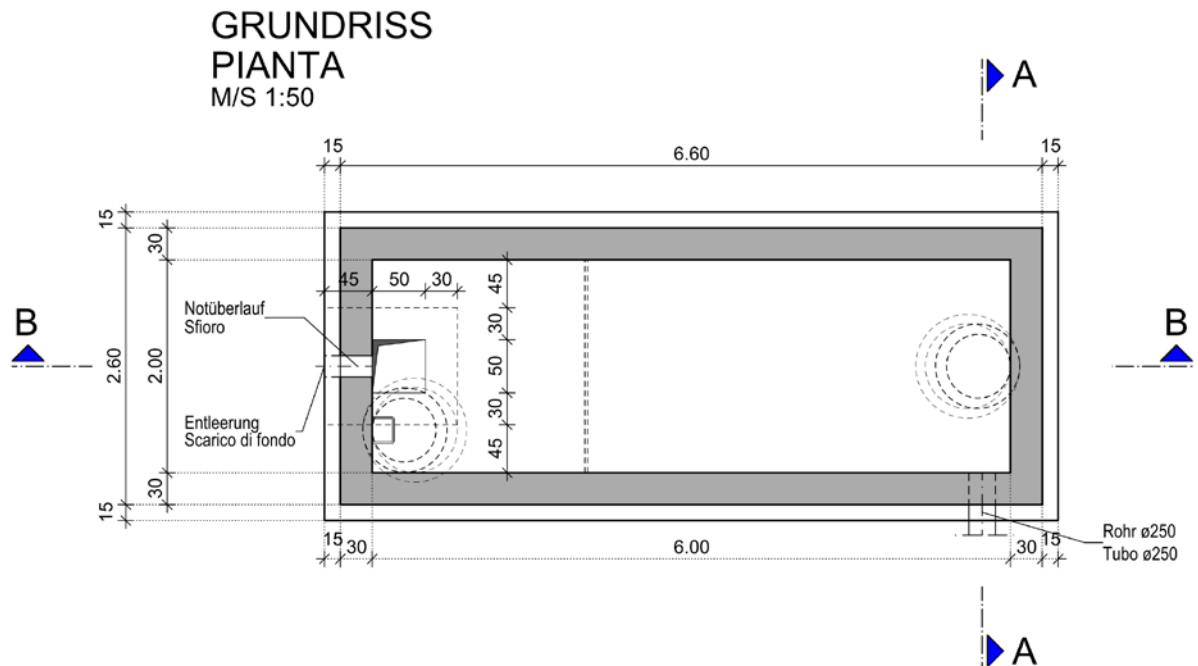
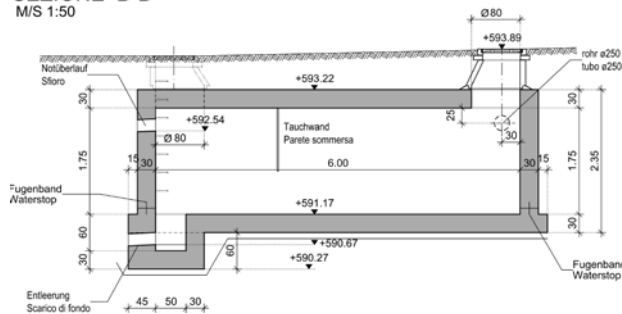


