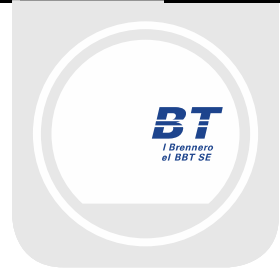




Mit Beteiligung der Europäischen Union aus dem Haushalt der Transeuropäischen Verkehrsnetze finanziertes Vorhaben

Opera finanziata con la partecipazione dell'Unione Europea attraverso il bilancio delle reti di trasporto transeuropee



Ausbau Eisenbahnachse München-Verona

BRENNER BASISTUNNEL

Ausführungsplanung

Potenziamiento asse ferroviario Monaco-Verona

GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO

Progettazione esecutiva

D0700: Baulos Mauls 2-3

D0700: Lotto Mules 2-3

Projekteinheit

Interne Strukturen

WBS

Strutture Interne

Dokumentenart

Statische Berechnung

Tipo Documento

Calcolo statico

Titel

Statische Berechnung interne Strukturen CT5

Titolo

Relazione di calcolo strutture interne CT5



Raggruppamento Temporaneo di Imprese 4P
ch Pro.Rer S.r.l., Via G.B. Sommarini 5, 20125 Milano, Tel: +39 026779711, Fax: +39 0267112612

Generalplaner / Responsabile integrazioni prestazioni specialistiche
Ing. Enrico Maria Pizzarotti
Ord. Ingg. Milano N° A 29470

Mandataria



Mandante



Mandante



Mandante



Fachplaner / il progettista specialista
Ing. Davide Merlini
Ord. Ingg. Como N° 2354 A

Datum / Data

Name / Nome

Gesellschaft / Società

Bearbeitet / Elaborato

30.01.2015

A. Battaglia

Pini Swiss

Geprüft / Verificato

30.01.2015

D. Merlini

Pini Swiss



Name / Nome
R. Zurlo

Name / Nome
K. Bergmeister

Projekt-kilometer /
Chilometro
progetto

von / da 32.0+88
bis / a 54.0+15
bei / al

Projekt-kilometer /
Chilometro
opera

von / da 45.3+75
bis / a 45.3+75
bei / al

Status
Dokument /
Stato
documento

Massstab /
Scala

-

Staat
Stato

Los
Lotto

Einheit
Unità

Nummer
Numero

Dokumentenart
Tipo Documento

Vertrag
Contratto

Nummer
Codice

Revision
Revisione

02

H61

OP

970

KST

D0700

20003

21

Bearbeitungsstand Stato di elaborazione

Revision Revisione	Änderungen / Cambiamenti	Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica	Datum Data
11	Projektvollständigung und Umsetzung der Verbesserungen aus dem Prüfverfahren / Completamento progetto e recepimento istruttoria	A.Battaglia	09.10.2014
20	Überarbeitung infolge Dienstanweisung Nr. 1 vom 17.10.2014 / Revisione a seguito ODS n°1 del 17.10.14	A.Battaglia	04.12.2014
21	Abgabe für Ausschreibung / Emissione per Appalto	A.Battaglia	30.01.2015

1	VERZEICHNISSE	
1	ELENCHI	6
1.1	TABELLENVERZEICHNIS	
1.1	ELENCO DELLE TABELLE.....	6
1.2	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	
1.2	ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI.....	6
1.3	BIBLIOGRAFIE UND QUELLEN	
1.3	BIBLIOGRAFIA E FONTI	6
1.3.1	Dokumente der Ausschreibungsplanung	
1.3.1	Documenti in ingresso.....	6
1.3.2	Normen und Richtlinien	
1.3.2	Normativa.....	7
1.3.3	Literatur	
1.3.3	Letteratura.....	8
	ANHANG 1 - ZWISCHENDECKE	
	APPENDICE 1 – SOLETTA INTERMEDIA	9
1	EINFÜHRUNG	
1	INTRODUZIONE	10
2	NORMEN UND RICHTLINIEN	
2	NORMATIVA	10
3	MATERIALIEN	
3	MATERIALI	11
3.1	BETON	
3.1	CALCESTRUZZO.....	11
3.2	BEWEHRUNGSSTAHL	
3.2	ACCIAIO DA ARMATURA.....	11
4	BERECHNUNGSMODELL	
4	MODELLO DI CALCOLO	11
4.1	BELASTUNGSANALYSE	
4.1	ANALISI DEI CARICHI.....	11
4.1.1	Eigengewicht G1	
4.1.1	Peso proprio G1	11
4.1.2	Kriechen und Schwinden des Betons G6	
4.1.2	Viscosità e ritiro del calcestruzzo G6.....	12
4.1.3	Temperatur Q1	
4.1.3	Temperatura Q1	12
4.1.4	Lüftung Q1	
4.1.4	Ventilazione Q1	13
4.1.5	Nutzung Q2	
4.1.5	Utilizzazione Q2	13
4.1.6	Brand A3	
4.1.6	Incendio A3	13
4.1.6.1	Temperatur-Zeitkurve im Tunnelbau [UNI 11076]	
4.1.6.1	Curva della temperatura/tempo per tunnel [UNI 11076].....	13
4.1.6.2	Koeffizienten zur Bewertung der temperaturbedingten Festigkeitsminderung der Materialien	
4.1.6.2	Coefficienti per la valutazione della diminuzione delle caratteristiche di resistenza dei materiali in funzione della temperatura.....	14

4.2	NACHWEISVERFAHREN	
4.2	VERIFICHE	15
4.2.1	Grenzzustände der Tragfähigkeit (GZT) und Gebrauchstauglichkeit (GZG)	
4.2.1	Stati Limite Ultimi (SLU) e Stati Limite di Esercizio (SLE)	15
4.2.1.1	Kombinations- und Teilkoeffizienten der Sicherheit der Wirkungen	
4.2.1.1	Coefficienti di combinazione e parziali di sicurezza per le azioni	15
4.2.1.2	Teilsicherheitskoeffizienten der Festigkeit	
4.2.1.2	Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze	16
4.2.1.3	Nachweis auf Biegung und Druck	
4.2.1.3	Verifica a pressoflessione.....	16
4.2.1.4	Nachweis Querkraft	
4.2.1.4	Verifica a taglio.....	16
4.2.1.5	Ermittlung der Schnittgrößen und Verformungen	
4.2.1.5	Calcolo delle deformazioni	16
4.2.1.6	Begrenzung der Rissbreiten	
4.2.1.6	Limitazione dello spessore delle fessure.....	16
4.3	ERGEBNISSE	
4.3	RISULTATI	17
4.3.1	Grenzzustände der Tragfähigkeit (GZT)	
4.3.1	Sollecitazioni Stati Limite Ultimi (SLU).....	17
4.3.2	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG)	
4.3.2	Sollecitazioni Stati Limite d'Esercizio (SLE).....	18
4.3.3	Brandlast (GZT).....	18
4.3.3	Sollecitazioni incendio (SLU).....	18
4.4	NACHWEISVERFAHREN	
4.4	VERIFICHE	18
4.4.1	Prüfungen der Grenzzustände der Tragfähigkeit	
4.4.1	Verifiche Stati Limite Ultimi.....	18
4.4.1.1	Prüfung auf Biegung	
4.4.1.1	Verifica a flessione	18
4.4.1.2	Prüfung auf Querkraft	
4.4.1.2	Verifica a taglio.....	18
4.4.2	Prüfungen der Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	
4.4.2	Verifiche Stati Limite d'Esercizio.....	18
4.4.3	Prüfungen auf Rissbildung	
4.4.3	Verifiche a fessurazione	19
4.4.4	Prüfungen auf Verformung	
4.4.4	Verifica di deformabilità	19
4.4.5	Brandnachweis (GZT)	
4.4.5	Verifica incendio (SLU).....	19
5	VERANKERUNGEN	
5	ANCORAGGI	20
	ANLAGE 1	
	ALLEGATO 1	21
	ANLAGE 2	
	ALLEGATO 2	22
	ANLAGE 3	
	ALLEGATO 3	23

ANLAGE 4	
ALLEGATO 4	24
ANLAGE 5	
ALLEGATO 5	25
ANHANG 2 - ZWISCHENWÄNDE	
APPENDICE 2 – PARETI DI SEPARAZIONE	26
1 EINFÜHRUNG	
1 INTRODUZIONE	27
2 NORMEN UND RICHTLINIEN	
2 NORMATIVA	27
3 MATERIALIEN	
3 MATERIALI	28
3.1 BETON	
3.1 CALCESTRUZZO	28
3.2 BEWEHRUNGSSTAHL	
3.2 ACCIAIO DA ARMATURA	28
4 BERECHNUNGSMODELL	
4 MODELLO DI CALCOLO	28
4.1 BELASTUNGSANALYSE	
4.1 ANALISI DEI CARICHI	28
4.1.1 Eigengewicht G1	
4.1.1 Peso proprio G1	28
4.1.2 Kriechen und Schwinden des Betons G6	
4.1.2 Viscosità e ritiro del calcestruzzo G6	29
4.1.3 Temperatur Q1	
4.1.3 Temperatura Q1	29
4.1.4 Lüftung Q1	
4.1.4 Ventilazione Q1	30
4.1.5 Brand A3	
4.1.5 Incendio A3	30
4.1.5.1 Temperatur-Zeitkurve im Tunnelbau [UNI 11076]	
4.1.5.1 Curva della temperatura/tempo per tunnel [UNI 11076]	30
4.1.5.2 Koeffizienten zur Bewertung der temperaturbedingten Festigkeitsminderung der Materialien	
4.1.5.2 Coefficienti per la valutazione della diminuzione delle caratteristiche di resistenza dei materiali in funzione della temperatura	31
4.2 NACHWEISVERFAHREN	
4.2 VERIFICHE	32
4.2.1 Grenzzustände der Tragfähigkeit (GZT) und Gebrauchstauglichkeit (GZG)	
4.2.1 Stati Limite Ultimi (SLU) e Stati Limite di Esercizio (SLE)	32
4.2.1.1 Kombinations- und Teilkoeffizienten der Sicherheit der Wirkungen	
4.2.1.1 Coefficienti di combinazione e parziali di sicurezza per le azioni	32
4.2.1.2 Teilsicherheitskoeffizienten der Festigkeit	
4.2.1.2 Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze	33
4.2.1.3 Nachweis auf Biegung und Druck	
4.2.1.3 Verifica a pressoflessione	33
4.2.1.4 Nachweis Querkraft	
4.2.1.4 Verifica a taglio	33

4.2.1.5	Ermittlung der Schnittgrößen und Verformungen	
4.2.1.5	Calcolo delle deformazioni	33
4.2.1.6	Begrenzung der Rissbreiten	
4.2.1.6	Limitazione dello spessore delle fessure.....	33
4.3	ERGEBNISSE	
4.3	RISULTATI.....	34
4.3.1	Grenzzustände der Tragfähigkeit (GZT)	
4.3.1	Sollecitazioni Stati Limite Ultimi (SLU).....	34
4.3.2	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG)	
4.3.2	Sollecitazioni Stati Limite d'Esercizio (SLE).....	35
4.3.3	Brandlast (GZT).....	36
4.3.4	Sollecitazioni incendio (SLU).....	36
4.4	NACHWEISVERFAHREN	
4.4	VERIFICHE	37
4.4.1	Nachweis der Grenzzustände der Tragfähigkeit	
4.4.1	Verifiche Stati Limite Ultimi.....	37
4.4.1.1	Nachweis auf Biegung	
4.4.1.1	Verifica a flessione	37
4.4.1.2	Nachweis auf Querkraft	
4.4.1.2	Verifica a taglio.....	37
4.4.2	Nachweis der Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	
4.4.2	Verifiche Stati Limite d'Esercizio.....	37
4.4.3	Nachweis der Rissbildung	
4.4.3	Verifiche a fessurazione	37
4.4.4	Brandnachweis (GZT)	
4.4.4	Verifica incendio (SLU).....	37
ANLAGE 6		
ALLEGATO 6	.....	38
ANLAGE 7		
ALLEGATO 7	.....	39
ANLAGE 8		
ALLEGATO 8	.....	40
ANLAGE 9		
ALLEGATO 9	.....	41
ANLAGE 10		
ALLEGATO 10	.....	42

1 VERZEICHNISSE

1.1 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Temperaturwerte zu den verschiedenen Zeitpunkten	14
Tabelle 2: Kombinations- und Teilkoeffizienten der Sicherheit der Wirkungen	15
Tabelle 3: Prüfung auf Querkraft	22
Tabelle 4: Nachweis auf Rissbildung (GZG)	24
Tabelle 5: Kombinations- und Teilkoeffizienten der Sicherheit der Wirkungen	32
Tabelle 6: Prüfung auf Querkraft	39
Tabelle 7: Nachweis auf Rissbildung (GZG)	41

1.2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Temperatur-Zeitkurve	30
Abbildung 2: Temperaturwerte zu den verschiedenen Zeitpunkten	31
Abbildung 3: Koeffizient $k_c(\theta)$ und $k_{ct}(\theta)$ zur Bewertung der charakteristischen Festigkeitsminderung (f_{ck}) von Beton	31
Abbildung 4: Koeffizient $k_s(\theta)$ zur Bewertung der Minderung der charakteristischen Zug- und Druckfestigkeit (f_{yk}) von Stahlbetons Klasse N	32

1.3 BIBLIOGRAFIE UND QUELLEN

1.3.1 Dokumente der Ausschreibungsplanung

- [1] D0700-13018 "Relazione geomeccanica generale"
- [2] D0700-22001 "Relazione geomeccanica di dettaglio"
- [3] D0700-13021 "Profilo geomeccanico 3/4"
- [4] D0700-22002-01 "Profilo geomeccanico e progettuale di previsione GL-T, FdE-GL-T, FdE-GL-TT, GL-CM Est"
- [5] D0700-22003-01 "Profilo geomeccanico e progettuale di previsione GL-T, FdE-GL-T, FdE-GL-TT, GL-CM Ovest"
- [6] D0700-22817 "Sezioni tipo CT5-T (T2)"
- [7] D0700-22818 "Sezioni tipo CT5-T (T3)"
- [8] D0616-III-08-TB-03601-25 "Linee guida per la modellazione e la definizione dei principi di calcolo"
- [9] D0616-III-08-TB-03602-25 "Standard per il dimensionamento - rivestimento esterno in spritzbeton"

1 ELENCHI

1.1 ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1: Valori della temperatura nei diversi istanti temporali	14
Tabella 2: Coefficienti di combinazione e parziali di sicurezza per le azioni	15
Tabella 3: Verifica a taglio	22
Tabella 4: Verifica a fessurazione (SLE)	24
Tabella 5: Coefficienti di combinazione e parziali di sicurezza per le azioni	32
Tabella 6: Verifica a taglio	39
Tabella 7: Verifica a fessurazione (SLE)	41

1.2 ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI

Figura 1: Curva della temperatura/tempo	30
Figura 2: Valori della temperatura nei diversi istanti temporali	31
Figura 3: Coefficiente $k_c(\theta)$ per tener conto della diminuzione della resistenza caratteristica (f_{ck}) del calcestruzzo	31
Figura 4: Coefficiente $k_s(\theta)$ per tener conto della diminuzione della resistenza caratteristica (f_{yk}) a trazione e a compressione dell'armatura classe N	32

1.3 BIBLIOGRAFIA E FONTI

1.3.1 Documenti in ingresso

- [18] D0700-13018 "Relazione geomeccanica generale"
- [19] D0700-22001 "Relazione geomeccanica di dettaglio"
- [20] D0700-13021 "Profilo geomeccanico 3/4"
- [21] D0700-22002-01 "Profilo geomeccanico e progettuale di previsione GL-T, FdE-GL-T, FdE-GL-TT, GL-CM Est"
- [22] D0700-22003-01 "Profilo geomeccanico e progettuale di previsione GL-T, FdE-GL-T, FdE-GL-TT, GL-CM Ovest"
- [23] D0700-22817 "Sezioni tipo CT5-T (T2)"
- [24] D0700-22818 "Sezioni tipo CT5-T (T3)"
- [25] D0616-III-08-TB-03601-25 "Linee guida per la modellazione e la definizione dei principi di calcolo"
- [26] D0616-III-08-TB-03602-25 "Standard per il dimensionamento - rivestimento esterno in"

(calcestruzzo proiettato)"

- [10] D0616-III-08-TB-03603-25 "Standard per il dimensionamento strutturale dei rivestimenti definitivi"
- [11] D0573-06-03-001.01 "Prova statica del rivestimento esterno e definitivo della galleria principale a binario doppio in roccia solida (rivestimento non armato)"
- [12] D0700-22908 "Relazione di calcolo rivestimenti FdE-CT3 (T4-T6) (km 44.5+55.0 / km 45.0+25.0)"
- [13] Elaborazione tecnica del progetto "Relazione geomeccanica Canne principali Mules PMF Trens"
- [14] Elaborazione tecnica del progetto "Relazione geomeccanica Cunicolo esplorativo Mules-Brennero"
- [15] D0616-III-01-TB-03002-25 "Relazione Tecnica - Tolleranze costruttive - Condizioni contrattuali tecniche"
- [16] KBA-D0700-55001-02 "Programma Lavori Lotto Mules 2-3"
- [17] D0755/02-V04-OP.EN 01.01 - Relazione statica rivestimento di prima fase Cunicolo esplorativo Periadriatica ed Opere Propedeutiche ambito Mules.

