

### Fiumi e canali, acque interne, bacini

- Rivestimento in cls canali/bacini (sponde e fondo)
- Rinforzo arginature in terra rinforzata
- Filtri sotto rivestimento in pietrame
- Impermeabilizzazione con geomembrane (sintetiche, bentonitiche) canali, vasche e bacini
- Drenaggio sotto strati impermeabili
- Overtopping, tracimazione dei fiumi sugli argini
- Protezione contro l'erosione con georeti e biotessili



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

1

### Impermeabilizzazione con Geocompositi Bentonitici

#### Geocompositi Bentonitici Geosynthetic Clay Liners (GCLs)



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

2

- Due geosintetici interconnessi

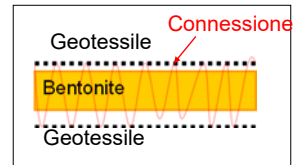
- Bentonite (70-90% in Montmorillonite) interposta due geosintetici

- Effetto impermeabile per rigonfiamento confinato della bentonite

- Strato copertura (confinamento) richiesto (protezione, disidratazione, ripartizione carico)

- Copertura con terreni molto permeabili (es. Pietrame) non sono la soluzione per prevenire danneggiamento da effetto gelo/disgelo (strato intermedio ad es. Sabbia) - Sovrapposizione giunti con pasta bentonitica

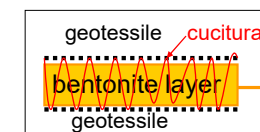
- Sistema impemeabile a cedimento leggero: sono tollerati e possibili assestamenti del terreno (di lieve entità)



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

3

#### Concetti base: Clayey Geosynthetic Barriers (GBR-C) alias Geosynthetic Clay Liners (GCLs)



70 %-90 % Montmorillonite

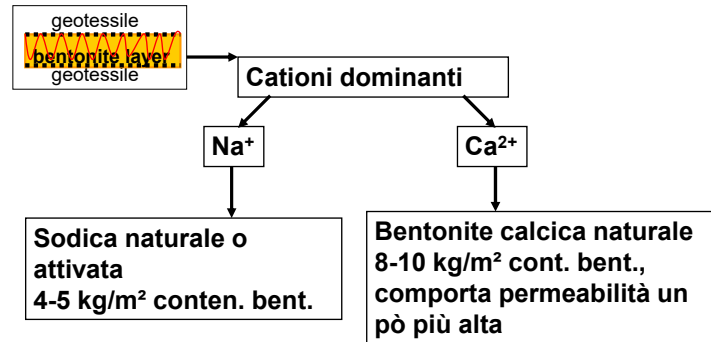
- Minerale a 3-strati
- Elevata superficie specifica
- Cristalli a carica negativa
- cationi  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$

- Elevato assorbimento di acqua & capacità di espansione
- Elevata capacità di scambio cationico
- permeabilità molto bassa