Illustrazione 1: Vasca di raccolta - pianta

**SNITT B-B  
SEZIONE B-B  
M/S 1:50**



**SNITT A-A  
SEZIONE A-A  
M/S 1:50**

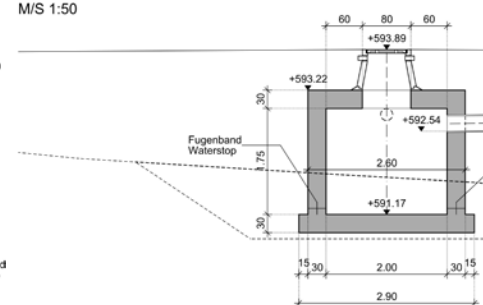


Illustrazione 2: Vasca di raccolta - sezioni

### 3 TERRENO DI FONDAZIONE

La vasca viene a trovarsi sul materiale di riporto dell'Autostrada A22. Stando ai dati desunti dalla relazione geotecnica (dd. 28.04.2006) la zona non è interessata dalla presenza di acqua di falda. L'infiltrazione di acque superficiali non ha alcuna influenza sul sottosuolo. La platea di fondo poggia su depositi di debris.

Fazies			Aufschüttung	Murschutt	Übergangsfazies	Seesedimente
Bodenart			steinige Kiese	sandig steinige Kiese	schluffige Sande stark veränderlich	Schluffe
Bodenart ÖN B4401			X,G,s	G,S,u bis G,s,u	S,u* bis S,u*,t	U,t'
Lagerung			mitteldicht	mitteldicht bis dicht	mitteldicht	steif bis halbfest (örtlich weich)
Wichte, feucht	$\gamma$	kN/m³	22,0	22,0	21,0	20,0
Wichte unter Auftrieb	$\gamma'$	kN/m³	13,0	13,0	12,0	10,0
Reibungswinkel, drainiert	$\phi'$	Grad	35,0	35,0	30,0	27,0
Kohäsion, drainiert	$c'$	kN/m²	0,0	0,0	0,0	10,0
Kohäsion, undrainiert	$c_u$	kN/m²	0,0	0,0	0,0	30,0
Steifemodul	$E_{min}$	MN/m²	50	70	30	30
	$E_{max}$		80	100	60	60

#### Konstruktionsabhängige Kennwerte

Ortbetonpfähle						
Pfahlmantelreibung	$\tau_{mgrenz}$	MN/m²	0,12	0,12	0,03	0,03
Spitzendruck bei Pfahlkopfaetzung s/D= 0,02	$\sigma_{sgrenz}$	MN/m²	1,50	1,50	0,30	0,30
Vorspannanker						
Vorspannanker Grenzkraft *)	$T_{grenz}$	KN/m	170,00	170,00	100,00	120,00 **)

\*\*) Werte im Schluff mit Nachverpressen

\*) Haftstrecke ca. 8-10 m und Durchmesser der Ankerbohrung 150mm

Tabella 1: Parametri del terreno di cui alla relazione geotecnica (dd. 28.04.2006)

## 4 MODELLO STATICO

Il calcolo statico della vasca di raccolta avviene con modello semplificato con trave monodimensionale a campata singola, con una luce della campata di 2.30 m. Il dimensionamento avviene con il software ConDim 7.1 (Thomas Lorenz ZT GmbH Graz).

## 5 ANALISI DEI CARICHI

### 5.1 Peso proprio

Il peso proprio viene assunto pari a  $25 \text{ kN/m}^3$ . Per la soletta con spessore 0.30 m per cui risulta un carico distribuito di  $g = 7.5 \text{ kN/m}^2 (=25 \times 0.3)$ .

### 5.2 Spinta delle terre

Il rinterro ha un peso specifico di  $22 \text{ kN/m}^3$ . Con uno spessore del rinterro di 1 m sulla soletta risulta un carico distribuito di  $e_v = 22 \text{ kN/m}^2$ .

### 5.3 Carichi mobili sulla soletta

La galleria Varna è transitabile. Per cui i carichi mobili applicati sono quelli dello schema di carico LM1.

Il carico della ruota (distribuito su  $0.40 \times 0.10 \text{ m}$ ) è pari a  $150 \text{ kN}$  e il carico uniformemente distribuito è pari a  $9 \text{ kN/m}^2$ . Con un angolo di diffusione del carico di  $45^\circ$  nel corpo stradale e nella soletta, per il carico della ruota risulta una superficie sollecitata di  $7.3 \text{ m}^2$  ( $\approx (0.40 + 2 \times (1.0 + 0.3/2))^2$ ).