1.3.2 Normen und Richtlinien

- [1] Norme Tecniche delle Costruzioni 2008 – NTC 2008;
- [2] Circolare n.617, Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008
- [3] DM 28/10/2005 , Sicurezza nelle gallerie ferroviarie.
- [35] UNI EN1990:2006 - Eurocode 0 – Grundlage für Konstruktion und Dokumentation zur nationalen Umsetzung ;
- [36] UNI EN 1991-1; Eurocode 1 – Actions on structures – 2010/2011
- [37] UNI EN 1992:2005 - Eurocode 2 – Planung von Stahlbetonbauwerken und Dokumente zur nationalen Umsetzung;
- [38] UNI EN 1997:2005 - Eurocode 7 – Geotechnik und Dokumente zur nationalen Umsetzung
- [4] UNI EN 1992-1-2:2005 "Progettazione delle strutture in calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio"
- [5] UNI 11076 del 1 luglio 2003, "Modalità di prova per la valutazione del comportamento di protettivi applicati a

spritzbeton (calcestruzzo proiettato)"

- [27] D0616-III-08-TB-03603-25 "Standard per il dimensionamento strutturale dei rivestimenti definitivi"
- [28] D0573-06-03-001.01 "Prova statica del rivestimento esterno e definitivo della galleria principale a binario doppio in roccia solida (rivestimento non armato)"
- [29] D0700-22908 "Relazione di calcolo rivestimenti FdE-CT3 (T4-T6) (km 44.5+55.0 / km 45.0+25.0)"
- [30] Elaborazione tecnica del progetto "Relazione geomeccanica Canne principali Mules PMF Trens"
- [31] Elaborazione tecnica del progetto "Relazione geomeccanica Cunicolo esplorativo Mules-Brennero"
- [32] D0616-III-01-TB-03002-25 "Relazione Tecnica - Tolleranze costruttive - Condizioni contrattuali tecniche"
- [33] KBA-D0700-55001-02 "Programma Lavori Lotto Mules 2-3"
- [34] D0755/02-V04-OP.EN 01.01 - Relazione statica rivestimento di prima fase Cunicolo esplorativo Periadriatica ed Opere Propedeutiche ambito Mules.

1.3.2 Normativa

- [40] Norme Tecniche delle Costruzioni 2008 – NTC 2008;
- [41] Circolare n.617, Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008
- [6] DM 28/10/2005 , Sicurezza nelle gallerie ferroviarie.
- [7] UNI EN1990:2006 - Eurocodice 0 – Basi per la progettazione strutturale e documento di applicazione nazionale3
- [8] UNI EN 1991-1; Eurocode 1 – Actions on structures – 2010/2011
- [9] UNI EN 1992:2005 - Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo e documento di applicazione nazionale
- [10] UNI EN 1997:2005 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica e documento di applicazione nazionale
- [11] UNI EN 1992-1-2:2005 "Progettazione delle strutture in calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio"
- [12] UNI 11076 del 1 luglio 2003, "Modalità di prova per la valutazione del comportamento di protettivi applicati

soffitti di opere sotterranee, in condizioni di incendi".

- [39] D.M. 16.02.2007 "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione"

1.3.3 Literatur

- [42] Ribacchi R., Riccioni R. – Stato di sforzo e di deformazione intorno ad una galleria circolare. Gallerie e grandi opere sotterranee, 1977.
- [43] Nguyen-Minh D., Guo C. – Recent progress in convergence confinement method", Eurock '96, pagg. 855-860.
- [44] Gamble J.C. – Durability-plasticity classification of shales. Ph. D. Thesis, University of Illinois, 1971.
- [45] Sakurai – Lessons Learned from Field Measurements in Tunneling. Tunneling and Underground Space Technology, 1997.
- [46] HOEK E., CARRANZA TORRES C., CORKUM B. – Hoek-Brown failure criterion. 2002
- [47] UNWEDGE-rocsience, Underground Wedge Stability Analysis Manual
- [48] Wang, J., 1993 - Seismic Design of Tunnels - A Simple State-of-the-Art Design
- [49] Hashash, Y., et al., 2001, - Seismic design and analysis of underground structures, Tunneling and underground space technology 16, (247-293)
- [50] Pöttler, R. Die unbewehrte Innenschale im Felstunnelbau - Standsicherheit und Verformung im Reißbereich, Beton und Stahlbetonbau Heft 6, 1993
- [51] Pöttler, R. Standsicherheitsnachweis unbewehrter Innenschalen, Bautechnik 67, 1990
- [14] Rocscience Phase2 online manual (Swelllex / Split Sets Section - indicazioni Atlas Copco 2006)
- [15] Cai M., Kaiser P.K., Tasaka Y., Minami M. - Determination of residual strength parameters of jointed rock masses using the GSI system. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 44 pag. 247-256, 2007
- [52] MIDAS GTS Manual

a soffitti di opere sotterranee, in condizioni di incendi".

- [13] D.M. 16.02.2007 "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione"

1.3.3 Letteratura

- [53] Ribacchi R., Riccioni R. – Stato di sforzo e di deformazione intorno ad una galleria circolare. Gallerie e grandi opere sotterranee, 1977.
- [54] Nguyen-Minh D., Guo C. – Recent progress in convergence confinement method", Eurock '96, pagg. 855-860.
- [55] Gamble J.C. – Durability-plasticity classification of shales. Ph. D. Thesis, University of Illinois, 1971.
- [56] Sakurai – Lessons Learned from Field Measurements in Tunneling. Tunneling and Underground Space Technology, 1997.
- [57] HOEK E., CARRANZA TORRES C., CORKUM B. – Hoek-Brown failure criterion. 2002
- [58] UNWEDGE-rocsience, Underground Wedge Stability Analysis Manual
- [59] Wang, J., 1993 - Seismic Design of Tunnels - A Simple State-of-the-Art Design
- [60] Hashash, Y., et al., 2001, - Seismic design and analysis of underground structures, Tunneling and underground space technology 16, (247-293)
- [61] Pöttler, R. Die unbewehrte Innenschale im Felstunnelbau - Standsicherheit und Verformung im Reißbereich, Beton und Stahlbetonbau Heft 6, 1993
- [62] Pöttler, R. Standsicherheitsnachweis unbewehrter Innenschalen, Bautechnik 67, 1990
- [63] Rocscience Phase2 online manual (Swelllex / Split Sets Section - indicazioni Atlas Copco 2006)
- [64] Cai M., Kaiser P.K., Tasaka Y., Minami M. - Determination of residual strength parameters of jointed rock masses using the GSI system. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 44 pag. 247-256, 2007
- [65] MIDAS GTS Manual

ANHANG 1 - ZWISCHENDECKE

Der Anhang 1 enthält die abschnittswisen Nachweise GZT und GZG für die Zwischendecke und der Zwischenwände.

APPENDICE 1 – SOLETTA INTERMEDIA

L'appendice 1 contiene le verifiche sezionali allo SLU e SLE svolte sulla soletta intermedia e sui setti.

1 EINFÜHRUNG

Der vorliegende Anhang behandelt die Bemessung der Zwischendecke, die im CT5 vorgesehen ist.

Die Struktur weist eine maximale Stützweite von 7.35 m auf und ist an den beiden Enden im Innenbau des Tunnels eingesteckt, wie aus der nachfolgenden Abbildung ersichtlich ist.

1 INTRODUZIONE

Il presente appendice tratta il dimensionamento della soletta intermedia prevista nel CT5.

La struttura ha una luce massima di 7.35 m ed è spinottata agli estremi sul rivestimento definitivo della galleria, come illustrato nella seguente figura.

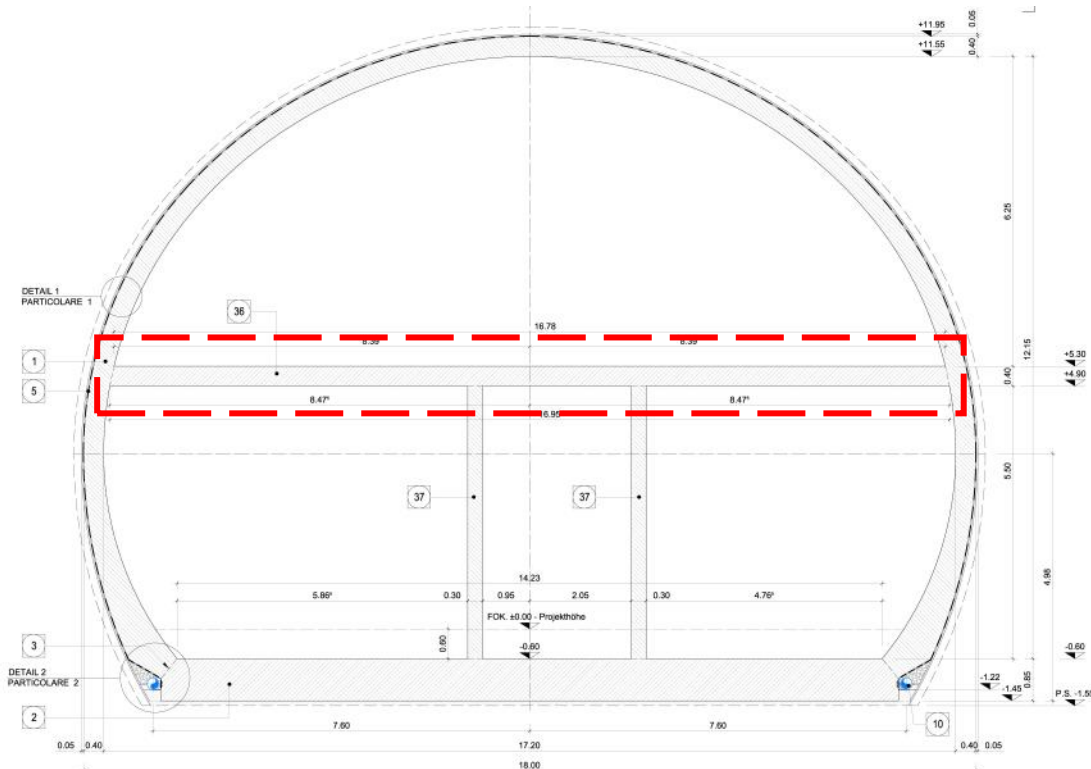


Abbildung 1: Darstellung der Zwischendecke und der Zwischenwände

Illustrazione 1: Rappresentazione della soletta intermedia e dei setti

2 NORMEN UND RICHTLINIEN

- [1] D.M. Infr. e Trasp. 28 ottobre 2005, "Sicurezza nelle gallerie ferroviarie. Analisi dei rischi - Misure di prevenzione e protezione - Approvazione dei progetti".
- [2] NTC 2008 del 14 gennaio 2008, "Norme tecniche delle Costruzioni D. Min. Infrastrutture".
- [3] UNI EN 1992-1-1:2005 "Progettazione delle strutture in calcestruzzo Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici"
- [4] UNI EN 1992-1-2:2005 "Progettazione delle strutture in calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio"
- [16] UNI 11076 del 1 luglio 2003, "Modalità di prova per la valutazione del comportamento di protettivi applicati"

2 NORMATIVA

- [5] D.M. Infr. e Trasp. 28 ottobre 2005, "Sicurezza nelle gallerie ferroviarie. Analisi dei rischi - Misure di prevenzione e protezione - Approvazione dei progetti".
- [6] NTC 2008 del 14 gennaio 2008, "Norme tecniche delle Costruzioni D. Min. Infrastrutture".
- [7] UNI EN 1992-1-1:2005 "Progettazione delle strutture in calcestruzzo Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici"
- [8] UNI EN 1992-1-2:2005 "Progettazione delle strutture in calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio"
- [9] UNI 11076 del 1 luglio 2003, "Modalità di prova per la valutazione del comportamento di protettivi applicati"

a soffitti di opere sotterranee, in condizioni di incendi".

a soffitti di opere sotterranee, in condizioni di incendi".

3 MATERIALIEN

3.1 BETON

Für die Dimensionierung der Decke ist in der Regel ein Beton der Festigkeitsklasse C30/37 mit folgenden Eigenschaften zu berücksichtigen:

$$E_{cm} = 32000 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

Hierbei sind:

- E_{cm} ist der Mittelwert des Sekanten Elastizitätsmoduls
- f_{ck} ist die charakteristische Druckfestigkeit des Betons nach 28 Tagen

3.2 BEWEHRUNGSSTAHL

Für die Dimensionierung der Decke wird Baustahl des Typs B450C verwendet:

$$E_s = 210000 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$$

Hierbei ist:

- E_s ist das Elastizitätsmodul
- f_{yk} – charakteristischer Wert der Streckgrenze des Betonstahls

4 BERECHNUNGSMODELL

Das Berechnungsmodell für den Nachweis der Zwischendecke ist ein Träger mit vier Auflagern und drei Spannweiten, dessen größte Spannweite 7.35 m beträgt. Die Modellierung wurde unter Verwendung des Computerprogramms CEDRUS 6 durchgeführt, während die Kontrollen geschnitten Programm wurde verwendet FAGUS 6, beide CUBUS AG.

4.1 BELASTUNGSANALYSE

Anschließend werden die zu benutzenden Einwirkungen zur Dimensionierung der Innenschale festgelegt.

4.1.1 Eigengewicht G1

Die für die Berechnung des Eigengewichts verwendete Querschnittsfläche pro Tunnelmeter basiert auf den Realmaßen der Konstruktion.

Das spezifische Eigengewicht des Stahlbetons ist mit $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ zu berücksichtigen.

3 MATERIALI

3.1 CALCESTRUZZO

Per il dimensionamento della soletta si considera un calcestruzzo con classe di resistenza C30/37 con le seguenti caratteristiche:

Dove:

- E_{cm} è il valore medio del modulo elastico secante
- f_{ck} è la resistenza caratteristica a compressione dello calcestruzzo a 28 giorni

3.2 ACCIAIO DA ARMATURA

Per il dimensionamento della soletta si utilizza l'acciaio tipo B450C:

dove:

- E_s è il modulo elastico
- f_{yk} è la tensione caratteristica di snervamento acciaio per cemento armato

4 MODELLO DI CALCOLO

Lo schema di calcolo della soletta intermedia è di una trave su quattro appoggi e con tre campate, la cui luce massima è di 7.35 m. La modellazione è avvenuta mediante il programma di calcolo CEDRUS 6, mentre per le verifiche sezionati è stato utilizzato il programma FAGUS 6, entrambi della CUBUS AG.

