



ing. Pierpaolo Fantini

Interventi di biodiversità negli interventi di
Ingegneria Naturalistica e Verde Tecnico
Roma -25 febbraio 2011



**ASSOCIAZIONE
ITALIANA
PER LA
INGEGNERIA
NATURALISTICA**

convegno

Incremento di Biodiversità negli interventi di Ingegneria Naturalistica e Verde Tecnico

25 febbraio 2011

Roma Università La Sapienza P.le Moro, 5

Dipartimento di Fisica - Edificio G. Marconi - Aula E. Amaldi I piano

“Opere in terra rinforzata:

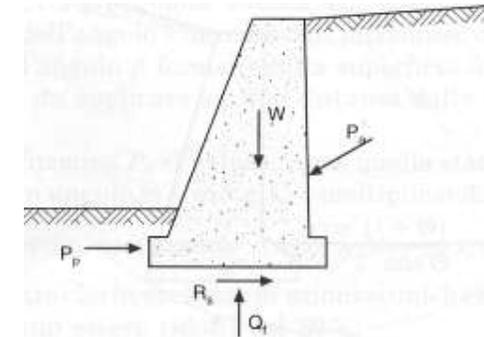
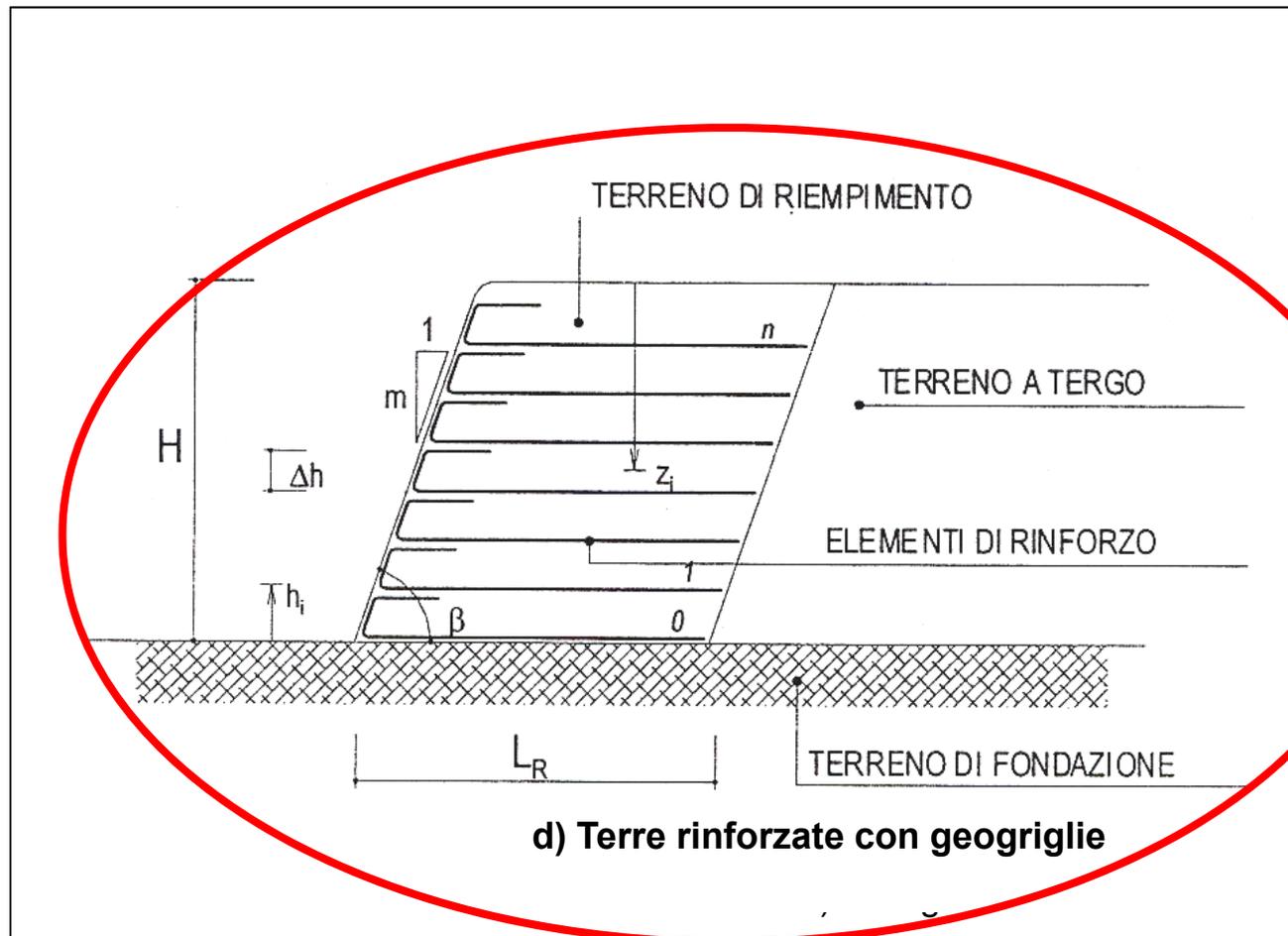
parametri di progetto e realizzazioni sulle piste da sci”

Dott. Ing. Pierpaolo Fantini – Huesker Italia, Trieste

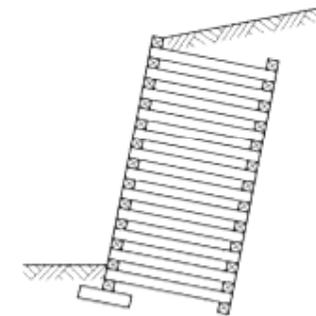


TIPI DI MURI DI SOSTEGNO

Muri a gravità

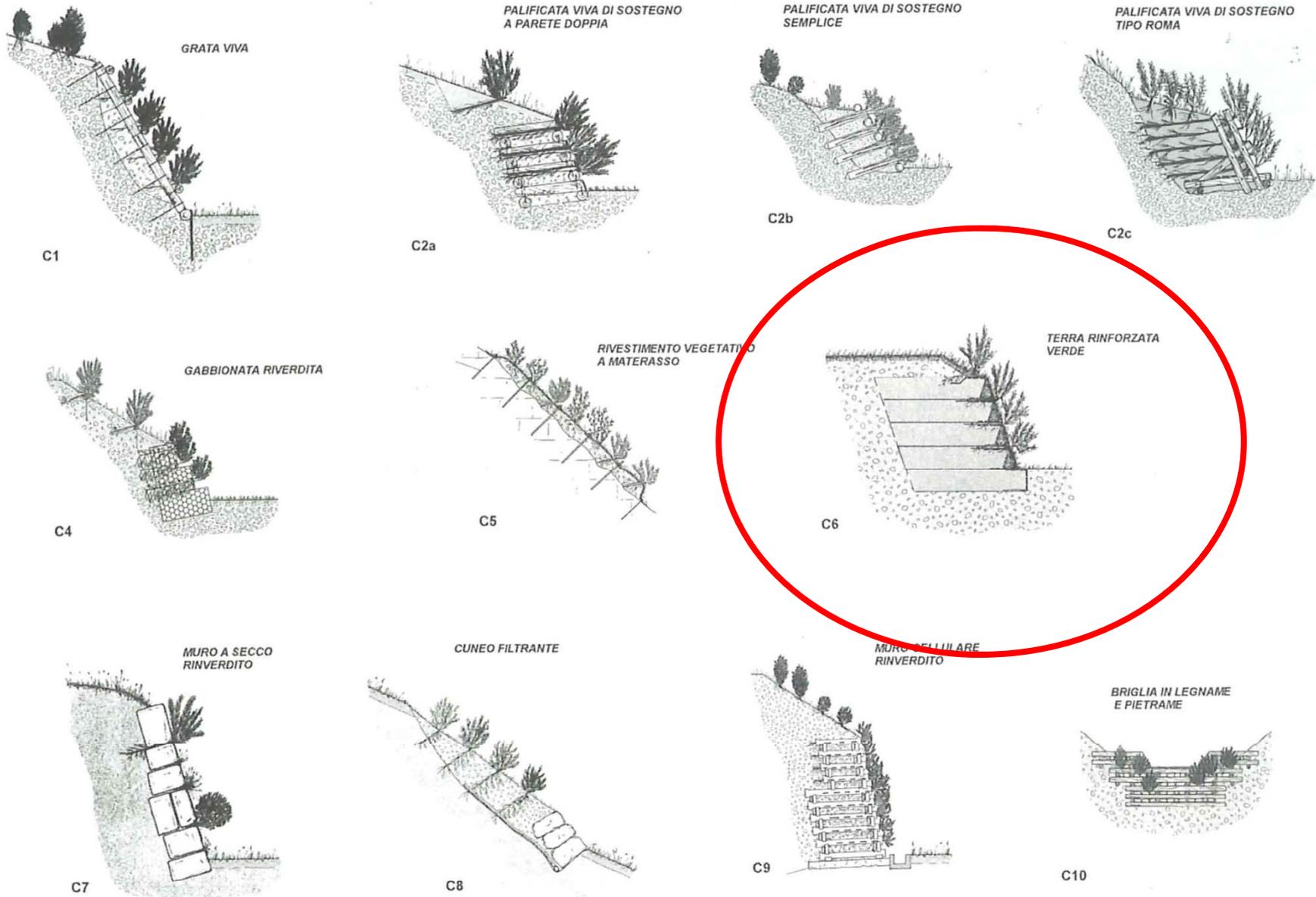


Resistono per il peso proprio



c) Crib wall 2

C - INTERVENTI COMBINATI DI CONSOLIDAMENTO

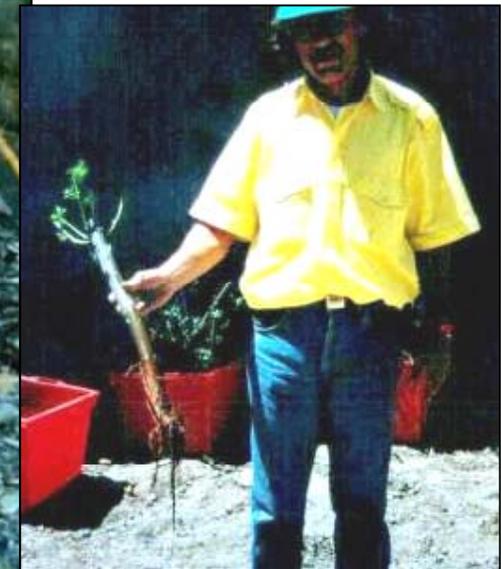




ing. Pierpaolo Fantini

Interventi di biodiversità negli interventi di
Ingegneria Naturalistica e Verde Tecnico
Roma -25 febbraio 2011