Risulta un carico uniformemente distribuito di  $p = 30 \text{ kN/m}^2 (\approx 150/7.3 + 9)$ .

### 5.4 Carico neve e altri carichi

La Provincia di Bolzano e precisamente il territorio comunale di Varna, si trova, in conformità all'Eurocodice 1 (EN 1991-1-3:2003) in zona 4,5. La condizione di carico tipo è, pertanto, pari a  $2,0 \text{ kN/m}^2$ . Poiché il carico mobile da applicare (ovvero edificio sopra la galleria) è chiaramente superiore al carico neve ed essendo possibile escludere la concomitanza del carico neve con il carico mobile, il carico neve non viene considerato.

Ulteriori sovraccarichi derivanti p.es. da ritiro, da urto o dovuti ai lavori di manutenzione non vengono considerati a causa dell'approccio cautelativo dei carichi principali e in parte si escludono con i carichi applicati.

## 6 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo: Soletta, pareti, platea di fondazione: C35/45 / XC4

Acciaio di armatura: Acciaio per armature B450C; limite di snervamento  $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$

## 7 DIMENSIONAMENTO

### 7.1 Origine e caratteristiche dei metodi di calcolo

#### Tipo di analisi svolta:

Analisi strutturali:

Statica lineare: sì

Statica non lineare no

#### Software usata:

ConDim 7.1, licenza n. 6.0.0.512

Produttore / distributore Thomas Lorenz ZT GmbH, Graz (Austria)

#### Affidabilità dei metodi di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità e l'idoneità al caso specifico. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del software, contiene un esauriente descrizione delle base teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impegno, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione. È stata verificata l'affidabilità del metodo di calcolo attraverso un numero indicativo di casi di prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche e soluzioni realizzate.

#### Validazione del metodo di calcolo

Sulla base della semplicità delle struttura e del controllo puntuale non si è reso necessario di eseguire i calcoli nuovamente e diverso da quello originario mediante un programma di calcolo diverso da quello usato originariamente. Le sezioni di calcolo sono state verificate con delle semplici verifiche a mano.



## 7.2 Risultati

Opere in c.a. in conformità all'Eurocodice EN 1992-2

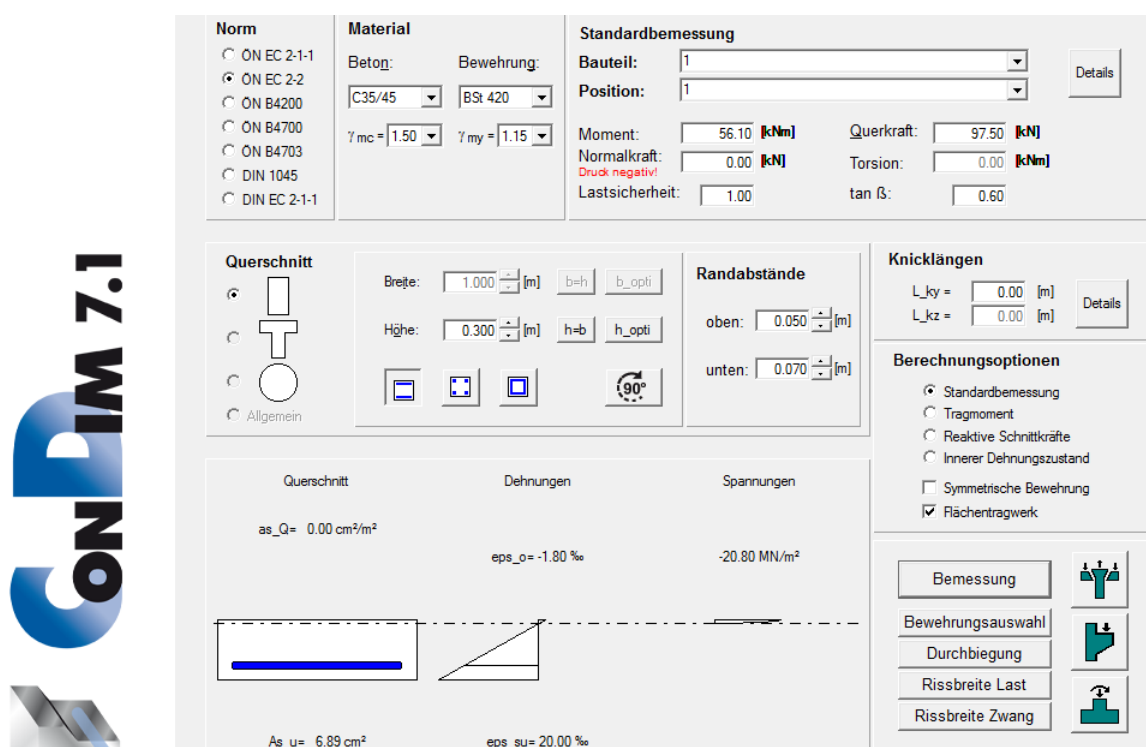
Coefficienti parziali di sicurezza dei carichi: Carichi permanenti 1,35  
Carichi mobili 1,50