4.1 ANALISI DEI CARICHI

In seguito si definiscono le azioni da utilizzare nel dimensionamento della soletta intermedia

4.1.1 Peso proprio G1

Il volume utilizzato per il calcolo del peso proprio si basa sulle dimensioni effettive della struttura.

Il peso specifico del calcestruzzo viene assunto pari $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$.

4.1.2 Kriechen und Schwinden des Betons G6

Das Schwindmaß des Betons wird gemäß NTC 2008 Kap. 11.2.10.6 ermittelt.

Die Kriechzahl ϕ wird gemäß NTC 2008 Kap. 11.2.10.7 ermittelt.

Die Kriechzahl ϕ wird gemäß dem NTC 2008 Kap. 11.2.10.7 unter Berücksichtigung des Spannungszustandes aus einer Einwirkungskombination ständiger Lasten ermittelt.

Kriechen und Schwinden des Betons bewirken eine Längenänderung Δl (Endschwindmaß), auf welche die Berechnung in Form einer gleichmäßigen Temperaturabkühlung gründet.

Für alle Abschnitte die höher als 25 cm sind und aus Beton C30/37 bestehen, ergibt sich eine Durchschnittsverformung durch autogenes zeitlich unendliches Schwinden von 0.27‰. Bei der Bemessung wurde gemäß Norm 50% des Schwindens angenommen, was durch eine gleichmäßige Temperaturabkühlung von -13.4°C simulierbar ist. Diese Abkühlung muss, z. B., mittels Einsatz eines funktionstüchtigen Superverflüssigungsmittels (Typ MasterGlenium von BASF), nicht-kalkhaltigen Zuschlagstoffen und Zugabe eines Expansionsmittels (Typ MasterLife SRA100 von BASF) bewirkt werden. Das angewandte System muss auf der Baustelle durch Eignungsprüfungen nachgewiesen werden.

Bei der Modellierung der Innenschale, insbesondere bezüglich Absatz 4.1.1.1 des NTC08, wendet man eine gleichmäßige Temperaturabkühlung von -6.7° C für den GZT und von -8.9° C für den GZG an.

4.1.3 Temperatur Q1

Zur Dimensionierung der Innenstrukturen werden die Temperatureinwirkungen, laut folgender Tabelle, entsprechend dem Abstand zum Portal, unter 3 km berücksichtigt.

□

Abstand Portal / Distanza dall'imbocco [km]	< 3,0	
Temperaturgradient / gradiente della temperatura ΔT [°C]	5	
ΔT_{eff} [°C]	Winter / inverno	Sommer / estate
	-16	16

Tabelle 1: Temperatureinwirkung

Der Temperaturgradient zeigt die Temperaturdifferenz zwischen der Innen- und der Außenoberfläche der Struktur.

4.1.2 Viscosità e ritiro del calcestruzzo G6

La deformazione dovuta al ritiro del calcestruzzo si calcola in base al paragrafo 11.2.10.6 delle NTC 2008.

Il valore di viscosità ϕ si calcola secondo le NTC 2008, capitolo 11.2.10.7.

Il coefficiente di viscosità ϕ si calcola ai sensi delle NTC 2008 par. 11.2.10.7, considerando la condizione tensionale derivante dalla combinazione di azioni permanenti.

Viscosità e ritiro del calcestruzzo comportano un cambiamento in lunghezza Δl (valore finale del ritiro), su cui deve essere basato il calcolo, in forma di diminuzione uniforme della temperatura.

Per tutte le sezioni con altezza maggiore di 25 cm e calcestruzzo con classe di resistenza C30/37 risulta una deformazione media per ritiro autogeno a tempo infinito pari a 0.27‰. Nel dimensionamento si è assunto il 50% del ritiro imposto dalla Normativa, simulabile mediante l'applicazione di un abbassamento uniforme della temperatura di -13.4 C°. Tale riduzione dovrà essere ottenuta, ad esempio, mediante l'utilizzo di un superfluidificante performante (tipo MasterGlenium della BASF), di inerti non calcarei e tramite l'aggiunta di un espansivo (tipo MasterLife SRA100 della BASF). Il sistema adottato dovrà essere verificato con prove preventive in cantiere.

Nella modellazione delle strutture interne, con particolare riferimento al paragrafo 4.1.1.1 dell'NTC08, si procede applicando un abbassamento uniforme della temperatura di -6.7° C agli SLU e di -8.9° C agli SLE.

4.1.3 Temperatura Q1

Per il dimensionamento delle strutture interne si considerano le azioni termiche, in conformità alla seguente tabella, secondo la distanza dall'imbocco, minore di 3 km.

Tabelle 1: Variazione termica

Il gradiente della temperatura indica la differenza di temperatura tra le superfici interna ed esterna della struttura.

4.1.4 Lüftung Q1

Für die Dimensionierung der Zwischendecke wird eine Sonderlast von $\pm 20 \text{ kN/m}^2$ (Szenario N) angenommen.

4.1.5 Nutzung Q2

Für die Dimensionierung der Zwischendecke ist eine wechselnde Last von -7.5 kN/m^2 angewendet worden EC1 6.3.2.1 prosp. C.3 cat. E1. Aus Konventionsgründen werden die nach oben wirkenden Lasten mit dem Zeichen +, und die nach unten wirkenden mit dem Zeichen – gekennzeichnet.

4.1.6 Brand A3

Gemäß den Vorschriften des MD 28/10/2005 Eisenbahntunnelsicherheit wird eine Standfestigkeit aller Werke angesichts der Temperatur-Zeitkurve laut UNI 11076 gewährleistet.

4.1.6.1 Temperatur-Zeitkurve im Tunnelbau [UNI 11076]

Die Feuerexposition wird mittels der Temperatur-Zeitkurve der Norm UNI 11076 beschrieben, die anschließend dargestellt, und im Rechnungsprogramm CPI win REI Calcolo verwendet wird.

4.1.4 Ventilazione Q1

Per il dimensionamento delle solette intermedie si è adottato un carico eccezionale pari a $\pm 20 \text{ kN/m}^2$ (scenario N).

4.1.5 Utilizzazione Q2

Per il dimensionamento delle solette intermedie si è adottato un carico variabile pari a -7.5 kN/m^2 come da EC1 6.3.2.1 prosp. C.3 cat. E1. Per convenzione si intendono agenti verso l'alto i carichi indicati con segno + e agenti verso il basso quelli con segno -.

4.1.6 Incendio A3

In accordo con le prescrizioni del DM 28/10/2005 Sicurezza gallerie ferroviarie viene garantita la stabilità di tutte le opere in considerazione della curva temperatura-tempo secondo la UNI 11076.

4.1.6.1 Curva della temperatura/tempo per tunnel [UNI 11076]

L'esposizione al fuoco viene descritta dalla curva della temperatura/tempo della normativa UNI 11076, di seguito riportata ed inserita nel programma di calcolo CPI win REI Calcolo.

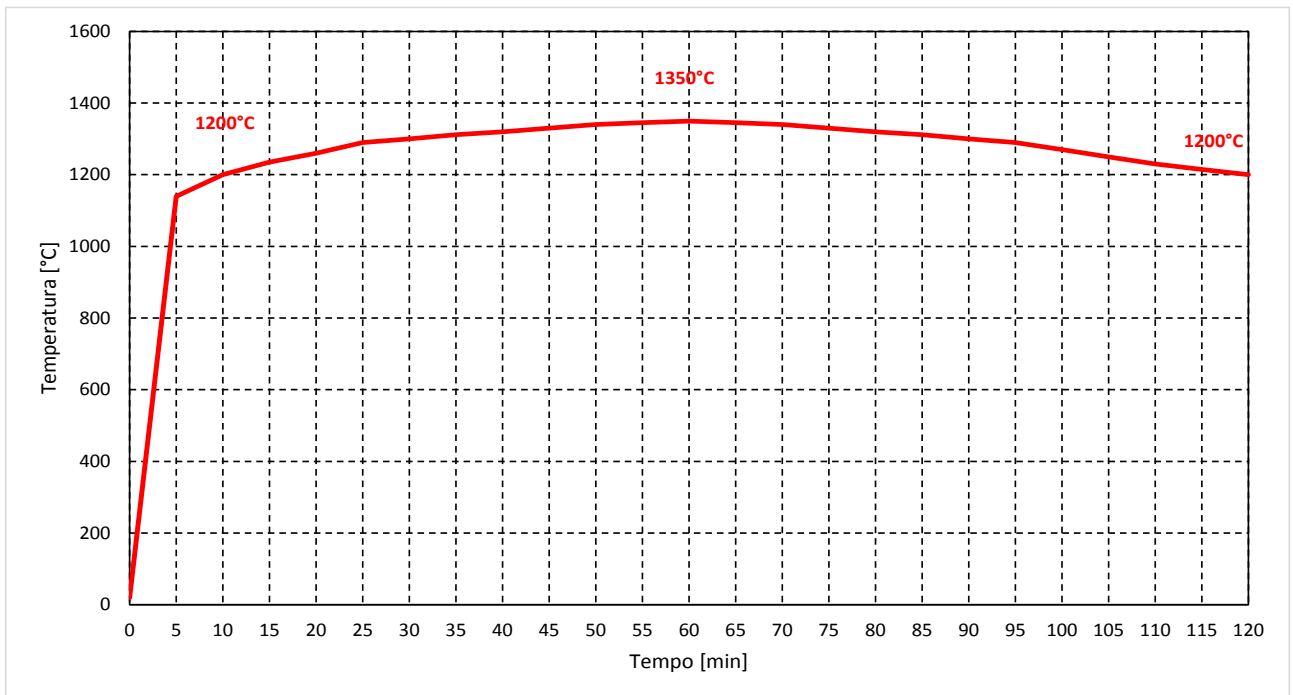


Abbildung 2: Temperatur-Zeitkurve

Illustrazione 2: Curva della temperatura/tempo

Tempo (min)	Temperatura (°C)
0	20
5	1140
10	1200
15	1235
20	1260
25	1290
30	1300
35	1312
40	1320
45	1330
50	1340
55	1345
60	1350
65	1345
70	1340
75	1330
80	1320
85	1312
90	1300
95	1290
100	1270
105	1250
110	1230
115	1215
120	1200

Tabelle 1: Temperaturwerte zu den verschiedenen Zeitpunkten

Tabella 1: Valori della temperatura nei diversi istanti temporali

4.1.6.2 Koeffizienten zur Bewertung der temperaturbedingten Festigkeitsminderung der Materialien

4.1.6.2 Coefficienti per la valutazione della diminuzione delle caratteristiche di resistenza dei materiali in funzione della temperatura

Laut Norm UNI EN 1992-1-2 wird die Materialfestigkeit durch Überhitzung gemindert, wie in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt:

In conformità alla UNI EN 1992-1-2 la resistenza dei materiali si riduce con l'aumento della temperatura, come rappresentato nelle figure seguenti:

- 1 Curva 1: calcestruzzo ordinario con aggregati silicei
- 2 Curva 2: calcestruzzo ordinario con aggregati calcarei

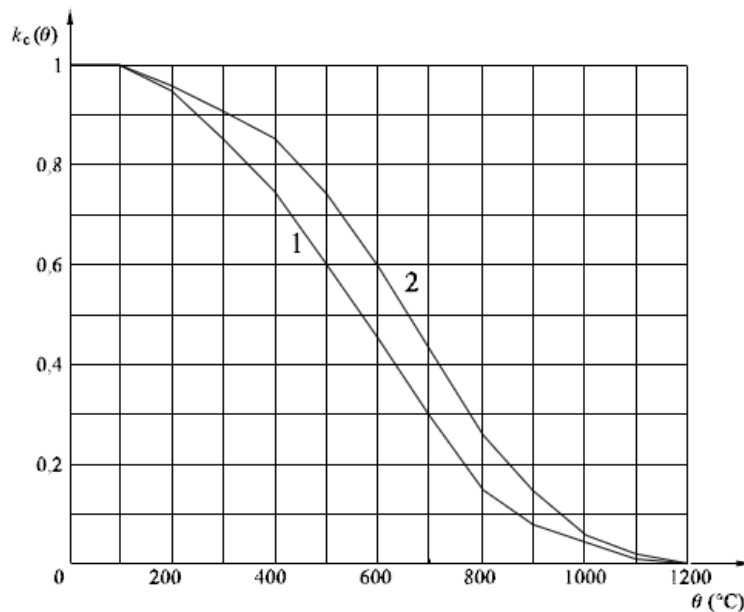


Abbildung 3: Koeffizient $k_c(\theta)$ und $k_{ct}(\theta)$ zur Bewertung der charakteristischen Festigkeitsminderung (f_{ck}) von Beton

Illustrazione 3: Coefficiente $k_c(\theta)$ per tener conto della diminuzione della resistenza caratteristica (f_{ck}) del calcestruzzo

- Curva 1 Armatura tesa (laminata a caldo) per deformazioni $\epsilon_{s,fi} \geq 2\%$
- Curva 2 Armatura tesa (trafilata a freddo) per deformazioni $\epsilon_{s,fi} \geq 2\%$
- Curva 3 Armatura compressa e tesa per deformazioni $\epsilon_{s,fi} < 2\%$

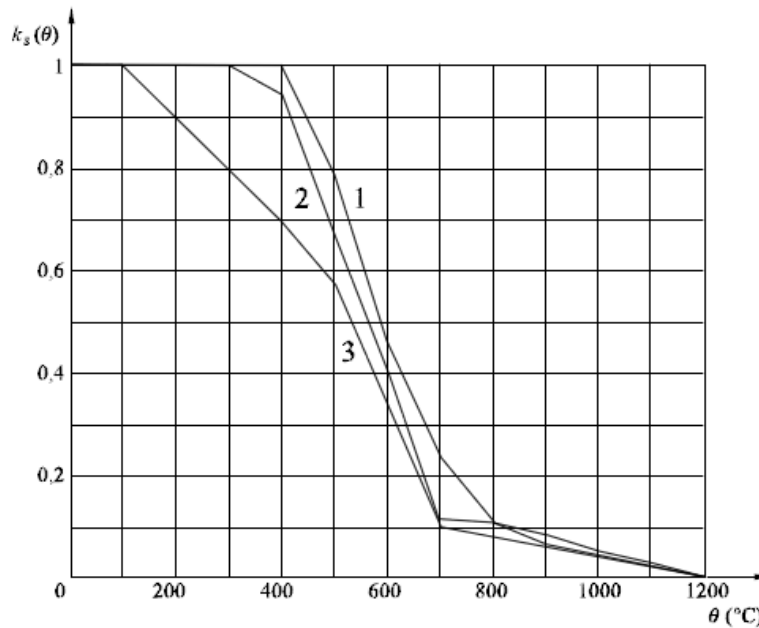


Abbildung 4: Koeffizient k_s (9) zur Bewertung der Minderung der charakteristischen Zug- und Druckfestigkeit (f_{yk}) von Stahlbeton Klasse N

Illustrazione 4: Coefficiente k_s (9) per tener conto della diminuzione della resistenza caratteristica (f_{yk}) a trazione e a compressione dell'armatura classe N.

4.2 NACHWEISVERFAHREN

Für den Nachweis des Grenzzustandes der Trag- und Gebrauchstauglichkeit der Zwischendecke sind die Lastfallkombinationen gemäß den Vorgaben im NTC2008, Abs. 2.5.3 berücksichtigt worden.

4.2.1 Grenzzustände der Tragfähigkeit (GZT) und Gebrauchstauglichkeit (GZG)

4.2.1.1 Kombinations- und Teilkoeffizienten der Sicherheit der Wirkungen

Die Kombinationen der zu analysierenden Wirkungen müssen, laut allen NTC 2008, mit den entsprechenden Kombinationskoeffizienten ψ berechnet werden. Im überprüften Fall werden folgende Werte verwendet:

4.2 VERIFICHE

Per la verifica allo stato limite ultimo ed allo stato limite di esercizio della soletta intermedia sono state considerate le combinazioni delle azioni in conformità delle prescrizioni del paragrafo 2.5.3 delle NTC2008.