Talee di salice fra gli strati di geogriglia di rinforzo:





Interventi di biodiversità negli interventi di
Ingegneria Naturalistica e Verde Tecnico
Roma -25 febbraio 2011

ing. Pierpaolo Fantini





ing. Pierpaolo Fantini Interventi di biodiversità negli interventi di
Ingegneria Naturalistica e Verde Tecnico
Roma -25 febbraio 2011





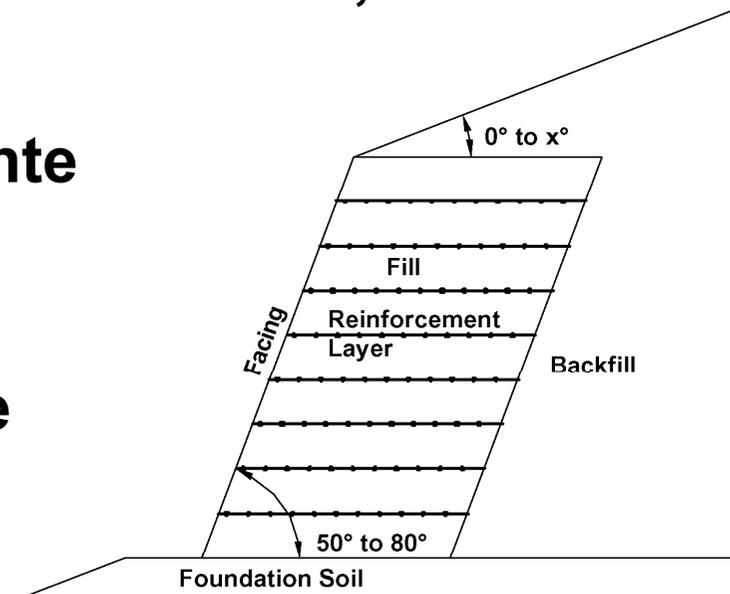
ing. Pierpaolo Fantini

Interventi di biodiversità negli interventi di
Ingegneria Naturalistica e Verde Tecnico
Roma -25 febbraio 2011

Le strutture in terra rinforzata fanno parte delle tecniche di Ingegneria Naturalistica.

Sempre più popolari ed utilizzate negli ultimi anni :

- Strutture molto adattabili alle esigenze: Geometria, pendenza, **paramento rinverdibile**, curvature etc.
- Si adattano all'ambiente circostante
- Comportamento duttile
- Facile realizzazione e costruzione
- Economicamente vantaggiose





PROGETTO DI UNA TERRA RINFORZATA

1) VERIFICA DI STABILITA':

- **INTERNA e calcolo della TENSIONE AMMISSIBILE della geogriglia**
- **COMPOSTA**
- **ESTERNA (scivolamento, ribaltamento, portanza)**
- **GLOBALE**
- **LOCALE (connessione/taglio)**

2) OPERE A VERDE (Per le terre rinforzate)

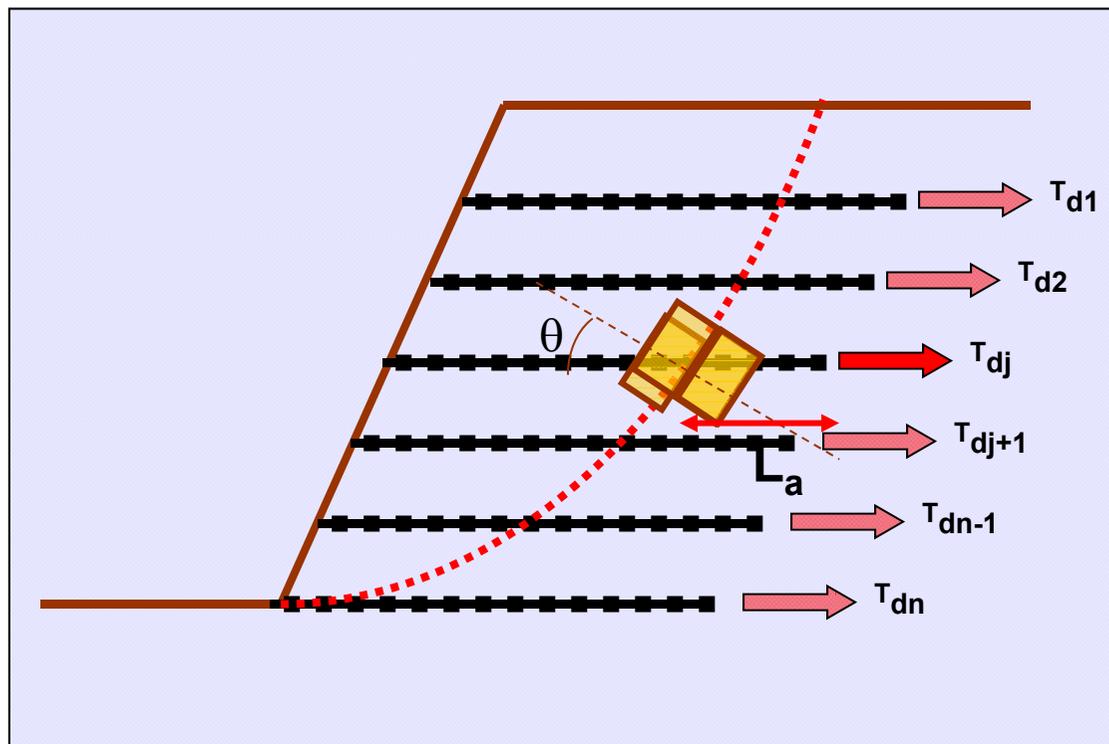
- **stuoie antierosione**
- **inserimento piante arbustive autoctone**
- **idrosemina**

3) OPERE DI DRENAGGIO



TENSIONE DI PROGETTO A LUNGO TERMINE (LTDS)

----- Elemento STRUTTURALE di rinforzo



Tensione di Progetto T_{d_i}

è la tensione che geosintetico di rinforzo dovrà resistere alla fine della vita utile di progetto prevista.



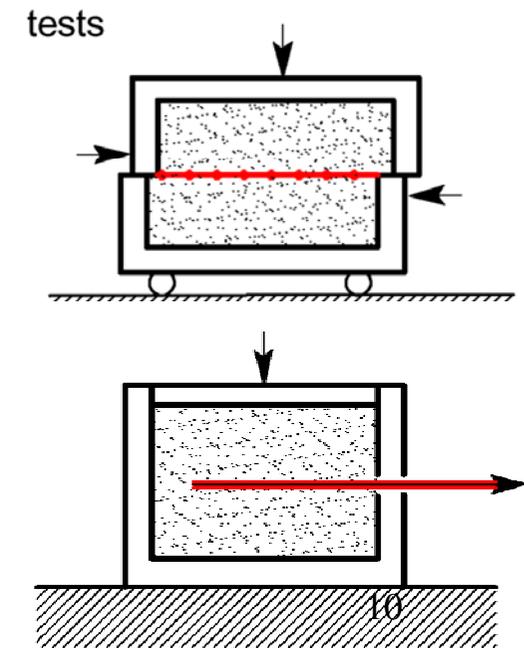
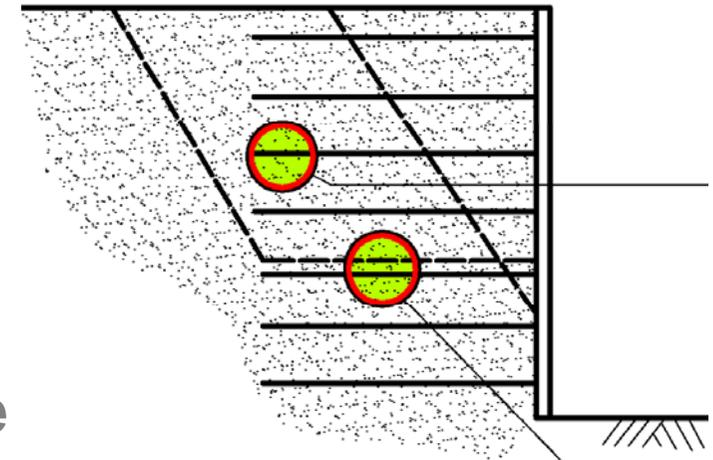
ing. Pierpaolo Fantini

Interventi di biodiversità negli interventi di
Ingegneria Naturalistica e Verde Tecnico
Roma -25 febbraio 2011

Geosintetico di rinforzo

Caratteristiche **ideali** dal punto
visto dell'ingegneria geotecnica:

- **Elevato modulo elastico** (rigidezza tensionale a breve e lungo termine (ma non troppo elevata...))
- **Bassa propensione al creep** (elevata resistenza a lungo termine e minima deformazione al creep)
- **Elevato coefficiente di interazione con il terreno a contatto sia in termini di resistenza al taglio che di pull-out** (bassa lunghezza di ancoraggio e buona interazione fra rinforzo e terreno)



(b) Pullout test



ing. Pierpaolo Fantini

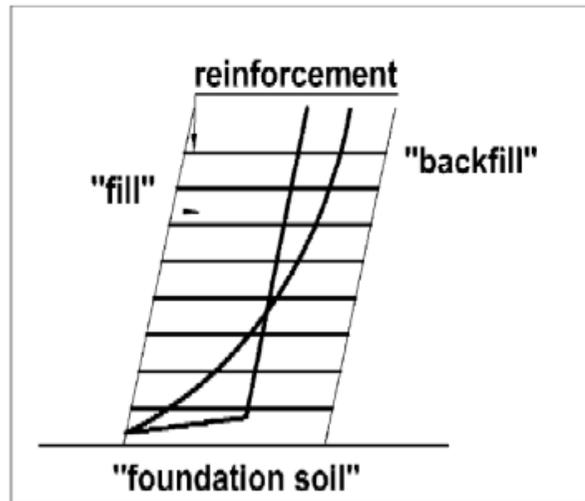
Interventi di biodiversità negli interventi di
Ingegneria Naturalistica e Verde Tecnico
Roma -25 febbraio 2011