Coefficienti parziali di sicurezza dei materiali: Cemento 1,50  
Acciaio per c.a. 1,15

Risultano le seguenti azioni interne per il dimensionamento:

$$m_{sd} = (1.35 \times (7.5 + 22) + 1.50 \times 30) \times 2.30^2 / 8 = 56.1 \text{ kNm/m}$$

$$v_{sd} = (1.35 \times (7.5 + 22) + 1.50 \times 30) \times 2.30 / 2 = 97.5 \text{ kN/m}$$



**Norm**

- ☐ ON EC 2-1-1
- ☒ ON EC 2-2
- ☐ ON B4200
- ☐ ON B4700
- ☐ ON B4703
- ☐ DIN 1045
- ☐ DIN EC 2-1-1

**Material**

Beton: C35/45    Bewehrung: BSt 420

$\gamma_{mc} = 1.50$      $\gamma_{my} = 1.15$

**Standardbemessung**

Bauteil: 1    Position: 1

Moment: 56.10 [kNm]    Querkraft: 97.50 [kN]

Normalkraft: 0.00 [kN]    Torsion: 0.00 [kNm]

Druck negativ!    Lastsicherheit: 1.00    tan  $\beta$ : 0.60

**Querschnitt**

Breite: 1.000 [m]    b=h    b\_opti

Höhe: 0.300 [m]    h=b    h\_opti

☐ Allgemein

**Randabstände**

oben: 0.050 [m]    unten: 0.070 [m]

**Knicklängen**

L<sub>ky</sub> = 0.00 [m]    L<sub>kz</sub> = 0.00 [m]

**Berechnungsoptionen**

- ☒ Standardbemessung
- ☐ Tragmoment
- ☐ Reaktive Schnittkräfte
- ☐ Innerer Dehnungszustand
- ☐ Symmetrische Bewehrung
- ☒ Flächentragwerk

**Querschnitt**    **Dehnungen**    **Spannungen**

as<sub>Q</sub> = 0.00 cm²/m²    eps<sub>o</sub> = -1.80 ‰    -20.80 MN/m²

As<sub>u</sub> = 6.89 cm²    eps<sub>su</sub> = 20.00 ‰

**Bemessung**    **Bewehrungsauswahl**    **Durchbiegung**    **Rissbreite Last**    **Rissbreite Zwang**

Illustrazione 3: Dimensionamento ConDim

Da questo risulta una rete d'armatura posata in due direzioni ortogonali di Ø12/15 (7.5 cm²/m), che impedisce anche la formazione di fessurazioni (stato di coazione a seguito dello scarico di calore di idratazione).