4.2.1 Stati Limite Ultimi (SLU) e Stati Limite di Esercizio (SLE)

4.2.1.1 Coefficienti di combinazione e parziali di sicurezza per le azioni

Le combinazioni delle azioni da analizzare devono essere considerate, in conformità alle NTC 2008, con i relativi coefficienti di combinazione ψ , nel caso in esame si adottano i seguenti valori:

Gefahren-Szenario / Scenario Di Pericolo	Nachweis-Verfahren / Verifica	Eigengewicht / Peso Proprio	Wechselast (Auslastung) / Carichi Variabili (Utilizzazione)	Lüftungs-Druck (Ausnahme) / Pressione Ventilazione (Eccezionale)
Lüftung / Ventilazione	SLU	$\gamma_g = 1.00$	-	$\gamma_a = 1.00$
Brand/ Incendio	SLU	$\gamma_g = 1.00$	-	-
Auslastung / Utilizzazione	SLU	$\gamma_g = 1.35$	$\gamma_q = 1.50$	-
	SLE (FREQUENTE)	$\gamma_g = 1.00$	$\gamma_q = 1.00$	-

Tabelle 2: Kombinations- und Teilkoeffizienten der Sicherheit der Wirkungen

Tabella 2: Coefficienti di combinazione e parziali di sicurezza per le azioni

4.2.1.2 Teilsicherheitskoeffizienten der Festigkeit

Die Teilsicherheitsfaktoren der Festigkeit bei einer ständigen und vorübergehenden Bemessungssituation sind, wie mit BBT SE vereinbart, wie folgt zu betrachten, unter Berücksichtigung einer Bauwerklebensdauer von 200 Jahren:

Stahlbeton

- Teilsicherheitskoeffizient für den Betonfestigkeit $Y_c = 1,60$
- Minderungsbeiwert zur Berücksichtigung der Langzeitwirkung der Betondruckfestigkeit: $\alpha_{cc} = 0,85$
- Teilsicherheitskoeffizient für Stahlfestigkeit $Y_s = 1,20$

Für die Überprüfungen der außergewöhnlichen Bemessungssituation sind die Teilsicherheitsfaktoren mit $Y_c = 1,20$ und $Y_s = 1,00$ zu berücksichtigen. Der Minderungsbeiwert der Betondruckfestigkeit α bleibt unverändert.

4.2.1.3 Nachweis auf Biegung und Druck

Die Bemessung des Stahlbetons erfolgt gemäß den Vorgaben des NTC2008, Abs. 4.1.2.1.2.

4.2.1.4 Nachweis Querkraft

Die Bemessung des Stahlbetons erfolgt gemäß den Vorgaben des NTC2008, Abs. 4.1.2.1.3.

4.2.1.5 Ermittlung der Schnittgrößen und Verformungen

Die Ermittlung der Systemverformung erfolgt im GZG unter Berücksichtigung der Kombinationsregeln mit den charakteristischen Einwirkungen sowie den entsprechenden Kombinationsbeiwerten.

4.2.1.6 Begrenzung der Rissbreiten

Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ist für die maßgebenden Lastfallkombinationen unter Berücksichtigung der Teilsicherheitsfaktoren und Minderungsfaktoren ψ die maximale Rissweite w_{kal} unter Berücksichtigung der NTC2008 nachzuweisen. Die zulässige Rissbreite für Normalbeton ohne besondere Anforderung der Dichtigkeit oder bei Vorhandensein einer Abdichtung ist auf $w_{kal} \leq 0,3$ mm zu begrenzen.

Bei besonderer Anforderung an die Dichtigkeit der Betoninnenschale oder bei aggressiven oder sehr aggressiven Umgebungsbedingungen ist die maximale Rissweite auf $w_{kal} \leq 0,2$ mm zu begrenzen.

4.2.1.2 Coeffizienti parziali di sicurezza per le resistenze

I coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze in fase permanente e temporanea vanno considerati, come concordato con BBT SE, come segue tenendo conto della vita utile dell'opera di 200 anni:

Calcestruzzo armato

- Coefficiente parziale di sicurezza per la resistenza del calcestruzzo $Y_c = 1,60$
- Coefficiente riduttivo della resistenza a compressione del calcestruzzo di lunga durata: $\alpha_{cc} = 0,85$
- Coefficiente parziale di sicurezza Y_s per la resistenza dell'acciaio $Y_s = 1,20$

Per le verifiche nella situazione di dimensionamento eccezionale i fattori parziali di sicurezza devono essere considerati con $Y_c = 1,20$ e $Y_s = 1,00$. Il coefficiente di riduzione della resistenza a compressione del calcestruzzo α resta invariato.

4.2.1.3 Verifica a pressoflessione

Per il calcestruzzo armato il calcolo segue le indicazioni delle NTC2008, par. 4.1.2.1.2.

4.2.1.4 Verifica a taglio

Per il calcestruzzo armato il calcolo segue le indicazioni delle NTC2008, par. 4.1.2.1.3.

4.2.1.5 Calcolo delle deformazioni

Il calcolo delle deformazioni del sistema si esegue allo SLE in considerazione delle regole di combinazione con i carichi caratteristici e dei relativi coefficienti di combinazione.

4.2.1.6 Limitazione dello spessore delle fessure

In considerazione delle NTC2008, si controlla allo SLE lo spessore massimo delle fessure w_{kal} per le combinazioni di carico rilevanti, in considerazione dei fattori parziali di sicurezza e dei coefficienti di riduzione ψ . La larghezza delle fessure ammessa per il cls normale senza particolari requisiti di spessore o in presenza di impermeabilizzazione è limitata a $w_{kal} \leq 0,3$ mm.

In caso di particolari requisiti di spessore del rivestimento interno o di condizioni ambientali aggressive o molto aggressive la larghezza massima è limitata a $w_{kal} \leq 0,2$ mm.

4.3 ERGEBNISSE

4.3.1 Grenzzustände der Tragfähigkeit (GZT)

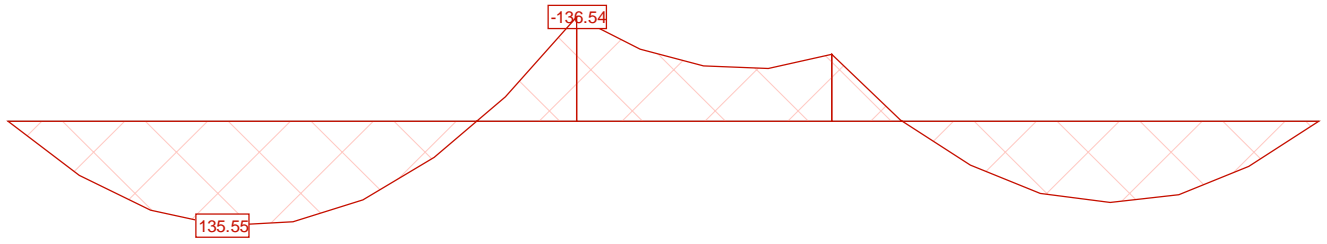


Abbildung 5: $M_{\text{SLU-Lüftung}}$

4.3 RISULTATI

4.3.1 Sollecitazioni Stati Limite Ultimi (SLU)

Illustrazione 5: $M_{\text{SLU-VENTILAZIONE}}$

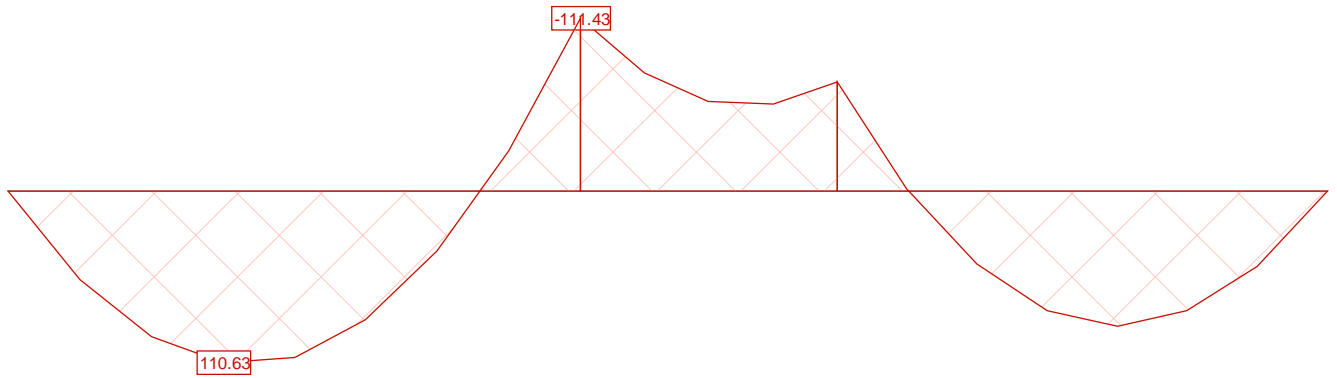


Abbildung 6: $M_{\text{SLU-Auslastung}}$

Illustrazione 6: $M_{\text{SLU-UTILIZZAZIONE}}$

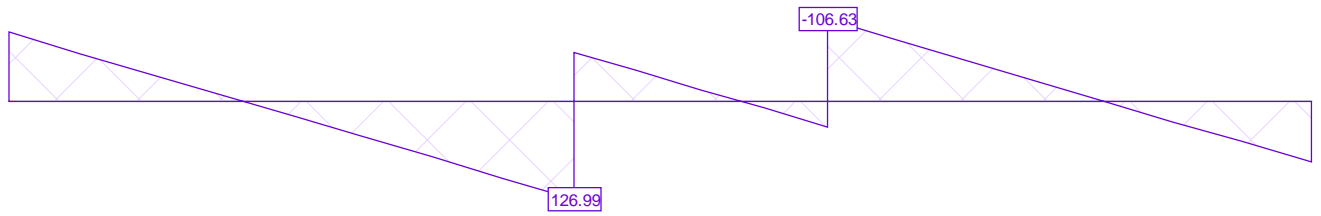


Abbildung 7: $V_{\text{SLU-Maximum}}$

Illustrazione 7: $V_{\text{SLU-MASSIMO}}$

4.3.2 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG)

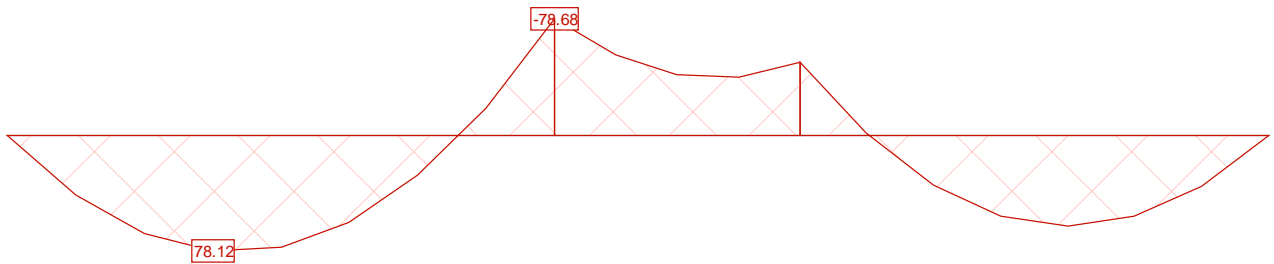


Abbildung 8: M_{SLE} - häufige Auslastung

4.3.2 Sollecitazioni Stati Limite d'Esercizio (SLE)

Illustrazione 8: M_{SLE} - UTILIZZAZIONE FREQUENTE

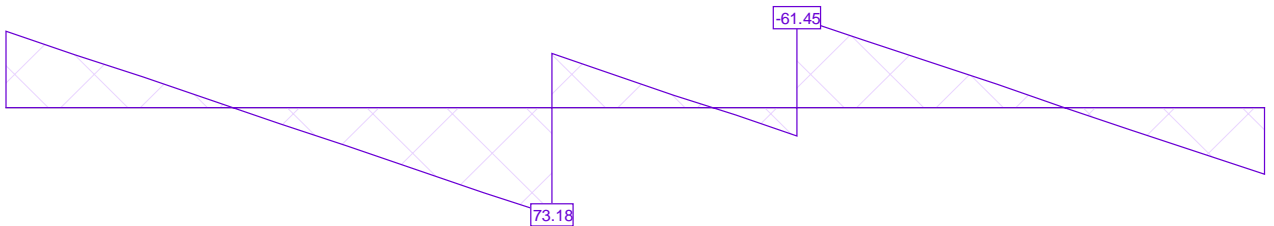


Abbildung 9: V_{SLE} - häufige Auslastung

Illustrazione 9: V_{SLE} - UTILIZZAZIONE FREQUENTE

4.3.3 Brandlast (GZT)

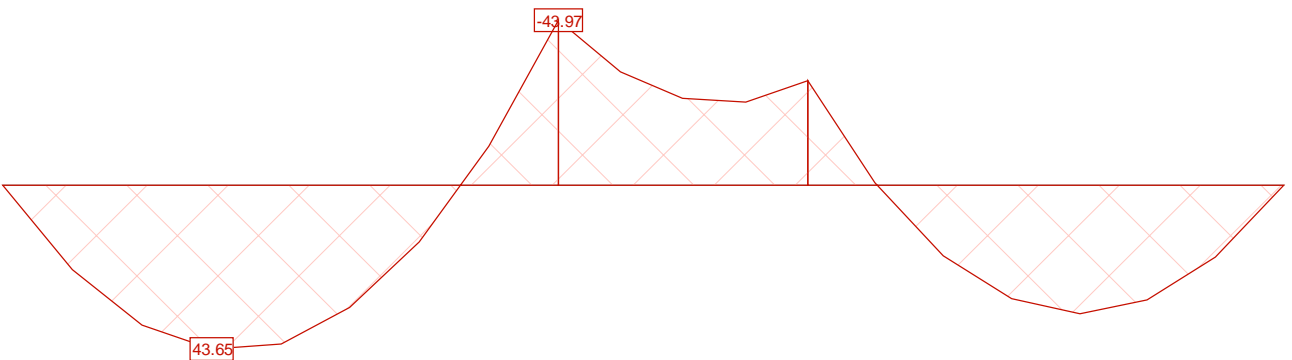


Abbildung 10: $M_{SLU-Brand}$

4.3.3 Sollecitazioni incendio (SLU)

Illustrazione 10: $M_{SLU-INCENDIO}$

4.4 NACHWEISVERFAHREN

4.4.1 Prüfungen der Grenzzustände der Tragfähigkeit

4.4.1.1 Prüfung auf Biegung

Unter Berücksichtigung von 2 cm Toleranz überprüft man einen Querschnitt von 100x38 cm statt 100x40 cm mit Bewehrungseisen $\phi 18/15$ und Abstandhalter $\phi 12/15$, netto Betondeckung 5 cm.

In der Anlage 1 wird die Querschnittsprüfung auf Biegung der Grenzzustände der Tragfähigkeit aufgezeigt.

4.4.1.2 Prüfung auf Querkraft

In der Anlage 2 wird die Querschnittsprüfung auf Querkraft der Traggrenzzustände des Querschnitts von 100x38 cm aufgezeigt.

4.4.2 Prüfungen der Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

4.4 VERIFICHE

4.4.1 Verifiche Stati Limite Ultimi

4.4.1.1 Verifica a flessione

Tenuti conto dei 2 cm di tolleranza si verifica una sezione 100x38 cm, invece della sezione 100x40 cm, armata simmetricamente con barre principali $\phi 18/15$ e ripartitori $\phi 12/15$, copriferro netto 5 cm.

Nell'Allegato 1 si riporta la verifica della sezione a flessione agli Stati Limite Ultimi.

4.4.1.2 Verifica a taglio

Nell'Allegato 2 si riporta la verifica della sezione a taglio agli Stati Limite Ultimi della sezione pari a 100x38 cm.