Geosintetico di rinforzo

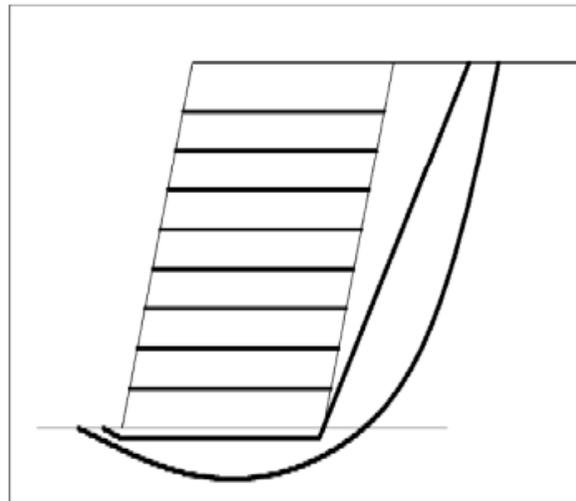
- **Elevata permeabilità** (minore è la resistenza idraulica minori problemi per incremento della pressione neutra)
- **Basso danneggiamento** durante la fase di posa in opera e di compattazione
- **Elevata resistenza chimica e biologica**



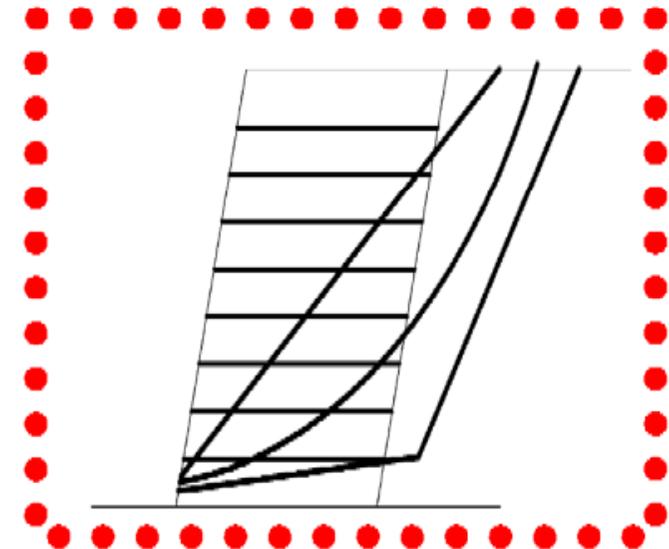
Piani di rottura da verificare



interna



esterna



compund/composta

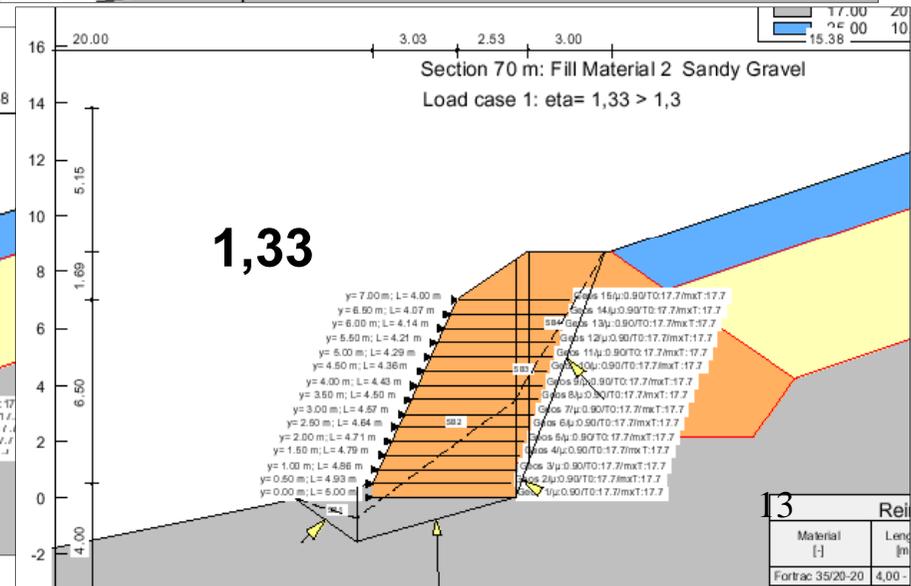
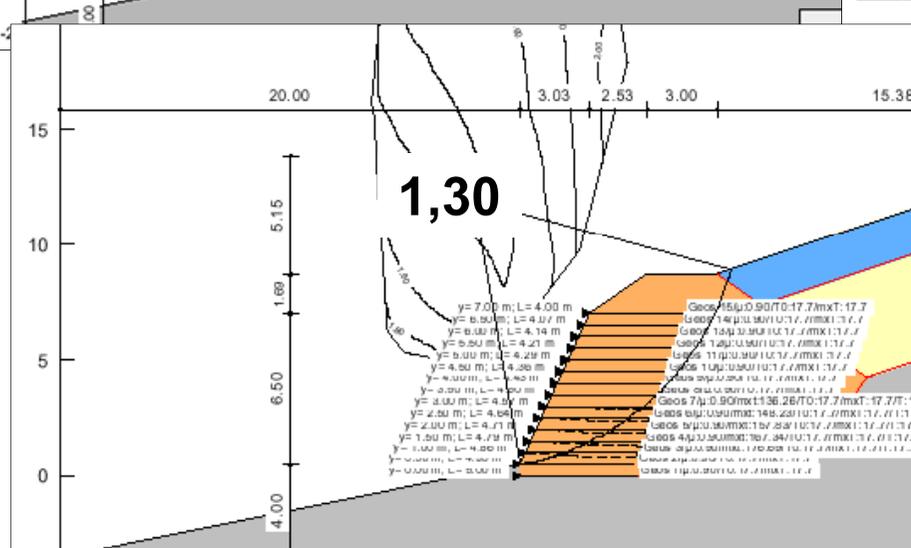
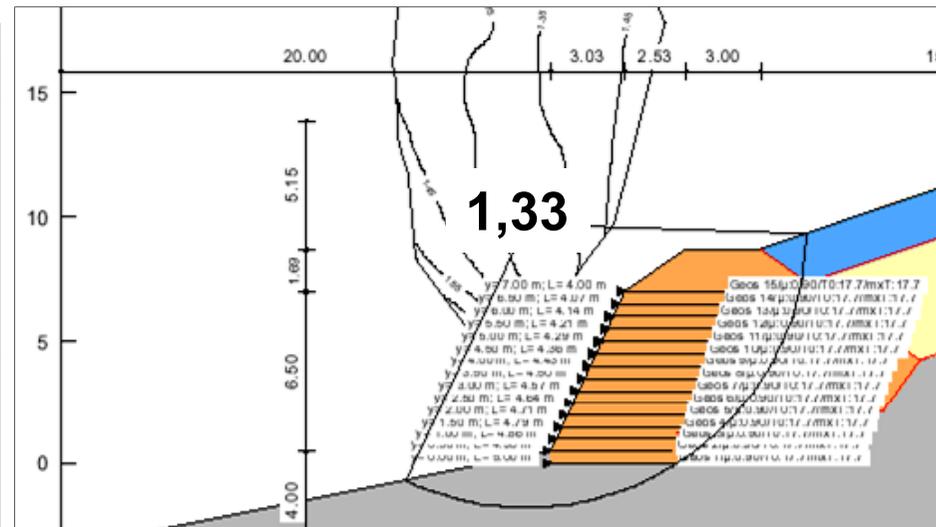
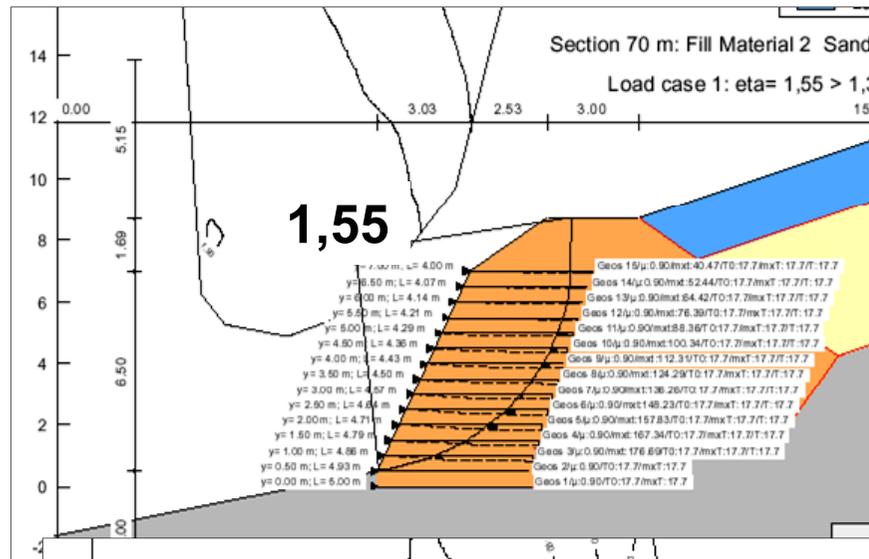
Vengono utilizzati i tradizionali metodi geotecnici di stabilità e.g. Bishop (circolare), Janbu (poligonale), Due concii (poligonale bilineare) etc.

La stabilità “Compound/Composta” spesso determina la verifica dell’opera ma non è compresa in molti Codici di calcolo!!! Fare attenzione! Verificare anche interface sliding!



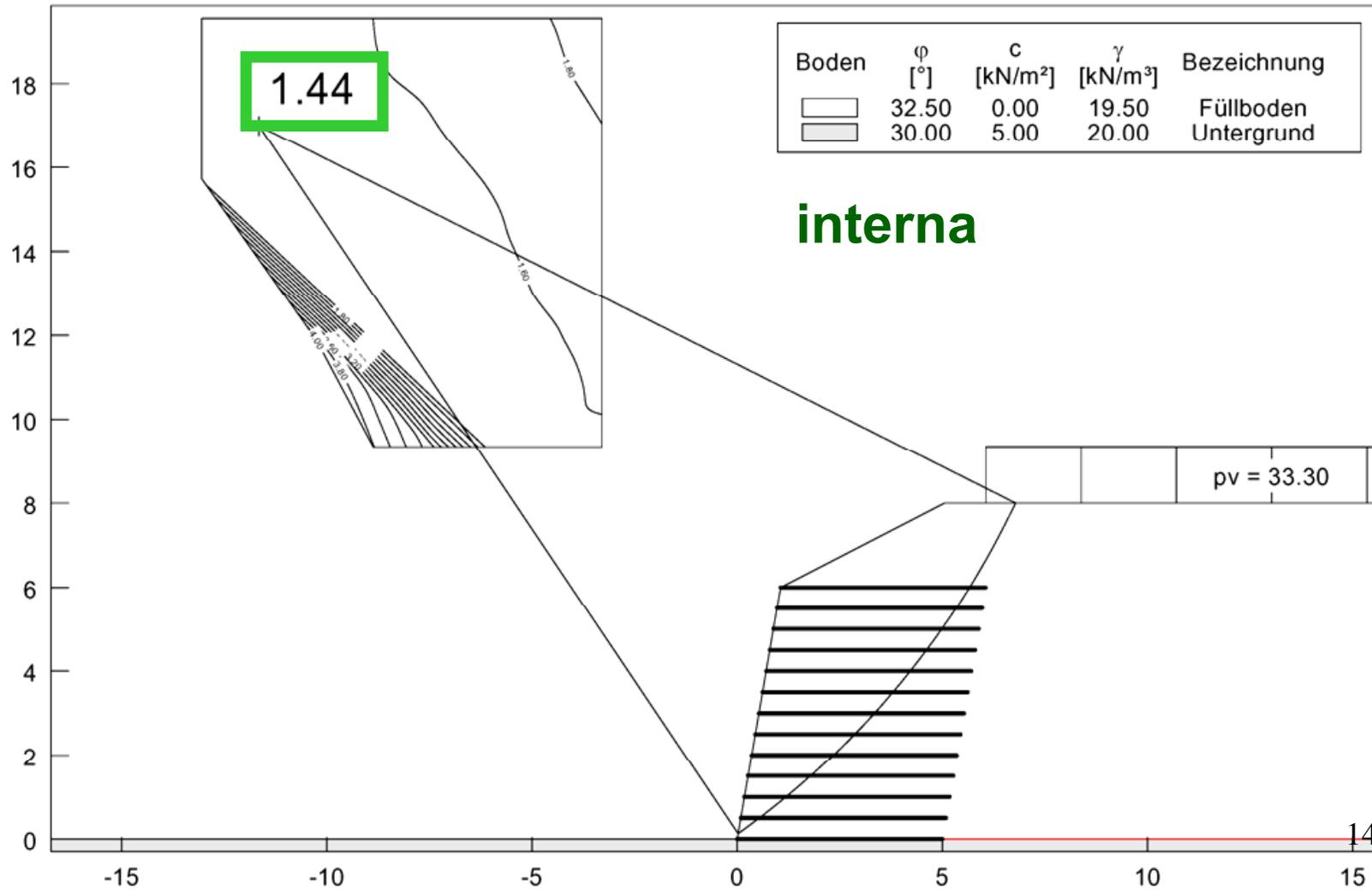
ing. Pierpaolo Fantini

Esempio di verifica stabilità: circolare (Bishop) e poligonale



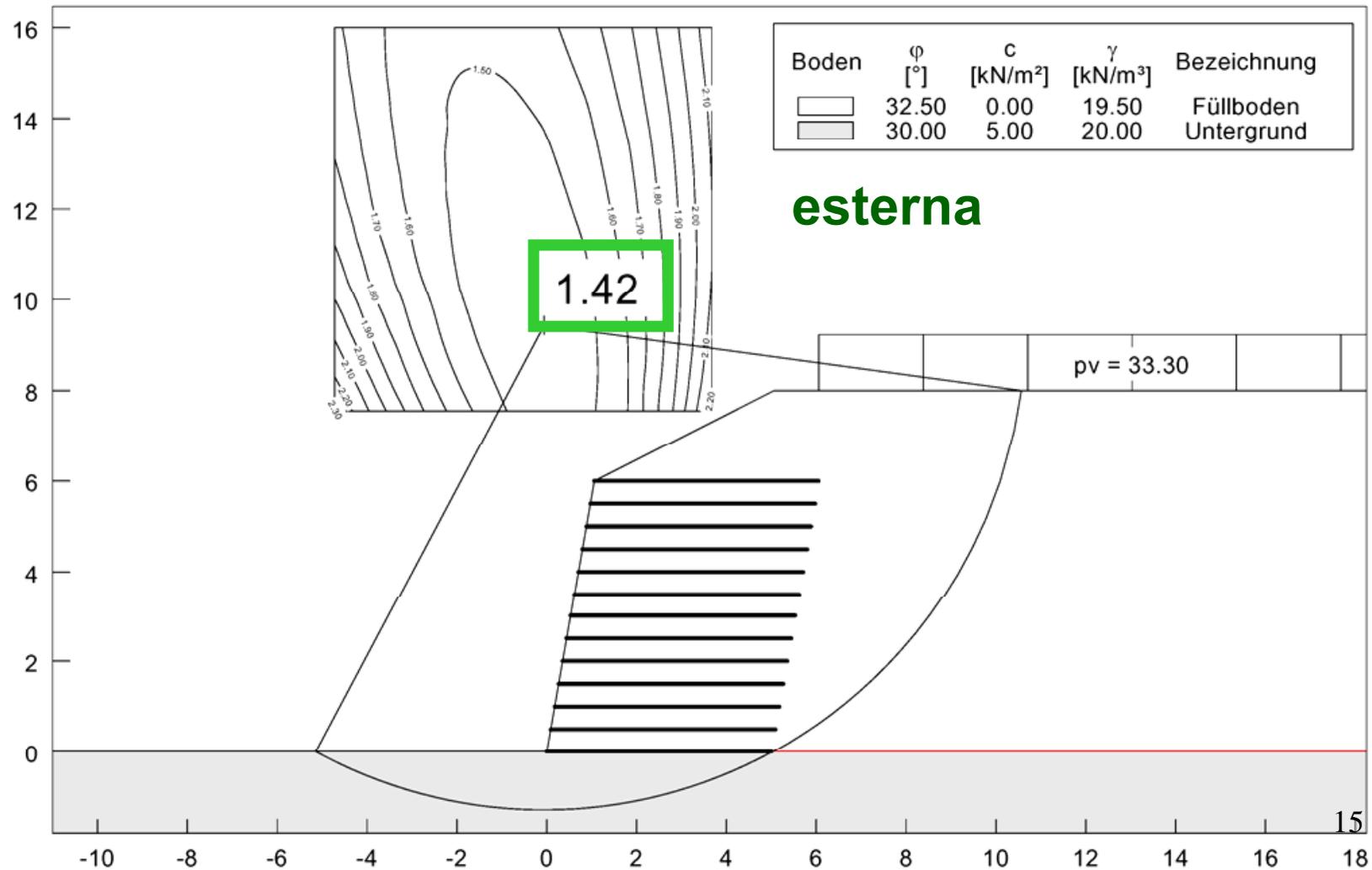


Fare attenzione! ...Composta...



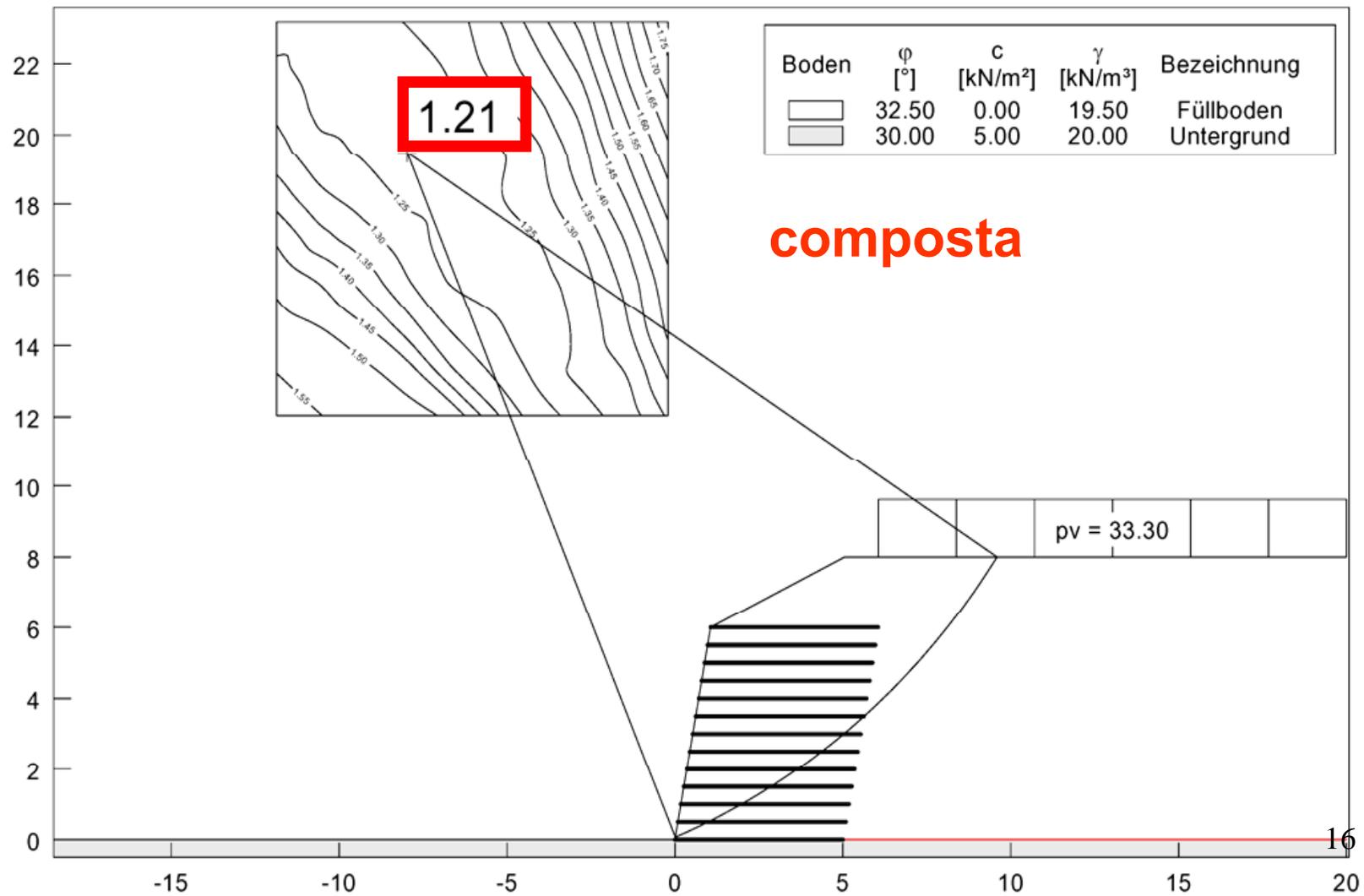


Fare attenzione! ...Composta...