4.4.2 Verifiche Stati Limite d'Esercizio

Nell'Allegato 3 si riporta la verifica della sezione a flessione

In der Anlage 3 wird die Querschnittsprüfung auf Biegung der Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit aufgezeigt.

4.4.3 Prüfungen auf Rissbildung

In der Anlage 4 wird die Prüfung auf Rissbildung aufgezeigt.

4.4.4 Prüfungen auf Verformung

Anschließend wird die Prüfung auf elastische sowie auf viskose Verformung gezeigt.

Wie im Absatz C.4.1.2.2.2 des Rundschreibens der NTC2008 ist der Grenzwert 1/250 der Spannweite.

$$7350\text{mm}/250 = 29.4 \text{ mm}$$

Elastische Verformung:

b =	1000	mm
h =	380	mm
q =	17.5	kN/m
L =	7350	mm
E =	33000	N/mm ²
J =	4572666667	mm ⁴
f =	2.52	mm

Viskose Verformung:

Im Falle von viskoser Verformung wird das elastische Modul laut UNI EN 1992-1-1 Absatz 7.4.3 mit der Formel 7.20: reduziert

$$E_{c,eff} = E_{cm}/(1+\phi^\infty, t_0)$$

Wenn man ein t_0 von 7 Tagen und eine relative Feuchtigkeit von 75% berücksichtigt erhält man von der Tabelle 11.2.VI der NTC2008 einen ϕ Wert von 2.5.

b =	1000	mm
h =	380	mm
q =	17.5	kN/m
ϕ =	2.5	
L =	7350	mm
E =	9429	N/mm ²
J =	4572666667	mm ⁴
f =	9.24	mm

In beiden Fällen ist der Pfeil tiefer als der Grenzpfel.

4.4.5 Brandnachweis (GZT)

agli Stati Limite di Esercizio.

4.4.3 Verifiche a fessurazione

Nell'allegato 4 si riporta la verifica a fessurazione.

4.4.4 Verifica di deformabilità

Nel seguito si esegue la verifica di deformabilità sia in fase elastica che viscosa.

Come indicato nel paragrafo C.4.1.2.2.2 della circolare delle NTC2008 il limite è pari a 1/250 della luce.

$$7350\text{mm}/250 = 29.4 \text{ mm}$$

Deformazione elastica:

b =	1000	mm
h =	380	mm
q =	17.5	kN/m
L =	7350	mm
E =	33000	N/mm ²
J =	4572666667	mm ⁴
f =	2.52	mm

Deformazione viscosa:

Nel caso di deformazione viscosa il modulo elastico viene ridotto secondo UNI EN 1992-1-1 paragrafo 7.4.3 con la formula 7.20:

$$E_{c,eff} = E_{cm}/(1+\phi^\infty, t_0)$$

Considerando un t_0 pari a 7 giorni ed un'umidità relativa pari a 75% si ottiene dalla tabella 11.2.VI delle NTC2008 un ϕ del valore di 2.5.

b =	1000	mm
h =	380	mm
q =	17.5	kN/m
ϕ =	2.5	
L =	7350	mm
E =	9429	N/mm ²
J =	4572666667	mm ⁴
f =	9.24	mm

In entrambi i casi la freccia è inferiore alla freccia limite.

4.4.5 Verifica incendio (SLU)

In der Anlage 5 werden die Nachweise für die Brandlast aufgezeigt.

5 VERANKERUNGEN

Das Verankerungssystem, das zur Verhinderung der Wölbung der Innenschalungen gedacht worden ist, besteht aus Stahlstiften die auf Querkraft arbeiten und in der Kalotte auf der Höhe der Seitenschalungen betoniert sind.

Diese Elemente ermöglichen alle Bewegungen innerhalb der Schalungsoberfläche (X,Y Richtungen), aber nicht die Bewegungen senkrecht zur eigenen Oberfläche (Z Richtung). Die Anwendung dieses Systems ermöglicht es, dass das Element statisch bestimmt ist, und so können die Auswirkungen von Temperatur und Schwinden vernachlässigt werden.

Die Höchstreaktion zur Abstützung ist 89.07 kN, daher werden Stifte des Typs HSD-CRT134V eingesetzt, seitlich des Elements werden 3 ϕ 12 links und 3 ϕ 12 rechts verteilt, insgesamt 6 ϕ 12.

Hinsichtlich der Brandfestigkeit werden die Querkraft-Stifte mit eine Hülse ausgestattet, außerdem da sie senkrecht zur Schalung angebracht sind ist die Temperatur, die diese Elemente erreichen auf alle Fälle niedriger als die der statischen Bewehrung. Aus diesen Gründen betrachtet man die Stiftbemessung nicht für problematisch hinsichtlich der Brandwirkung.

Nell'Allegato 5 si riportano le verifiche per la condizione di carico da incendio.

5 ANCORAGGI

Il sistema di ritegno pensato per evitare il sollevamento delle solette intermedie è costituito da degli spinotti in acciaio inox lavoranti a taglio inseriti in getto nella calotta, in corrispondenza delle facce laterale delle solette.

Tali elementi permettono tutti gli spostamenti interni al piano della soletta (direzione X,Y) ma non quelli perpendicolari al proprio piano (direzione Z). L'adozione di tale sistema permette di mantenere l'isostaticità dell'elemento, consentendo di trascurare gli effetti di temperatura e ritiro.

La reazione massima all'appoggio è pari a 89.07 kN, quindi si adottano spinotti tipo HSD-CRT134V, ai lati dell'elemento si disporranno 3 ϕ 12 a sinistra e 3 ϕ 12 a destra per un totale di 6 ϕ 12.

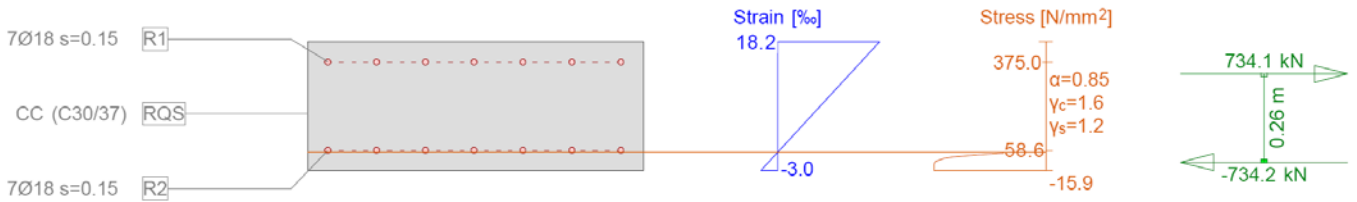
Per quanto riguarda la resistenza antincendio, gli spinotti a taglio saranno provvisti di guaina intumescente, inoltre, essendo posizionati in asse allo spessore della soletta, le temperature raggiunte da tali elementi sono comunque inferiori a quelle dall'armatura statica. Per questi motivi non si reputa problematica l'azione incendio in ambito di dimensionamento degli spinotti.

ANLAGE 1

ALLEGATO 1

Cross-section 380X1000 (C30/37;B450C): Efficiency $M_y = -136.5$; $eff(M,N) = 0.71$ OK

Scale 1 :23.5



Cross-section 380X1000 (C30/37;B450C): Efficiency $M_y = 135.5$; $eff(M,N) = 0.70$ OK

Scale 1 :23.4

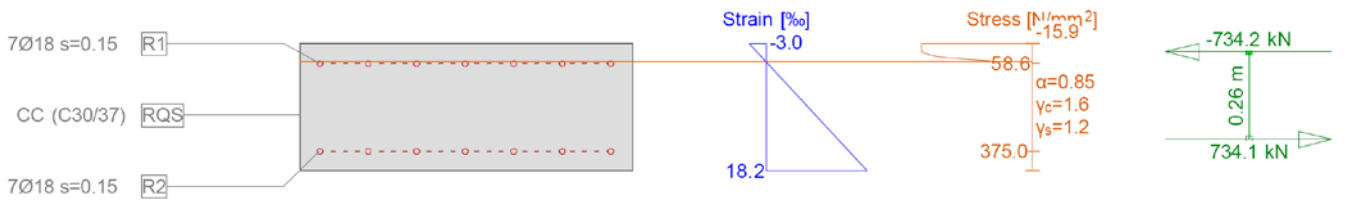
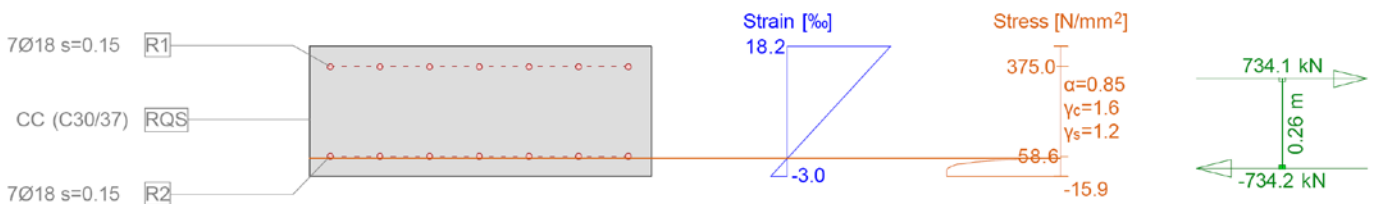


Abbildung 11: Nachweis auf Biegung bei außergewöhnlichen Belüftungslast (GZT)

Illustrazione 11: Verifica a flessione carico di ventilazione eccezionale (SLU)

Cross-section 380X1000 (C30/37;B450C): Efficiency $M_y = -111.4$; $eff(M,N) = 0.58$ OK

Scale 1 :23.5



Cross-section 380X1000 (C30/37;B450C): Efficiency $M_y = 110.6$; $eff(M,N) = 0.58$ OK

Scale 1 :23.5

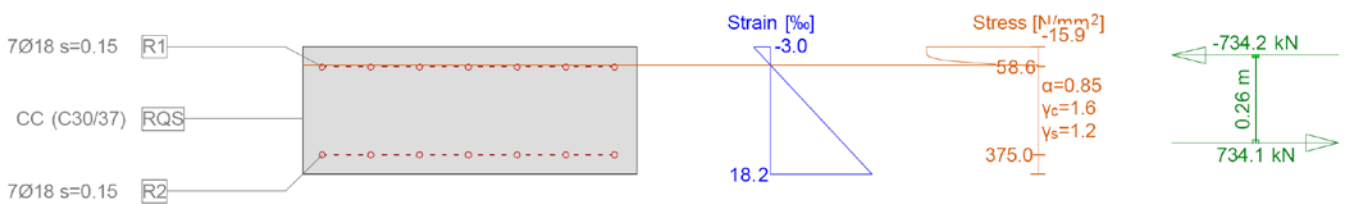


Abbildung 12: Nachweis auf Biegung bei Gebrauchslast (GZT)

Illustrazione 12: Verifica a flessione carico di utilizzazione (SLU)

ANLAGE 2

ALLEGATO 2

VERIFICA A TAGLIO SECONDO NTC2008 Art. 4.1.2.1.3.1

Verifica sezione senza armatura a taglio

f_{ck}	=	30.00	MPa	Resistenza caratteristica a compressione cilindrica
k	=	1.789		Coefficiente
h	=	380	mm	Altezza geometrica della sezione
d	=	321	mm	Altezza statica della sezione
A_s	=	1'696	mm ²	Area di armatura longitudinale
ρ_1	=	0.00528		Percentuale di armatura
N_{Ed}	=	0	kN	Azione assiale di progetto
A_c	=	321'000	mm ²	Area della sezione di calcestruzzo
α_{cc}	=	0.85		Coefficiente per carichi di lunga durata
σ_{cp}	=	0.00	MPa	Sforzo di compressione agente
b_w	=	1'000	mm	Larghezza sezione collaborante
V_{Rd1}	=	162.33	kN	
$V_{Rd2}(v_{min})$	=	147.29	kN	
V_{Rd}	=	162.33	kN	
V_{Ed}	=	126.99	kN	
$V_{Rd} > V_{Ed}$ VERIFICA SODDISFATTA				

Tabelle 3: Prüfung auf Querkraft

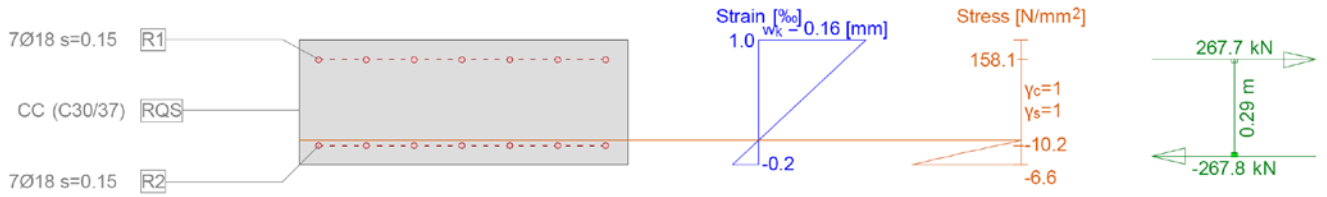
Tabella 3: Verifica a taglio

ANLAGE 3

ALLEGATO 3

Cross-section 380X1000 (C30/37;B450C): Stress analysis with given forces $M_y = -78.7$;

Scale 1 :23.5



Cross-section 380X1000 (C30/37;B450C): Stress analysis with given forces $M_y = 78.1$;

Scale 1 :23.5

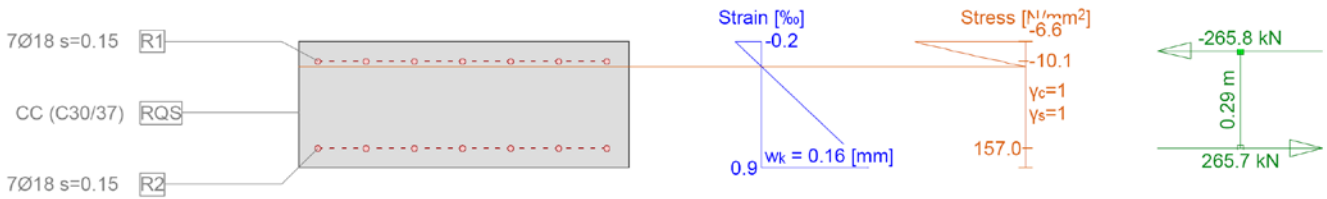


Abbildung 13: Nachweis auf Biegung und Rissbildung bei häufiger Gebrauchslast (GZG)

Illustrazione 13: Verifica a flessione e fessurazione carico di utilizzazione frequente (SLE)

Stress analysis Cross section (Girder): 380X1000

Action forces

No.	AP	P	Bending and axial force			Shear forces and torsion			Remarks
			N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	V _y [kN]	V _z [kN]	T [kNm]	
1	!SLS		0	-78.7	-				

- : Calculation with uniaxial bending (neutral axis is horizontal)!!