Fare attenzione! ...Composta...





ing. Pierpaolo Fantini

Interventi di biodiversità negli interventi di
Ingegneria Naturalistica e Verde Tecnico
Roma -25 febbraio 2011

Attenzione...!!! Verificare anche la stabilità Composta!!





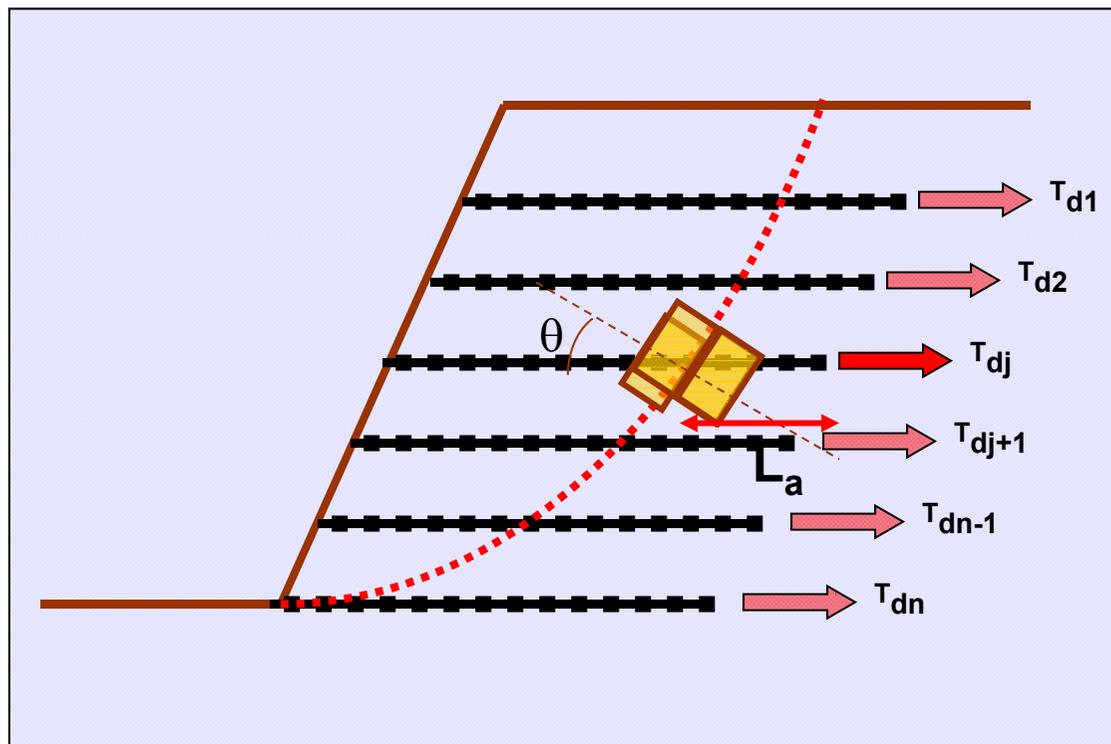
ing. Pierpaolo Fantini

Interventi di biodiversità negli interventi di
Ingegneria Naturalistica e Verde Tecnico
Roma -25 febbraio 2011

**ANALISI DELLA
TENSIONE DI PROGETTO A LUNGO TERMINE
DEI GEOSINTETICI IMPIEGATI NELLE
STRUTTURE IN TERRA RINFORZATA**



TENSIONE DI PROGETTO A LUNGO TERMINE (LTDS)



Tensione di Progetto T_d :

è la tensione che geosintetico di rinforzo dovrà resistere alla fine della vita utile di progetto prevista.

FORMULE PER IL CALCOLO DELLA TENSIONE DI PROGETTO A LUNGO TERMINE (LTDS)

BS 8006 (UK)

$$T_{des} = \frac{F_{creep} \cdot T_{kult.}}{f_m \cdot f_d \cdot f_e}$$

EBGEO (DE)

$$F_d = \frac{F_k}{A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4 \cdot \gamma_B}$$

Pr NF G 38064 (FR)

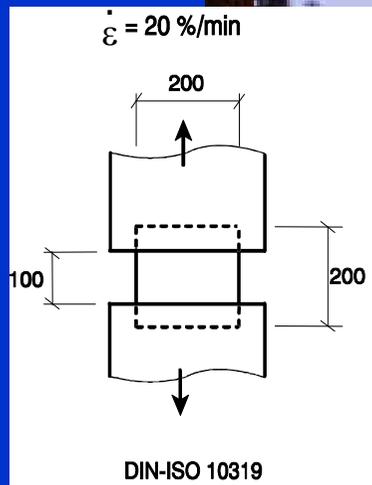
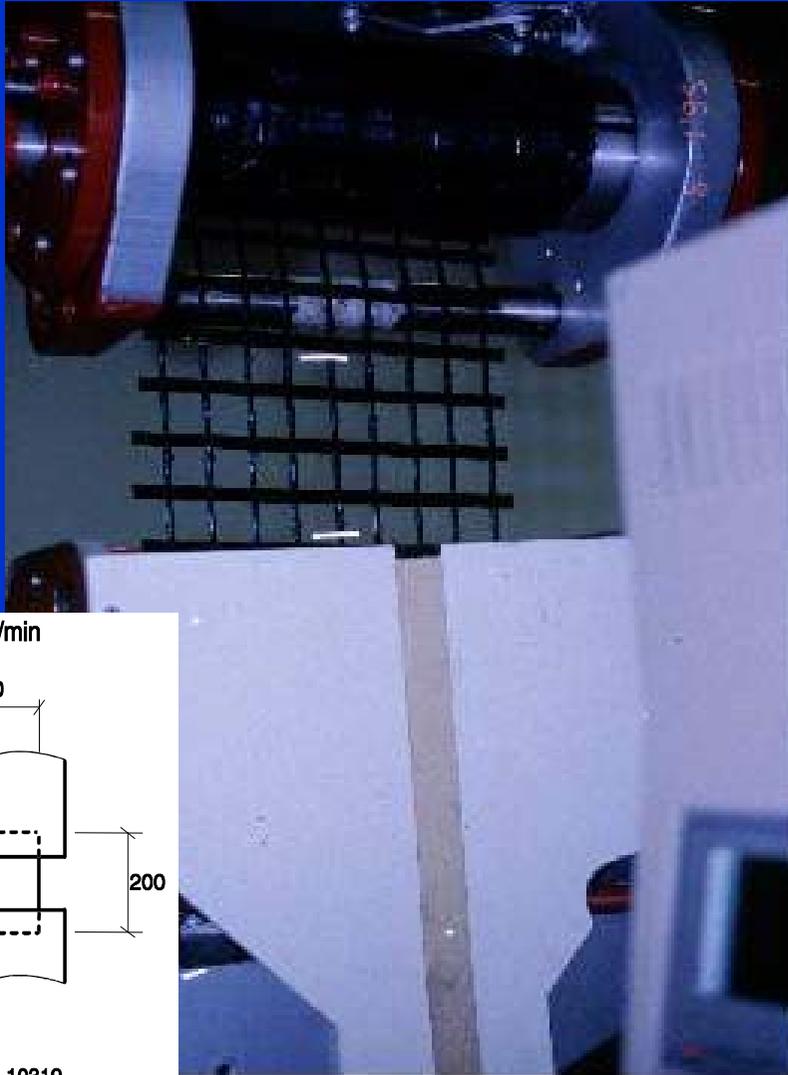
$$T_{adm} = \frac{T_{ik}}{\gamma_{geo} \cdot \Gamma_{flu} \cdot \Gamma_{viel} \cdot \Gamma_{instal}}$$

FHWA / GRI (USA)

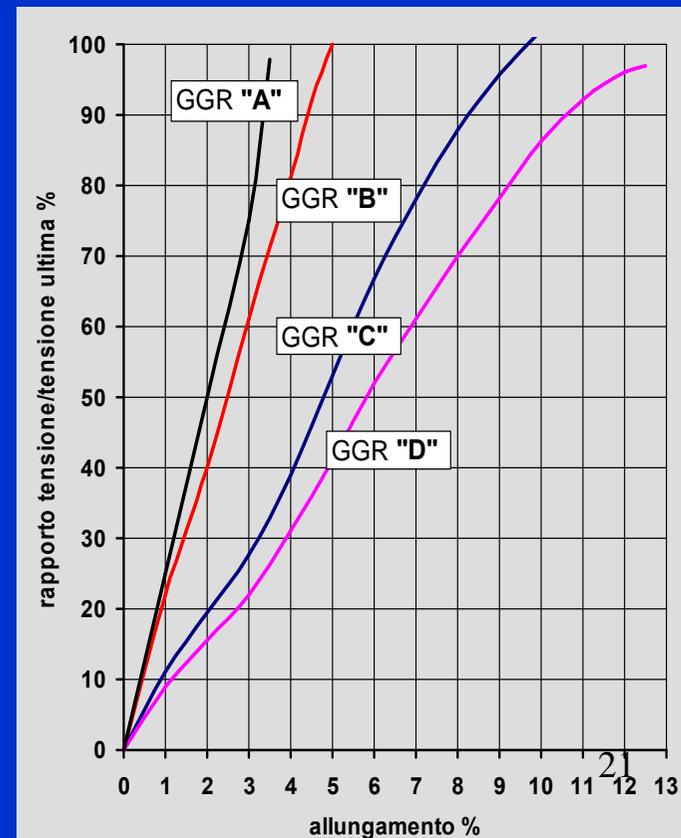
$$T_{al} = \frac{T_{ult}}{RF_{CR} \cdot RF_{ID} \cdot RF_D \cdot RF_{JT} \cdot FS}$$

PROVA DI TRAZIONE SUI GEOSINTETICI (ISO 10.319)

DIAGRAMA TENSIONE-DEFORMAZIONE A BREVE TERMINE

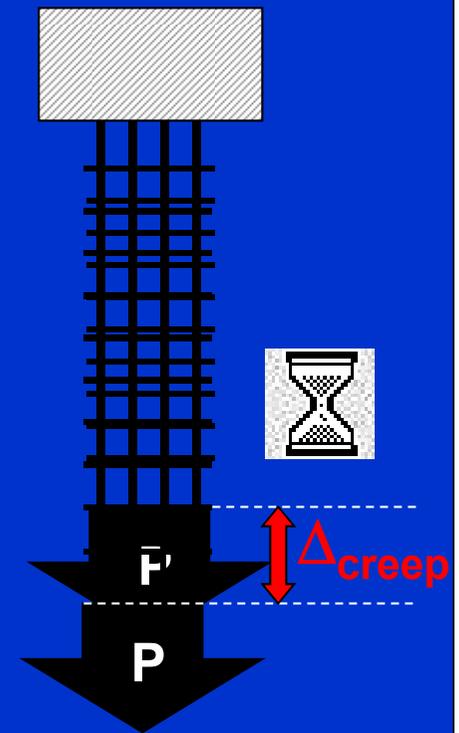
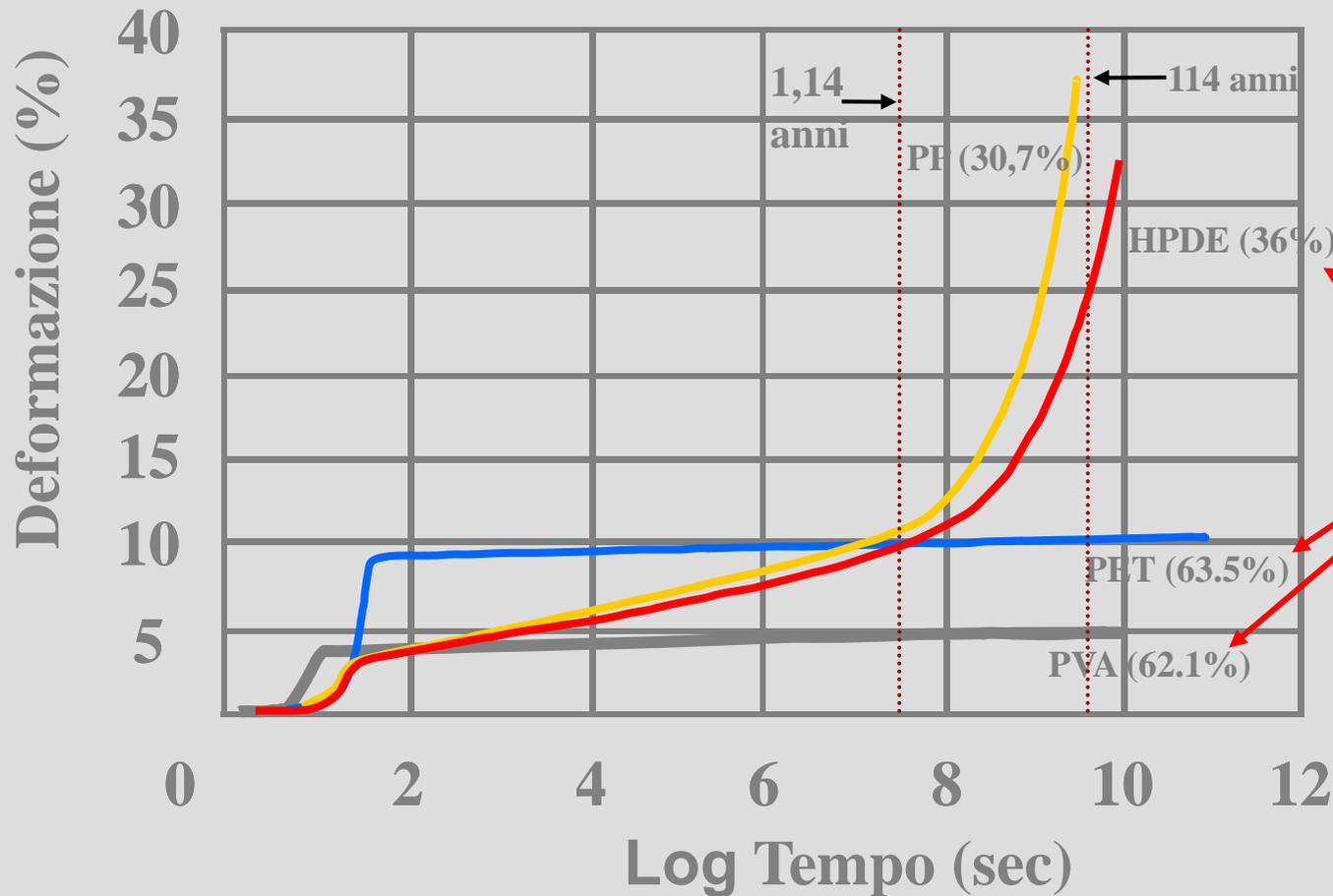


$$T_{des} = \frac{F_{creep} \cdot T_{k\,ult}}{f_m \cdot f_d \cdot f_e}$$



Deformazione per creep dei geosintetici di rinforzo

(GRI GS10)



$$T_{des} = \frac{F_{creep} \cdot T_{k\,ult}}{f_m \cdot f_d \cdot f_e}$$

Fonte:
Lothspeich – Thornton
Eurogeo 2000

FATTORE DI DANNEGGIAMENTO MECCANICO

Fattore di riduzione che si determina mediante prove di danneggiamento meccanico effettuate su ogni tipo di geogriglia (prodotto, polimero, resistenza) cambiando il materiale di riempimento (argille, sabbie, ciottoli, ghiaia frantumata, ecc.)

$$T_{des} = \frac{F_{creep} \cdot T_{k\,ult}}{f_m \cdot f_d \cdot f_e}$$

Esempio: geogriglie di 80 kN/m

Terreno	Variazioni di f_d per tipo di geogriglia
Argilla - sabbia	1,0 – 1,20
Ghiaia	1,05 – 1,45
Ghiaia frantumata	1,05 – > 1,50

E' consentito adottare il fattore di riduzione di una geogriglia di minore resistenza per una geogriglia di maggiore resistenza appartenente alla stessa famiglia

FATTORE RIDUZIONE PER ATTACCO CHIMICO

Fattore di riduzione che si determina mediante prove di danneggiamento chimico effettuate su ogni materiale (polimero) in funzione del pH

$$T_{des} = \frac{F_{creep} \cdot T_{kult}}{f_m \cdot f_d \cdot f_e}$$

pH del terreno	Variazioni di f_e per tipo di geogriglia	Materia prima geogriglia
2-4	1,0 – 1,05 1,15 – 1,20	HDPE - PVA PET
4 - 9	1,0 1,0 – 1,05	HDPE - PVA PET
9 - 10	1,0 1,10 – 1,20	HDPE - PVA PET
10 - 12	1,0	HDPE - PVA
12 - 13	1,0 – 1,20	HDPE - PVA



CONSIDERAZIONI:

- Da un punto di vista prestazionale, in un geosintetico di rinforzo è determinante la **TENSIONE DI PROGETTO A LUNGO TERMINE** e **NON** la **RESISTENZA A BREVE TERMINE**.

$$T_{des} = \frac{F_{creep} \cdot T_{k\,ult.}}{f_m \cdot f_d \cdot f_e}$$

- L'AFFIDABILITA' DEI **FATTORI DI RIDUZIONE** da applicare nel calcolo della tensione ammissibile può essere verificata solo attraverso **PROVE NORMALIZZATE** e **CERTIFICATI RILASCIATI DA ISTITUTI ACCREDITATI**.



ing. Pierpaolo Fantini

Interventi di biodiversità negli interventi di
Ingegneria Naturalistica e Verde Tecnico
Roma -25 febbraio 2011

CERTIFICATI:

- **Marcatura CE: normativa europea vigente**
- **ISO 9001:2000 certificato di qualità della produzione**
- **Tensione ammissibile delle geogriglie (BBA/BS 8006, ITC, ecc.)**
- **Certificati di prove di laboratorio: CESI (IT) ,TBU (DE), TRI (USA), ecc.**



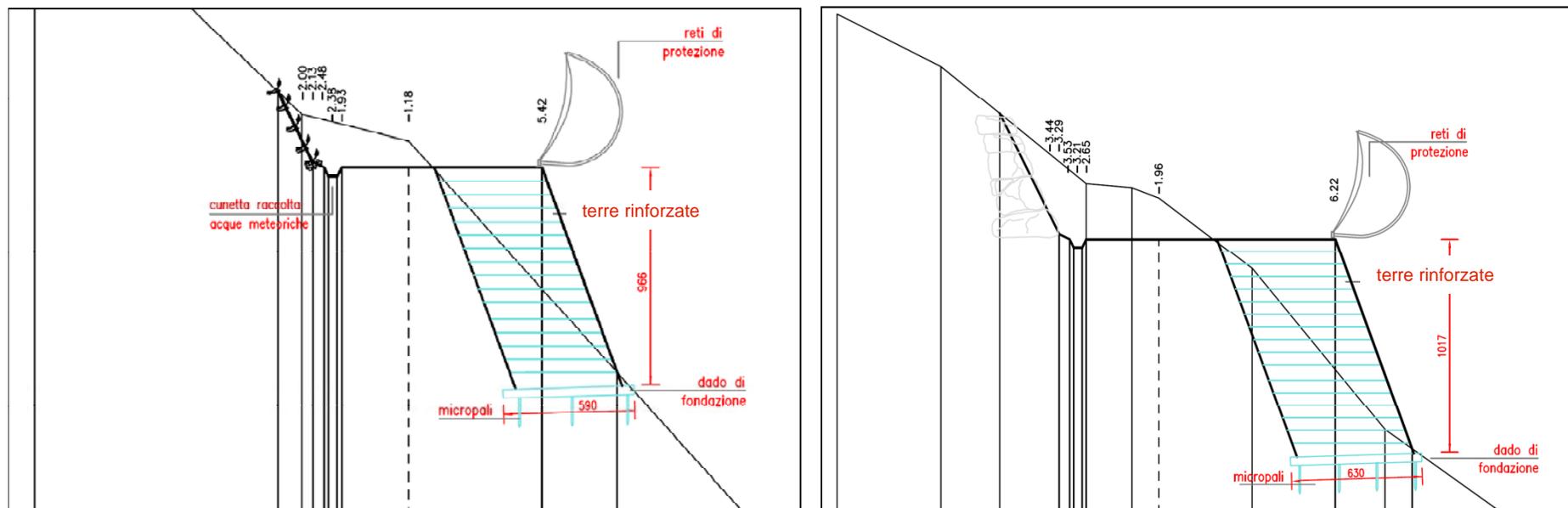
ing. Pierpaolo Fantini

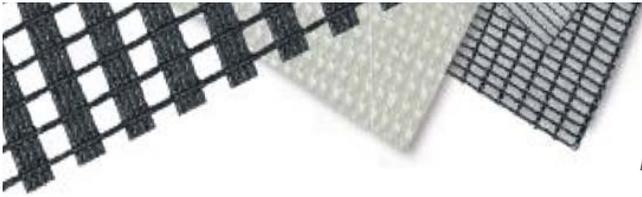
Interventi di biodiversità negli interventi di
Ingegneria Naturalistica e Verde Tecnico
Roma -25 febbraio 2011