Analysis-Parameters "ISLS"

ID	σ-ε-Diagram			Strain Limits			σ _s [N/mm ²]	Partial factors			Various parameters	
	c	s		ε _{c1d} [‰]	ε _{c2d} [‰]	ε _{ud} [‰]		γ _c [-]	γ _s [-]	α [-]	φ [-]	
!SLS	2/0	1					200.0	1.00	1.00	45.00	0	

α : Inclination of diagonal in compression

φ : Creep coefficient

Extreme stresses and strain

Name	Class	y _q [m]	z _q [m]	ε [‰]	σ _d [N/mm ²]	γ [-]
RQS	C30/37	-0.50	0	-0.2	-6.6	1.00
RQS	C30/37	0.50	0.38	1.0	0	1.00
R2	B450C	-0.44	0.06	-0.0	-10.2	1.00
R1	B450C	-0.44	0.32	0.8	158.1	1.00

Stresses and strain during the last iterations step

Internal forces			Strain and Curvature			Stiffness Values		
N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	ε _x [‰]	χ _y [km ⁻¹]	χ _z [km ⁻¹]	N/ε _x [kN]	M _y /χ _y [kNm ²]	M _z /χ _z [kNm ²]
-0.0	-78.7	1.0	0.4	-3.1	0	100.72	25111.57	* 2.351E+5

* : Tangent stiffness

Crack verification

Text	Value	Text	Value
Basic principles	EN 1992-1-1 7.3		
Cross section			
h	380.0 mm	Compression zone (cracked) x _c	74.8 mm
d	321.0 mm	h-d	59.0 mm
Cover c	50.2 mm	h _{c,eff}	101.7 mm
A _{c,eff} Tension surface	101719 mm ²	= Min[2.5 (h-d); (h-x)/3; h/2]	
Concrete		Additional parameters	
E _c	33600.0 N/mm ²	Duration of load k _t	0.40
α _e (E _s /E _c)	6.10	Bond properties k ₁	0.800
Creep coefficient φ	0	Distribution of strain k ₂	0.500
f _{ctm}	2.9 N/mm ²	k ₃	3.400
f _{ct,eff}	2.9 N/mm ²	k ₄	0.425
Reinforcement		Results	
E _s	205000.0 N/mm ²	Moment	-78.7 kNm
A _s (in tension surface)	1693 mm ²	Stress in reinforcement σ _s	158.1 N/mm ²
Diameter Ø _{eq}	17.5 mm	ε _{sm} -ε _{cm} (7.9)	0.46 o/o
ρ _{eff}	1.664 o/o	Crack spacing s _{r,max} (7.11)	0.35 m
		Crack width w _k (7.8)	0.16 mm

Tabelle 4: Nachweis auf Rissbildung (GZG)

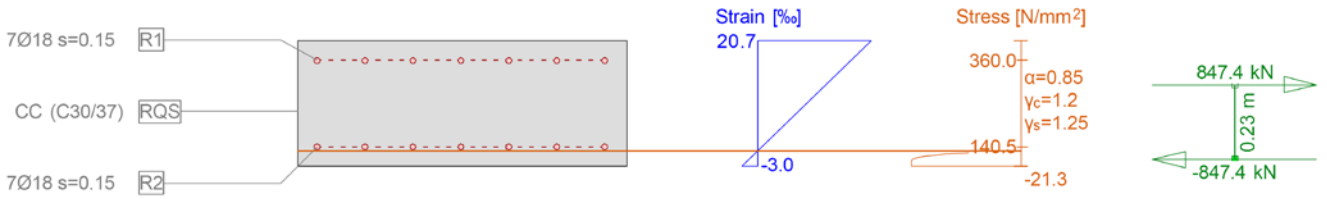
Tabella 4: Verifica a fessurazione (SLE)

ANLAGE 5

ALLEGATO 5

Cross-section 380X1000 (C30/37;B450C): Efficiency $M_y = -44.0$; $eff(M,N) = 0.23$ OK

Scale 1 :23.5



Cross-section 380X1000 (C30/37;B450C): Efficiency $M_y = 43.7$; $eff(M,N) = 0.23$ OK

Scale 1 :23.4

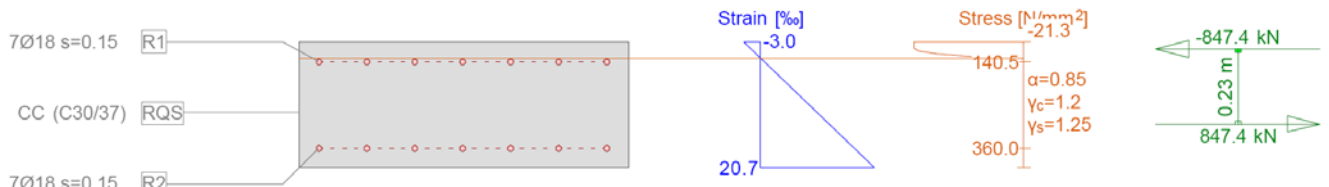


Abbildung 14: Nachweis auf Biegung durch Brandlast (GZT)

Illustrazione 14: Verifica a flessione carico da incendio (SLU)

ANHANG 2 - ZWISCHENWÄNDE

Der Anhang 2 gibt die abschnittswise Nachweise der GZT und GZG an den Scheidewänden innerhalb des CT5 wieder.

APPENDICE 2 – PARETI DI SEPARAZIONE

L'appendice 2 contiene le verifiche sezionali allo SLU e SLE svolte sulle pareti di separazione all'interno del CT5.

1 EINFÜHRUNG

Der vorliegende Anhang betrifft die Bemessung der Scheidewände unterhalb der Zwischenwand, die in CT5 vorgesehen ist.

Die Struktur weist eine maximale Höhe von 4.9 m auf, wie in der nachfolgenden Abbildung ersichtlich ist. Die Scheidewand wird wie ein Träger mit Einspannung und Auflager modelliert. Zugunsten der Sicherheit wurde für die statische Bemessung die axiale Last durch die Zwischendecke nicht berücksichtigt.

1 INTRODUZIONE

La presente appendice tratta il dimensionamento dei setti sottostanti la soletta intermedia prevista nel CT5.

La struttura ha una altezza massima di 4.9 m, come illustrato nella seguente figura. Il setto è modellato come una trave con incastro e appoggio. A favore di sicurezza non è considerato per il dimensionamento statico il carico assiale dovuto alla soletta intermedia.

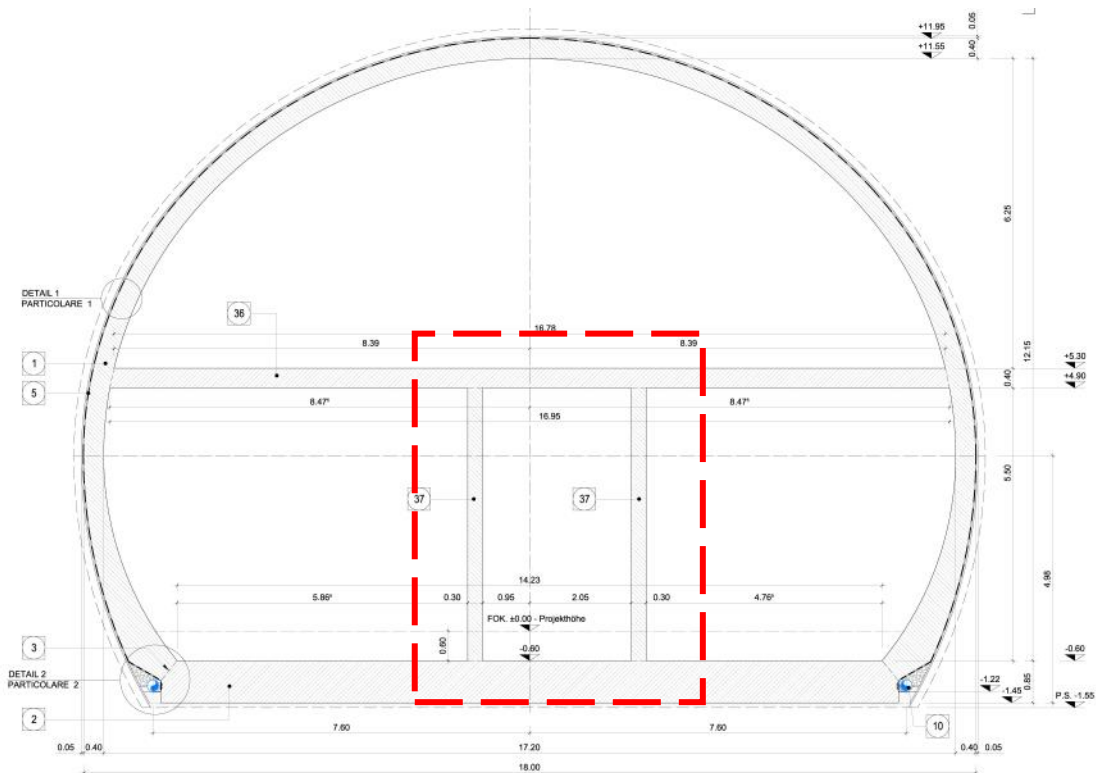


Abbildung 15: Darstellung der Scheidewände der Zwischendecke

Illustrazione 15: Rappresentazione dei setti della soletta intermedia

2 NORMEN UND RICHTLINIEN

2 NORMATIVA

- [10] D.M. Infr. e Trasp. 28 ottobre 2005, "Sicurezza nelle gallerie ferroviarie. Analisi dei rischi - Misure di prevenzione e protezione - Approvazione dei progetti".
- [11] NTC 2008 del 14 gennaio 2008, "Norme tecniche delle Costruzioni D. Min. Infrastrutture".
- [12] UNI EN 1992-1-1:2005 "Progettazione delle strutture in calcestruzzo Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici"
- [13] UNI EN 1992-1-2:2005 "Progettazione delle strutture in calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio"
- [17] UNI 11076 del 1 luglio 2003, "Modalità di prova per la

- [14] D.M. Infr. e Trasp. 28 ottobre 2005, "Sicurezza nelle gallerie ferroviarie. Analisi dei rischi - Misure di prevenzione e protezione - Approvazione dei progetti".
- [15] NTC 2008 del 14 gennaio 2008, "Norme tecniche delle Costruzioni D. Min. Infrastrutture".
- [16] UNI EN 1992-1-1:2005 "Progettazione delle strutture in calcestruzzo Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici"
- [17] UNI EN 1992-1-2:2005 "Progettazione delle strutture in calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio"
- [18] UNI 11076 del 1 luglio 2003, "Modalità di prova per la

valutazione del comportamento di protettivi applicati a soffitti di opere sotterranee, in condizioni di incendi".

valutazione del comportamento di protettivi applicati a soffitti di opere sotterranee, in condizioni di incendi".

3 MATERIALIEN

3.1 BETON

Für die Dimensionierung der Decke ist in der Regel ein Beton der Festigkeitsklasse C30/37 mit folgenden Eigenschaften zu berücksichtigen:

$$E_{cm} = 33000 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

Hierbei sind:

- E_{cm} ist der Mittelwert des Sekanten Elastizitätsmoduls
- f_{ck} ist die charakteristische Druckfestigkeit des Betons nach 28 Tagen

3.2 BEWEHRUNGSSTAHL

Für die Dimensionierung der Decke wird Baustahl des Typs B450C verwendet:

$$E_s = 210000 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$$

Hierbei ist:

- E_s ist das Elastizitätsmodul
- f_{yk} – charakteristischer Wert der Streckgrenze des Betonstahls

4 BERECHNUNGSMODELL

Für die Berechnung wurde angenommen, dass diese Element nur die Beanspruchungen durch die Druck- und Absaugelast im Tunnel erfährt. Die Modellierung wurde unter Verwendung des Computerprogramms STATIK 6 durchgeführt, während die Kontrollen geschnitten Programm wurde verwendet FAGUS 6, beide CUBUS AG.

4.1 BELASTUNGSANALYSE

Anschließend werden die zu benutzenden Einwirkungen festgelegt zur Dimensionierung der Innenschale.

4.1.1 Eigengewicht G1

Die für die Berechnung des Eigengewichts verwendete Querschnittsfläche pro Tunnelmeter basiert auf den Realmaßen der Konstruktion.

3 MATERIALI

3.1 CALCESTRUZZO

Per il dimensionamento della soletta si considera un calcestruzzo con classe di resistenza C30/37 con le seguenti caratteristiche:

$$E_{cm} = 33000 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

Dove:

- E_{cm} è il valore medio del modulo elastico secante
- f_{ck} è la resistenza caratteristica a compressione dello calcestruzzo a 28 giorni

3.2 ACCIAIO DA ARMATURA

Per il dimensionamento della soletta si utilizza l'acciaio tipo B450C:

$$E_s = 210000 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$$

dove:

- E_s è il modulo elastico
- f_{yk} è la tensione caratteristica di snervamento acciaio per cemento armato

4 MODELLO DI CALCOLO

Per ipotesi di calcolo tale elemento riprende unicamente le sollecitazioni provenienti dal carico dovuto alla pressione e aspirazione nella galleria. La modellazione è avvenuta mediante il programma di calcolo STATIK 6, mentre per le verifiche sezionati è stato utilizzato il programma FAGUS 6, entrambi della CUBUS AG.

4.1 ANALISI DEI CARICHI

In seguito si definiscono le azioni da utilizzare nel dimensionamento della soletta intermedia

4.1.1 Peso proprio G1

Il volume utilizzato per il calcolo del peso proprio si basa sulle dimensioni effettive della struttura.

Das spezifische Eigengewicht des Stahlbetons ist mit $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ zu berücksichtigen.

4.1.2 Kriechen und Schwinden des Betons G6

Das Schwindmaß des Betons wird gemäß NTC 2008 Kap. 11.2.10.6 ermittelt.

Die Kriechzahl ϕ wird gemäß NTC 2008 Kap. 11.2.10.7 ermittelt.

Die Kriechzahl ϕ wird gemäß dem NTC 2008 Kap. 11.2.10.7 unter Berücksichtigung des Spannungszustandes aus einer Einwirkungskombination ständiger Lasten ermittelt.

Kriechen und Schwinden des Betons bewirken eine Längenänderung Δl (Endschwindmaß), auf welche die Berechnung in Form einer gleichmäßigen Temperaturabkühlung gründet.

Für alle Abschnitte die höher als 25 cm sind und aus Beton C30/37 bestehen, ergibt sich eine Durchschnittsverformung durch autogenes zeitlich unendliches Schwinden von 0.27‰. Bei der Bemessung wurde gemäß Norm 50% des Schwindens angenommen, was durch eine gleichmäßige Temperaturabkühlung von -13.4°C simulierbar ist. Diese Abkühlung muss, z. B., mittels Einsatz eines funktionstüchtigen Superverflüssigungsmittels (Typ MasterGlenium von BASF), nicht-kalkhaltigen Zuschlagstoffen und Zugabe eines Expansionsmittels (Typ MasterLife SRA100 von BASF) bewirkt werden. Das angewandte System muss auf der Baustelle durch Eignungsprüfungen nachgewiesen werden.

Bei der Modellierung der Innenschale, insbesondere bezüglich Absatz 4.1.1.1 des NTC08, wendet man eine gleichmäßige Temperaturabkühlung von -6.7°C für den GZT und von -8.9°C für den GZG an.

4.1.3 Temperatur Q1

Zur Dimensionierung der Innenstrukturen werden die Temperatureinwirkungen, laut folgender Tabelle, entsprechend dem Abstand zum Portal, unter 3 km berücksichtigt.

□

Abstand Portal / Distanza dall'imbocco [km]	< 3,0	
Temperaturgradient / gradiente della temperatura ΔT [$^\circ\text{C}$]	5	
ΔT_{eff} [$^\circ\text{C}$]	Winter / inverno	Sommer / estate
	-16	16

Tabelle 1: Temperatureinwirkung

Der Temperaturgradient zeigt die Temperaturdifferenz zwischen der Innen- und der Außenoberfläche der Struktur.

Il peso specifico del calcestruzzo viene assunto pari $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$.

4.1.2 Viscosità e ritiro del calcestruzzo G6

La deformazione dovuta al ritiro del calcestruzzo si calcola in base al paragrafo 11.2.10.6 delle NTC 2008.

Il valore di viscosità ϕ si calcola secondo le NTC 2008, capitolo 11.2.10.7.

Il coefficiente di viscosità ϕ si calcola ai sensi delle NTC 2008 par. 11.2.10.7, considerando la condizione tensionale derivante dalla combinazione di azioni permanenti.

Viscosità e ritiro del calcestruzzo comportano un cambiamento in lunghezza Δl (valore finale del ritiro), su cui deve essere basato il calcolo, in forma di diminuzione uniforme della temperatura.

Per tutte le sezioni con altezza maggiore di 25 cm e calcestruzzo con classe di resistenza C30/37 risulta una deformazione media per ritiro autogeno a tempo infinito pari a 0.27‰. Nel dimensionamento si è assunto il 50% del ritiro imposto dalla Normativa, simulabile mediante l'applicazione di un abbassamento uniforme della temperatura di -13.4°C . Tale riduzione dovrà essere ottenuta, ad esempio, mediante l'utilizzo di un superfluidificante performante (tipo MasterGlenium della BASF), di inerti non calcarei e tramite l'aggiunta di un espansivo (tipo MasterLife SRA100 della BASF). Il sistema adottato dovrà essere verificato con prove preventive in cantiere.