Allargamento pista sciabile di Temù-Ponte di Legno-Tonale Pista di Sci Alpino Pegrà Bassa – tratto inferiore e superiore Ponte di Legno – Tonale (BS)

Inquadramento del problema

- La società SIAV spa (Società Infrastrutture Alta Val Camonica) nel progetto di allargamento della pista di sci Alpino Pegrà Bassa ha impiegato nelle opere di sostegno **tecniche di ingegneria naturalistica quali le terre rinforzate, le grate vive, e scogliere in massi ciclopici.**

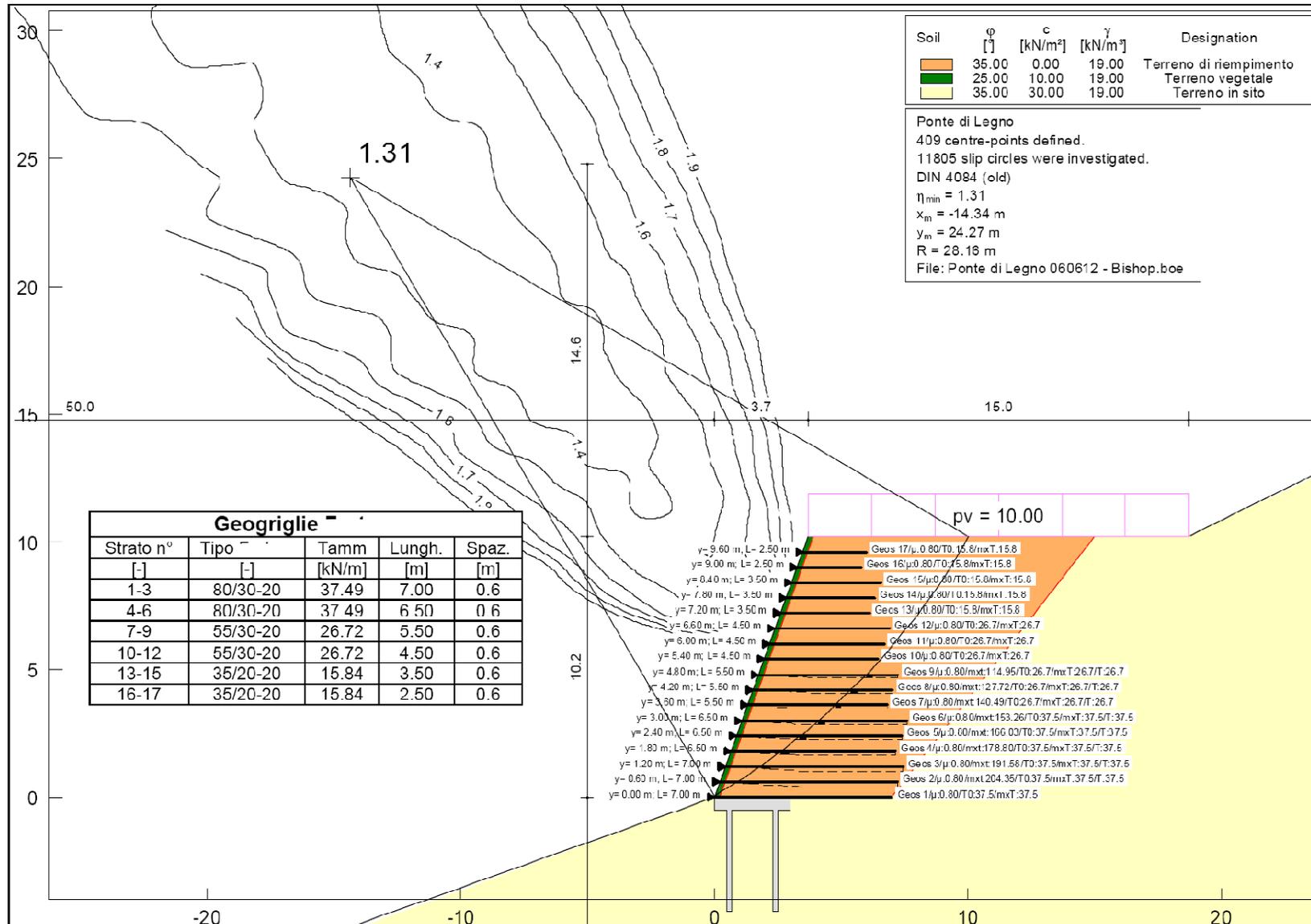


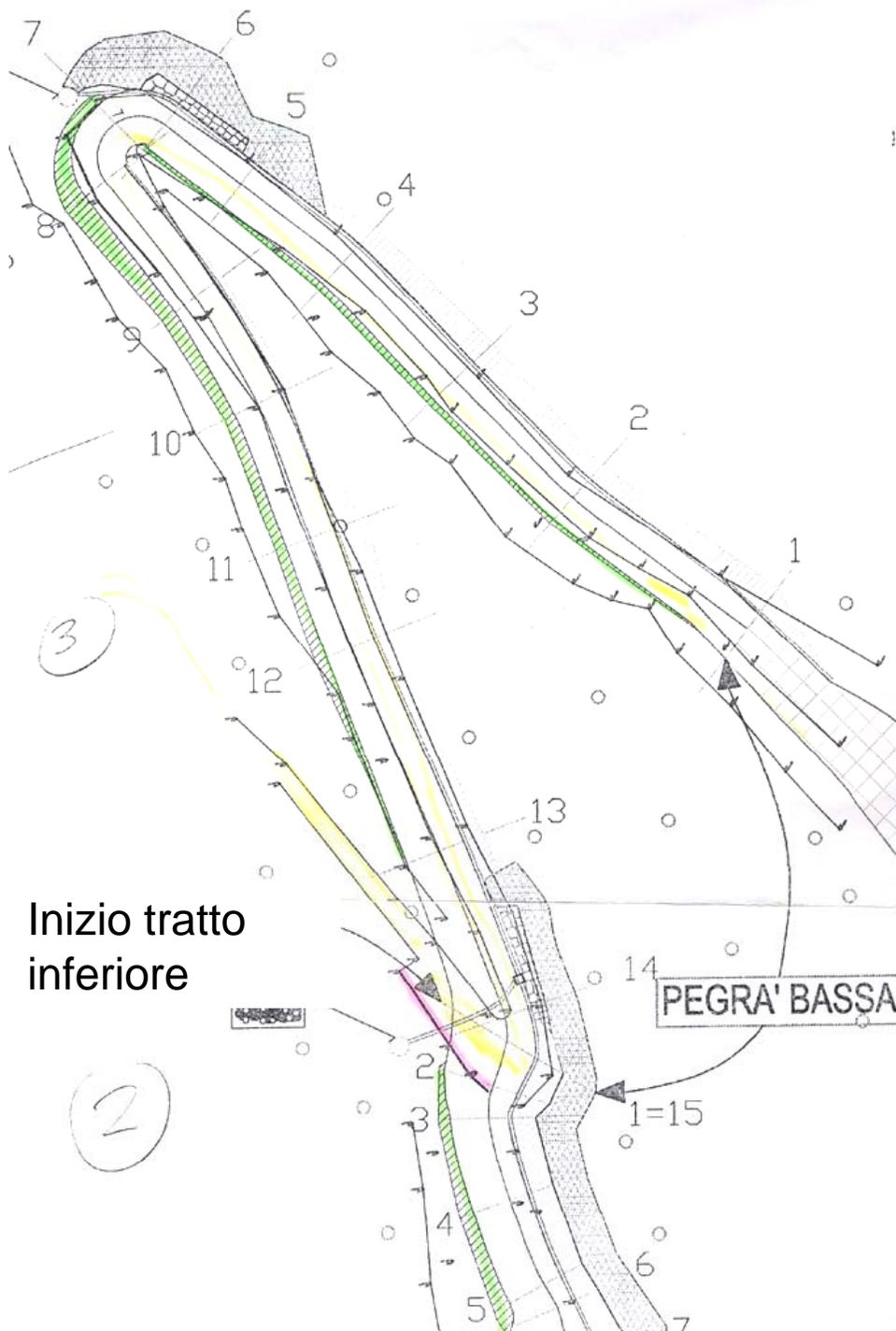


Interventi di biodiversità negli interventi di Ingegneria Naturalistica e Verde Tecnico

Roma -25 febbraio 2011

ing. Pierpaolo Fantini





Inizio tratto inferiore





ing. Pierpaolo Fantini **Interventi di biodiversità negli interventi di
Ingegneria Naturalistica e Verde Tecnico**
Roma -25 febbraio 2011







ing. Pierpaolo Fantini

Interventi di biodiversità negli interventi di
Ingegneria Naturalistica e Verde Tecnico
Roma -25 febbraio 2011





ing. Pierpaolo Fantini

Interventi di biodiversità negli interventi di
Ingegneria Naturalistica e Verde Tecnico
Roma -25 febbraio 2011





ing. Pierpaolo Fantini

Interventi di biodiversità negli interventi di
Ingegneria Naturalistica e Verde Tecnico
Roma -25 febbraio 2011

Ravaschetto - Zoncolan

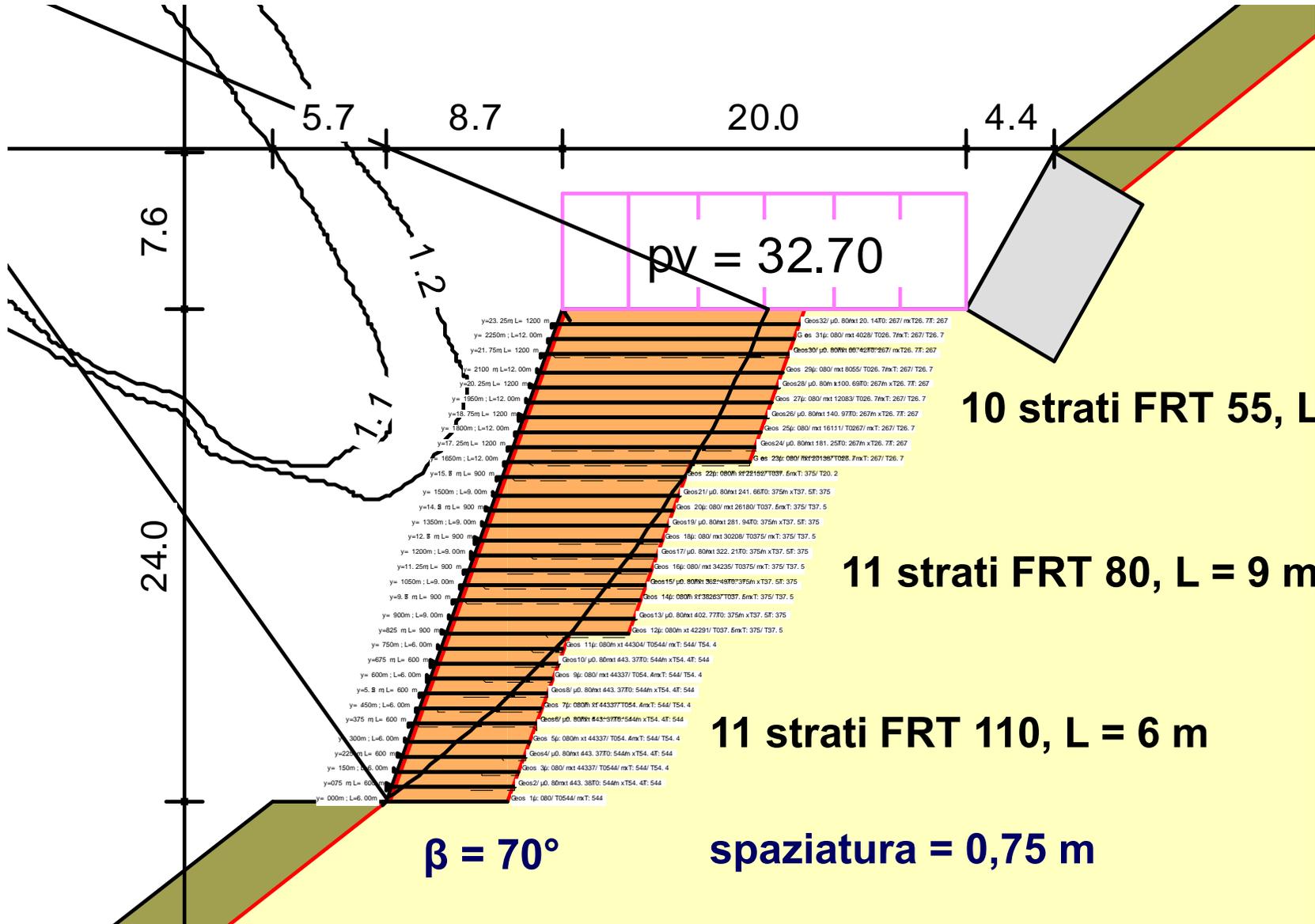
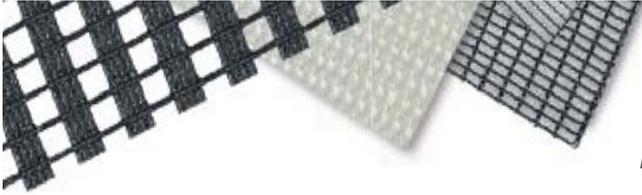
Nuova pista da sci



ing. Pierpaolo Fantini

Interventi di biodiversità negli interventi di
Ingegneria Naturalistica e Verde Tecnico
Roma -25 febbraio 2011







04.10 10:18





04.10 12:43



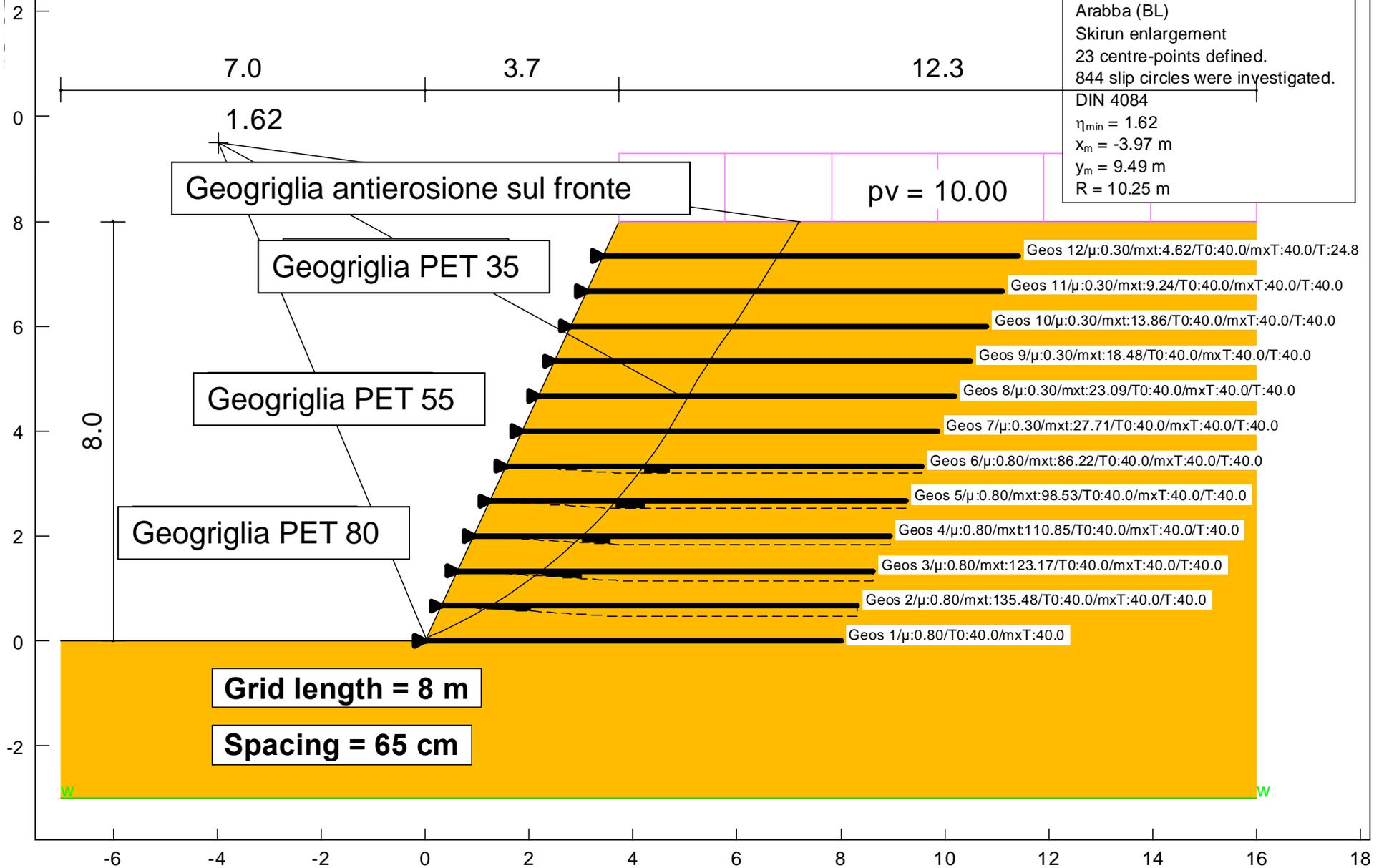
ing. Pierpaolo Fantini Interventi di biodiversità negli interventi di
Ingegneria Naturalistica e Verde Tecnico
Roma -25 febbraio 2011



Allargamento pista di sci Arabba (BL)

Soil	ϕ	c	γ	pw	Designation
	30.00	0.00	20.00	0.00	Terreno in sito

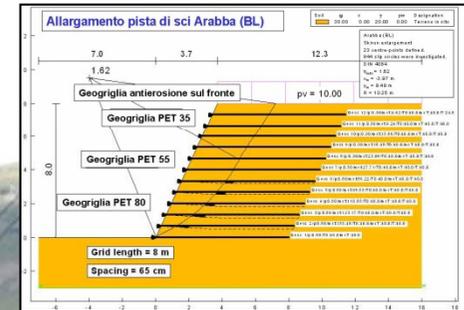
Arabba (BL)
 Skirun enlargement
 23 centre-points defined.
 844 slip circles were investigated.
 DIN 4084
 $\eta_{min} = 1.62$
 $x_m = -3.97$ m
 $y_m = 9.49$ m
 $R = 10.25$ m







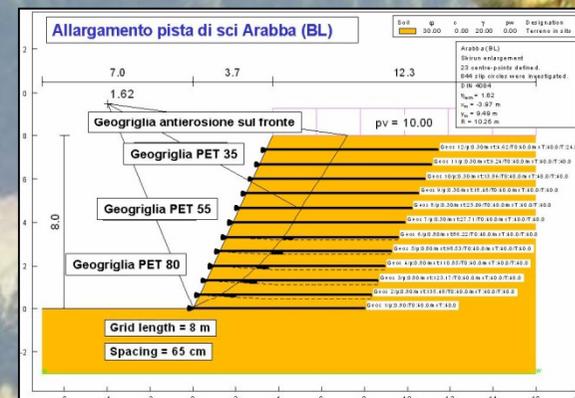
ing. Pierpaolo Fantini **Interventi di biodiversità negli interventi di Ingegneria Naturalistica e Verde Tecnico**
Roma -25 febbraio 2011



COMPATTAZIONE!



ing. Pierpaolo Fantini **Interventi di biodiversità negli interventi di Ingegneria Naturalistica e Verde Tecnico** Roma -25 febbraio 2011









ing. Pierpaolo Fantini

Interventi di biodiversità negli interventi di
Ingegneria Naturalistica e Verde Tecnico
Roma -25 febbraio 2011

Terre rinforzate in opere di “alternative”, verde tecnico?







Torino, Parco d'Arte Vivente - Trèfle

Un'opera d'arte di Dominique Gonzales Foerster





Torino, Parco d'Arte Vivente - Trèfle

Un'opera d'arte di Dominique Gonzales Foerster





Interventi di biodiversità negli interventi di
Ingegneria Naturalistica e Verde Tecnico
Roma -25 febbraio 2011

ing. Pierpaolo Fantini

Torino, Parco d'Arte Vivente - Trèfle

Un'opera d'arte di Dominique Gonzales Foerster