Nella modellazione delle strutture interne, con particolare riferimento al paragrafo 4.1.1.1 dell'NTC08, si procede applicando un abbassamento uniforme della temperatura di -6.7°C agli SLU e di -8.9°C agli SLE.

4.1.3 Temperatura Q1

Per il dimensionamento delle strutture interne si considerano le azioni termiche, in conformità alla seguente tabella, secondo la distanza dall'imbocco, minore di 3 km.

Tabelle 1: Variazione termica

Il gradiente della temperatura indica la differenza di temperatura tra le superfici interna ed esterna della struttura.

4.1.4 Lüftung Q1

Die Verdichtungs- und Druckentlastungsvorgänge aus der Zugdurchfahrt sind im Dokument D0118-064 „Aerodynamik – Klima – Lüftung“ festgelegt. Dem Dokument kann entnommen werden, dass im Extremfall (außergewöhnliche Einwirkungen) im Tunnel aerodynamische Einwirkungen von $\Delta p_{\text{Druck}} = + 11 \text{ kN/m}^2$ und $\Delta p_{\text{Sog}} = - 9 \text{ kN/m}^2$ aufkommen. Da dies erhebliche Einwirkungen sind, auch unter Berücksichtigung der entsprechend angenommenen Teilsicherheitsfaktoren, werden die aerodynamischen Einwirkungen nur in Kombination mit den Einwirkungen, die aus einer außerordentlichen Bemessungslage stammen, berücksichtigt.

Die von der Belüftung an den Abschottungsportalen induzierte Last bei Betriebsbedingungen ist von 1.5 kPa, dagegen ist sie im Brandfall von 3.43 kPa.

4.1.5 Brand A3

Gemäß den Vorschriften des MD 28/10/2005 Eisenbahntunnelsicherheit wird eine Standfestigkeit aller Werke angesichts der Temperatur-Zeitkurve laut UNI 11076 gewährleistet.

Für die Bemessung der Wand wurde eine Drucklast im Fall von Brand, die vom Belüftungssystem stammt, gleich +3.43 kN/m² angenommen.

4.1.5.1 Temperatur-Zeitkurve im Tunnelbau [UNI 11076]

Die Feuerexposition wird mittels der Temperatur-Zeitkurve der Norm UNI 11076 beschrieben, die anschließend dargestellt, und im Rechnungsprogramm CPI win REI Calcolo verwendet wird.

4.1.4 Ventilazione Q1

I processi di carico e scarico tensionale a seguito del passaggio dei treni sono definiti nel documento D0118-00064 „Aerodinamica – clima – ventilazione“. Dal documento si deduce che in casi estremi (azioni eccezionali) si presentano in galleria azioni aerodinamiche di $\Delta p_{\text{Druck}} = + 11 \text{ kN/m}^2$ e $\Delta p_{\text{Sog}} = - 9 \text{ kN/m}^2$. Poiché si tratta di azioni rilevanti, anche in considerazione dei relativi coefficienti parziali di sicurezza adottati, le azioni aerodinamiche si considerano solo associate in combinazione con le azioni derivanti dalla situazione di dimensionamento eccezionale.

Il carico indotto dalla ventilazione sui portali di compartimentazione nelle condizioni di esercizio è pari a 1.5 kPa mentre in caso di incendio è di 3.43 kPa.

4.1.5 Incendio A3

In accordo con le prescrizioni del DM 28/10/2005 Sicurezza gallerie ferroviarie viene garantita la stabilità di tutte le opere in considerazione della curva temperatura-tempo secondo la UNI 11076.

Per il dimensionamento della parete si è adottato un carico di pressione in caso di incendio derivante dal sistema di ventilazione pari a +3.43 kN/m².

4.1.5.1 Curva della temperatura/tempo per tunnel [UNI 11076]

L'esposizione al fuoco viene descritta dalla curva della temperatura/tempo della normativa UNI 11076, di seguito riportata ed inserita nel programma di calcolo CPI win REI Calcolo.

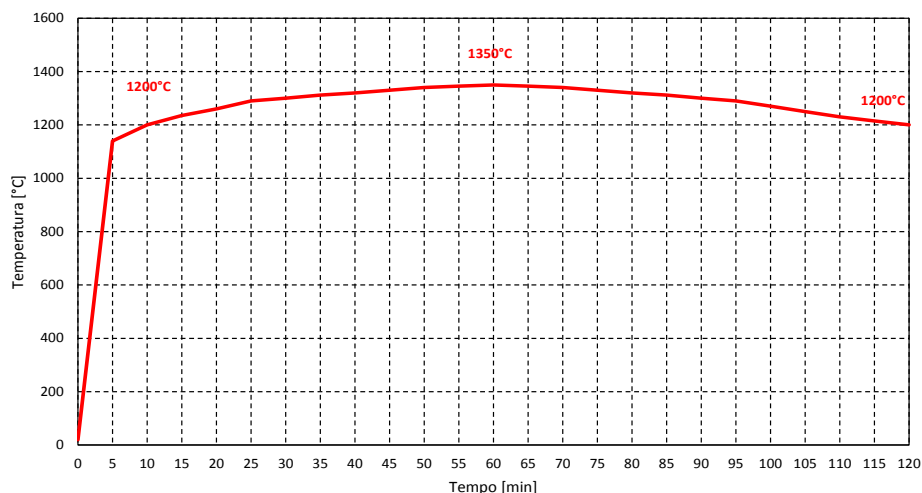


Abbildung 1: Temperatur-Zeitkurve

Figura 1: Curva della temperatura/tempo

Tempo (min)	Temperatura (°C)
0	20
5	1140
10	1200
15	1235
20	1260
25	1290
30	1300
35	1312
40	1320
45	1330
50	1340
55	1345
60	1350
65	1345
70	1340
75	1330
80	1320
85	1312
90	1300
95	1290
100	1270
105	1250
110	1230
115	1215
120	1200

Abbildung 2: Temperaturwerte zu den verschiedenen Zeitpunkten

Figura 2: Valori della temperatura nei diversi istanti temporali

4.1.5.2 Koeffizienten zur Bewertung der temperaturbedingten Festigkeitsminderung der Materialien

4.1.5.2 Coefficienti per la valutazione della diminuzione delle caratteristiche di resistenza dei materiali in funzione della temperatura

Laut Norm UNI EN 1992-1-2 wird die Materialfestigkeit durch Überhitzung gemindert, wie in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt:

In conformità alla UNI EN 1992-1-2 la resistenza dei materiali si riduce con l'aumento della temperatura, come rappresentato nelle figure seguenti:

- 1 Curva 1: calcestruzzo ordinario con aggregati silicei
- 2 Curva 2: calcestruzzo ordinario con aggregati calcarei

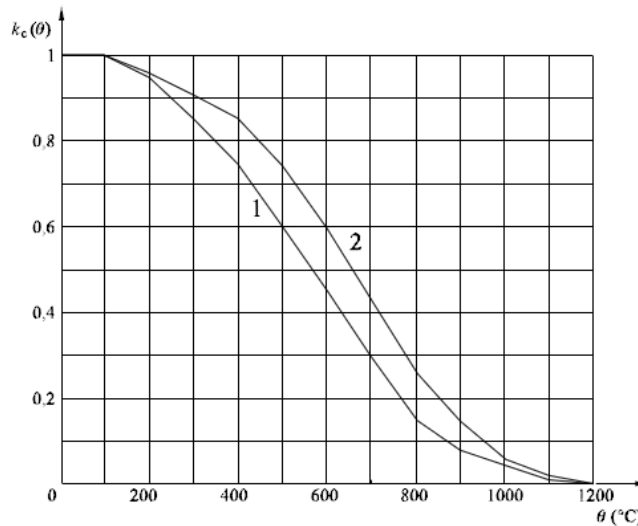


Abbildung 3: Koeffizient $k_c(\theta)$ und $k_{ct}(\theta)$ zur Bewertung der charakteristischen Festigkeitsminderung (f_{ck}) von Beton

Figura 3: Coefficiente $k_c(\theta)$ per tener conto della diminuzione della resistenza caratteristica (f_{ck}) del calcestruzzo

Curva 1 Armatura tesa (laminata a caldo) per deformazioni $\epsilon_{s,fi} \geq 2\%$
 Curva 2 Armatura tesa (trafilata a freddo) per deformazioni $\epsilon_{s,fi} \geq 2\%$
 Curva 3 Armatura compressa e tesa per deformazioni $\epsilon_{s,fi} < 2\%$

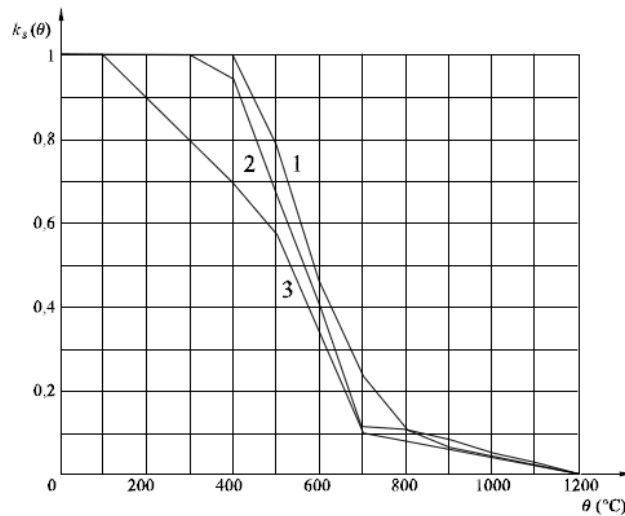


Abbildung 4: Koeffizient $k_s(\theta)$ zur Bewertung der Minderung der charakteristischen Zug- und Druckfestigkeit (f_{yk}) von Stahlbetons Klasse N

Figura 4: Coefficiente $k_s(\theta)$ per tener conto della diminuzione della resistenza caratteristica (f_{yk}) a trazione e a compressione dell'armatura classe N.

4.2 NACHWEISVERFAHREN

Für den Nachweis des Grenzzustandes der Trag- und Gebrauchstauglichkeit der Zwischendecke sind die Lastfallkombinationen gemäß den Vorgaben im NTC2008, Abs. 2.5.3 berücksichtigt worden.

4.2.1 Grenzzustände der Tragfähigkeit (GZT) und Gebrauchstauglichkeit (GZG)

4.2.1.1 Kombinations- und Teilkoeffizienten der Sicherheit der Wirkungen

Die Kombinationen der zu analysierenden Wirkungen müssen, laut allen NTC 2008, mit den entsprechenden Kombinationskoeffizienten ψ berechnet werden. Im überprüften Fall werden folgende Werte verwendet:

Lastfall / Caso di carico Einwirkungskombination / Combinazioni	Eigengewicht Peso proprio	Kriechen und Schwinden Ritiro e rilassamento	Temperatur (Sommer) Temperatura (Estate)	Temperatur (Winter) Temperatura (Inverno)	Brand Incendio	Druck Infolge Zugfahrt Carico aerodinamico (pressione)	Sog Infolge Zugfahrt Carico aerodinamico (aspirazione)
	G1	G6	Q1	Q1	A3	A1	A1
SLU	1	1.35	-	1.50	-	-	-
	2	1.35	1.50	-	1.50	-	-
	11	1.35	-	0.60	-	-	1.00
	12	1.35	0.60	-	0.60	-	-
	21	1.35	-	0.60	-	1.00	-
	22	1.35	-	-	-	1.00	-
SLE	1	1.00	-	1.00	-	-	-
	2	1.00	1.00	-	1.00	-	-

Tabelle 5: Kombinations- und Teilkoeffizienten der Sicherheit der Wirkungen

4.2 VERIFICHE

Per la verifica allo stato limite ultimo ed allo stato limite di esercizio dei setti sono state considerate le combinazioni delle azioni in conformità delle prescrizioni del paragrafo 2.5.3 delle NTC2008.

4.2.1 Stati Limite Ultimi (SLU) e Stati Limite di Esercizio (SLE)

4.2.1.1 Coefficienti di combinazione e parziali di sicurezza per le azioni

Le combinazioni delle azioni da analizzare devono essere considerate, in conformità alle NTC 2008, con i relativi coefficienti di combinazione ψ , nel caso in esame si adottano i seguenti valori:

Tabelle 5: Coefficienti di combinazione e parziali di sicurezza per le azioni

4.2.1.2 Teilsicherheitskoeffizienten der Festigkeit

Die Teilsicherheitsfaktoren der Festigkeit bei einer ständigen und vorübergehenden Bemessungssituation sind, wie mit BBT SE vereinbart, wie folgt zu betrachten, unter Berücksichtigung einer Bauwerklebensdauer von 200 Jahren:

Stahlbeton

- Teilsicherheitskoeffizient für den Betonfestigkeit $Y_c = 1,60$
- Minderungsbeiwert zur Berücksichtigung der Langzeitwirkung der Betondruckfestigkeit: $\alpha_{cc} = 0,85$
- Teilsicherheitskoeffizient für Stahlfestigkeit $Y_s = 1,20$

Für die Überprüfungen der außergewöhnlichen Bemessungssituation sind die Teilsicherheitsfaktoren mit $Y_c = 1,20$ und $Y_s = 1,00$ zu berücksichtigen. Der Minderungsbeiwert der Betondruckfestigkeit α bleibt unverändert.

4.2.1.3 Nachweis auf Biegung und Druck

Die Bemessung des Stahlbetons erfolgt gemäß den Vorgaben des NTC2008, Abs. 4.1.2.1.2.

4.2.1.4 Nachweis Querkraft

Die Bemessung des Stahlbetons erfolgt gemäß den Vorgaben des NTC2008, Abs. 4.1.2.1.2.4.

4.2.1.5 Ermittlung der Schnittgrößen und Verformungen

Die Ermittlung der Systemverformung erfolgt im GZG unter Berücksichtigung der Kombinationsregeln mit den charakteristischen Einwirkungen sowie den entsprechenden Kombinationsbeiwerten.

4.2.1.6 Begrenzung der Rissbreiten

Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ist für die maßgebenden Lastfallkombinationen unter Berücksichtigung der Teilsicherheitsfaktoren und Minderungsfaktoren ψ die maximale Rissweite w_{kal} unter Berücksichtigung NTC2008 nachzuweisen. Die zulässige Rissbreite für Normalbeton ohne besondere Anforderung der Dichtigkeit oder bei Existenz einer Abdichtung ist auf $w_{kal} \leq 0,3$ mm zu begrenzen.

Bei besonderer Anforderung an die Dichtigkeit der Betoninnenschale oder bei aggressiven oder sehr aggressiven Umgebungsbedingungen ist die maximale Rissweite auf $w_{kal} \leq 0,2$ mm zu begrenzen.

4.2.1.2 Coeffizienti parziali di sicurezza per le resistenze

I coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze in fase permanente e temporanea vanno considerati, come concordato con BBT SE, come segue tenendo conto della vita utile dell'opera di 200 anni:

Calcestruzzo armato

- Coefficiente parziale di sicurezza per la resistenza del calcestruzzo $Y_c = 1,60$
- Coefficiente riduttivo della resistenza a compressione del calcestruzzo di lunga durata: $\alpha_{cc} = 0,85$
- Coefficiente parziale di sicurezza Y_s per la resistenza dell'acciaio $Y_s = 1,20$

Per le verifiche nella situazione di dimensionamento eccezionale i fattori parziali di sicurezza devono essere considerati con $Y_c = 1,20$ e $Y_s = 1,00$. Il coefficiente di riduzione della resistenza a compressione del calcestruzzo α resta invariato.

4.2.1.3 Verifica a pressoflessione

Per il calcestruzzo armato il calcolo segue le indicazioni delle NTC2008, par. 4.1.2.1.2.

4.2.1.4 Verifica a taglio

Per il calcestruzzo armato il calcolo segue le indicazioni delle NTC2008, par. 4.1.2.1.3.

4.2.1.5 Calcolo delle deformazioni

Il calcolo delle deformazioni del sistema si esegue allo SLE in considerazione delle regole di combinazione con i carichi caratteristici e dei relativi coefficienti di combinazione.

4.2.1.6 Limitazione dello spessore delle fessure

In considerazione delle NTC2008, si controlla allo SLE lo spessore massimo delle fessure w_{kal} per le combinazioni di carico rilevanti, in considerazione dei fattori parziali di sicurezza e dei coefficienti di riduzione ψ . La larghezza delle fessure ammessa per il cls normale senza particolari requisiti di spessore o in presenza di impermeabilizzazione è limitata a $w_{kal} \leq 0,3$ mm.

In caso di particolari requisiti di spessore del rivestimento interno o di condizioni ambientali aggressive o molto aggressive la larghezza massima è limitata a $w_{kal} \leq 0,2$ mm.

4.3 ERGEBNISSE

4.3.1 Grenzzustände der Tragfähigkeit (GZT)

Nachfolgend werden die Ergebnisse für die statische Bemessung angegeben.

4.3 RISULTATI

4.3.1 Sollecitazioni Stati Limite Ultimi (SLU)

Si riportano nel seguito i risultati determinanti al fine del dimensionamento statico.

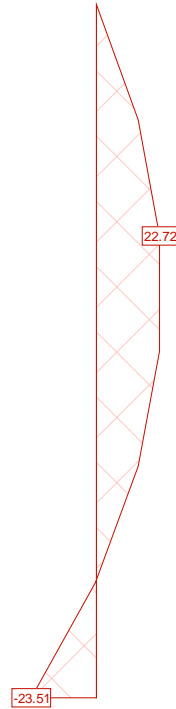


Abbildung 16: M_{SLU11}

Illustrazione 16: M_{SLU11}

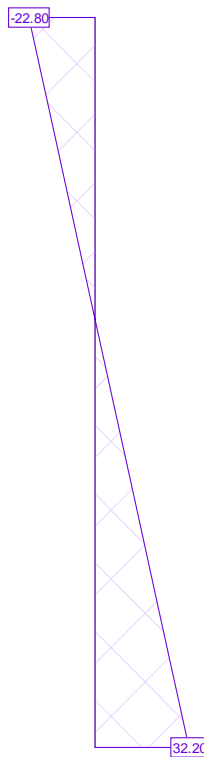


Abbildung 17: V_{SLU11}

Illustrazione 17: V_{SLU11}

4.3.2 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG)

4.3.2 Sollecitazioni Stati Limite d'Esercizio (SLE)

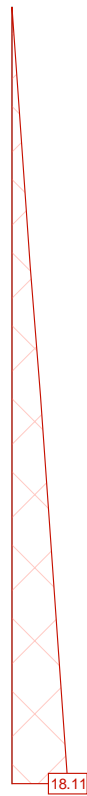


Abbildung 18: M_{SLE1}

Illustrazione 18: M_{SLE1}



Abbildung 19: V_{SLE1}

Illustrazione 19: V_{SLE1}

4.3.3 Brandlast (GZT)

4.3.4 Sollecitazioni incendio (SLU)

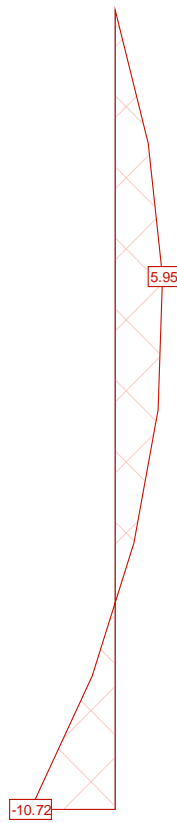


Abbildung 20: $M_{SLU1-Brand}$

Illustrazione 20: $M_{SLU1-INCENDIO}$

4.4 NACHWEISVERFAHREN

4.4.1 Nachweis der Grenzzustände der Tragfähigkeit

4.4.1.1 Nachweis auf Biegung

Unter Berücksichtigung von 2 cm Toleranz überprüft man einen Querschnitt von 100x38 cm statt 100x40 cm mit Bewehrungseisen $\phi 12/15$ und Abstandhalter $\phi 10/15$, netto Betondeckung 5 cm.

In der Anlage 1 wird die Querschnittsprüfung auf Biegung der Grenzzustände der Tragfähigkeit aufgezeigt.

4.4.1.2 Nachweis auf Querkraft

Im Anlage 7 wird die Querschnittsprüfung auf Querkraft der Traggrenzzustände des Querschnitts von 100x28 cm aufgezeigt.

4.4.2 Nachweis der Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

Im Anlage 8 wird die Querschnittsprüfung auf Biegung der Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit aufgezeigt.

4.4.3 Nachweis der Rissbildung

Im Anlage 9 wird die Prüfung auf Rissbildung aufgezeigt.

4.4.4 Brandnachweis (GZT)

Im Anlage 10 sind die Nachweise durch die Brandlast angeführt.

4.4 VERIFICHE

4.4.1 Verifiche Stati Limite Ultimi

4.4.1.1 Verifica a flessione

Tenuti conto dei 2 cm di tolleranza si verifica una sezione 100x28 cm, invece della sezione 100x30 cm, armata simmetricamente con barre principali $\phi 12/15$ e ripartitori $\phi 10/15$, copriferro netto 5 cm.

Nell'Allegato 6 si riporta la verifica della sezione a flessione agli Stati Limite Ultimi.

4.4.1.2 Verifica a taglio

Nell'Allegato 7 si riporta la verifica della sezione a taglio agli Stati Limite Ultimi della sezione pari a 100x28 cm.

4.4.2 Verifiche Stati Limite d'Esercizio

Nell'Allegato 8 si riporta la verifica della sezione a flessione agli Stati Limite di Esercizio.

4.4.3 Verifiche a fessurazione

Nell'Allegato 9 si riporta la verifica a fessurazione.

4.4.4 Verifica incendio (SLU)

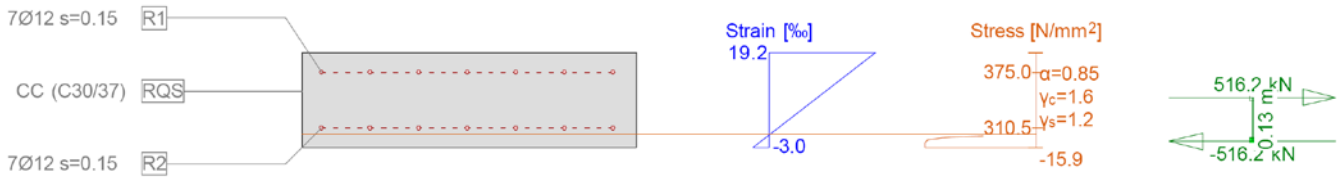
Nell'Allegato 10 si riportano le verifiche per la condizione di carico da incendio.

ANLAGE 6

ALLEGATO 6

Cross-section 280X1000 (C30/37;B450C): Efficiency $M_y = -23.5$; $eff(M,N) = 0.35$ OK

Scale 1 :23.5



Cross-section 280X1000 (C30/37;B450C): Efficiency $M_y = 22.7$; $eff(M,N) = 0.34$ OK

Scale 1 :23.5

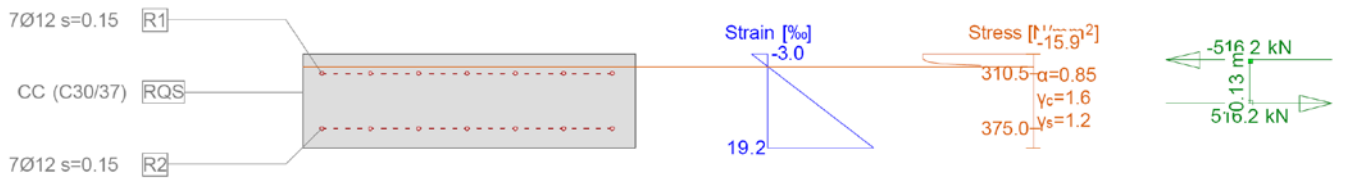


Abbildung 21: Nachweis Biegung durch Belüftungsdruck (GZT)

Illustrazione 21: Verifica a flessione carico di ventilazione (SLU)

ANLAGE 7

ALLEGATO 7

VERIFICA A TAGLIO SECONDO NTC2008 Art. 4.1.2.1.3.1

Verifica sezione senza armatura a taglio

f_{ck}	=	30.00	MPa	Resistenza caratteristica a compressione cilindrica
k	=	1.945		Coefficiente
h	=	280	mm	Altezza geometrica della sezione
d	=	224	mm	Altezza statica della sezione
A_s	=	754	mm ²	Area di armatura longitudinale
ρ_1	=	0.00337		Percentuale di armatura
N_{Ed}	=	0	kN	Azione assiale di progetto
A_c	=	224'000	mm ²	Area della sezione di calcestruzzo
α_{cc}	=	0.85		Coefficiente per carichi di lunga durata
σ_{cp}	=	0.00	MPa	Sforzo di compressione agente
b_w	=	1'000	mm	Larghezza sezione collaborante
V_{Rd1}	=	105.94	kN	
$V_{Rd2}(V_{min})$	=	116.47	kN	
V_{Rd}	=	116.47	kN	
V_{Ed}	=	32.20	kN	
$V_{Rd} > V_{Ed}$ VERIFICA SODDISFATTA				

Tabelle 6: Prüfung auf Querkraft

Tabella 6: Verifica a taglio

ANLAGE 8

ALLEGATO 8

Cross-section 280X1000 (C30/37;B450C): Stress analysis with given forces $M_y=18.1$;

Scale 1 :23.5

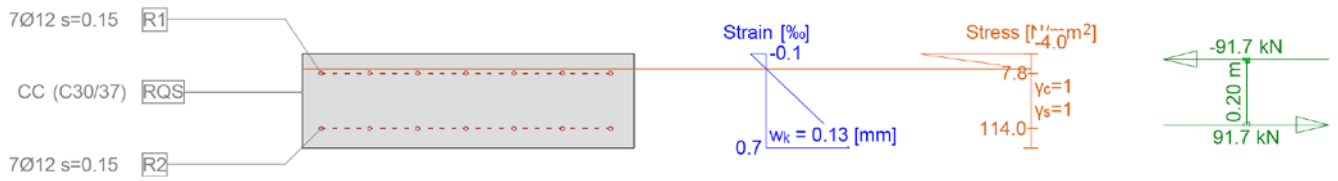


Abbildung 22: Nachweis auf Biegung und Rissbildung durch Belüftungsdruck (GZG)

Illustrazione 22: Verifica a flessione e fessurazione carico ventilazione (SLE)

ANLAGE 9

ALLEGATO 9

Action forces

No.	AP	P	Bending and axial force			Shear forces and torsion			Remarks
			N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	V _y [kN]	V _z [kN]	T [kNm]	
1	!SLS		0	18.1	-				

- : Calculation with uniaxial bending (neutral axis is horizontal)!!

Analysis-Parameters "SLS"

ID	σ-ε-Diagram			Strain Limits			σ _s [N/mm ²]	Partial factors			Various parameters		
	c	s		ε _{c1d} [%]	ε _{c2d} [%]	ε _{ud} [%]		γ _c [-]	γ _s [-]		α [-]	φ [-]	
!SLS	2/0	1					200.0	1.00	1.00		45.00	0	

Extreme stresses and strain

Name	Class	y _q [m]	z _q [m]	ε [%]	σ _d [N/mm ²]	γ [-]
RQS	C30/37	0.50	0.28	-0.1	-4.0	1.00
RQS	C30/37	-0.50	0	0.7	0	1.00
R1	B450C	-0.44	0.22	0.0	7.8	1.00
R2	B450C	-0.44	0.06	0.6	114.0	1.00

Stresses and strain during the last iterations step

Internal forces			Strain and Curvature			Stiffness Values		
N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	ε _x [%]	γ _y [km ⁻¹]	γ _z [km ⁻¹]	N/ε _x [kN]	M _y /γ _y [kNm ²]	M _z /γ _z [kNm ²]
-0.0	18.1	0.6	0.3	3.1	0	51.35	5800.29	* 1.376E+5

Crack verification

Text	Value	Text	Value
Basic principles	EN 1992-1-1 7.3		
Cross section			
h	280.0 mm	Compression zone (cracked) x _c	44.8 mm
d	212.4 mm	h-d	67.6 mm
Cover c	51.1 mm	h _{c,eff}	78.4 mm
A _{c,eff} Tension surface	78402 mm ²	= Min[2.5 (h-d); (h-x)/3; h/2]	
Concrete		Additional parameters	
E _c	33600.0 N/mm ²	Duration of load k _t	0.40
α _s (E _s /E _c)	6.10	Bond properties k ₁	0.800
Creep coefficient φ	0	Distribution of strain k ₂	0.500
f _{ctm}	2.9 N/mm ²	k ₃	3.400
f _{ct,eff}	2.9 N/mm ²	k ₄	0.425
Reinforcement		Results	
E _s	205000.0 N/mm ²	Moment	18.1 kNm
A _s (in tension surface)	753 mm ²	Stress in reinforcement σ _s	114.0 N/mm ²
Diameter Ø _{eq}	11.7 mm	ε _{sm} -ε _{cm} (7.9)	0.33 o/o
ρ _{eff}	0.960 o/o	Crack spacing s _{r,max} (7.11)	0.38 m
		Crack width w _k (7.8)	0.13 mm

Tabelle 7: Nachweis auf Rissbildung (GZG)

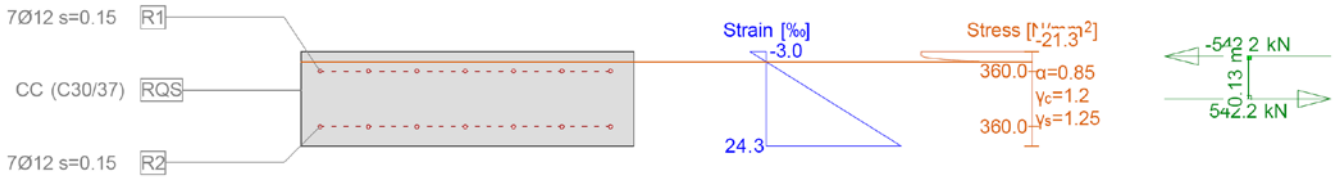
Tabella 7: Verifica a fessurazione (SLE)

ANLAGE 10

ALLEGATO 10

Cross-section 280X1000 (C30/37;B450C): Efficiency $M_y=6.0$; $eff(M,N) = 0.09$ OK

Scale 1 :23.5



Cross-section 280X1000 (C30/37;B450C): Efficiency $M_y=-10.7$; $eff(M,N) = 0.16$ OK

Scale 1 :23.5

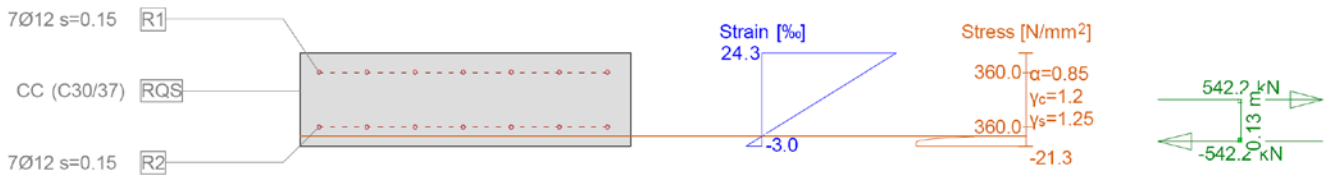


Abbildung 23: Nachweis auf Biegung durch Brandlast (GZT)

Illustrazione 23: Verifica a flessione carico da incendio (SLU)