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

4

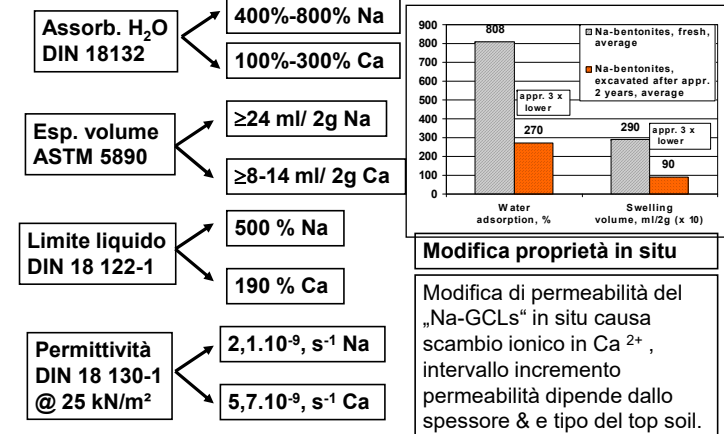
### Concetti base: BENTONITE



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

5

### BENTONITI SODICHE & CALCICHE

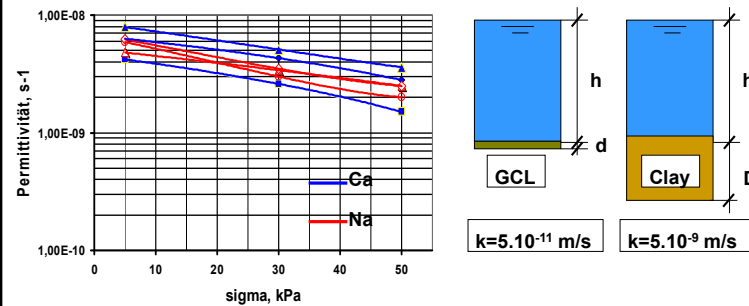


Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

6

### PERMEABILITA' & PERMITTIVITA' all'acqua

#### Permittività vs. carico



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

7

### TIPI & CARATTERISTICHE GCL



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

8

## VANTAGGI DEL RIVESTIMENTO



- evita rigonfiamento immediato → permette posa con pioggia
- evita essiccazione immediata e rapida
- rende il GCL più resistente al danneggiamento meccanico

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

9

## L'effetto del rivestimento (coating) del vs. l'essiccazione

Ricerca di "University of Federal Armed Forces", Monaco  
- Germania

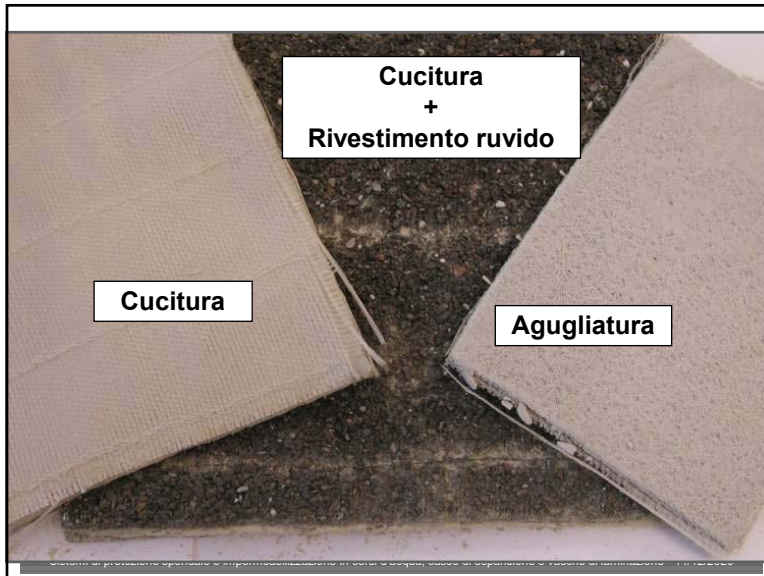
Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

10

Cucitura  
+  
Rivestimento ruvido

Cucitura

Agugliatura



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

11

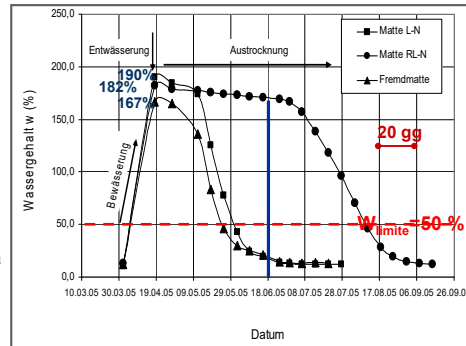
- ◆ Prove comparative su due campioni non rivestiti ed uno rivestito
- ◆ Quantificazione dell'essiccazione misurando il contenuto d'acqua della bentonite (W)
- ◆ Idratazione per 18 giorni seguita da una lenta essiccazione (temperatura ambiente) @ 18 kN/m<sup>2</sup>
- ◆ Registrazione della variazione della massa dei campioni fino alla fine del test

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

12

## Andamento contenuto d'acqua

- ◆ Idratazione 18 giorni,  $W_{\text{iniziale}} = 170\% - 190\%$
- ◆ Inizio essiccazione, ogni 7 giorni misura della massa dei campioni fino a  $W=12\%$ ; durata prove 90 giorni per L-N & NSP e 140 giorni per RL-N
- ◆ L-N & NSP presentano veloce perdita d'acqua fino a  $W$  di ca. 25 % in 50 giorni, mentre nello stesso tempo RL-N ha ancora  $W=170\%$  !

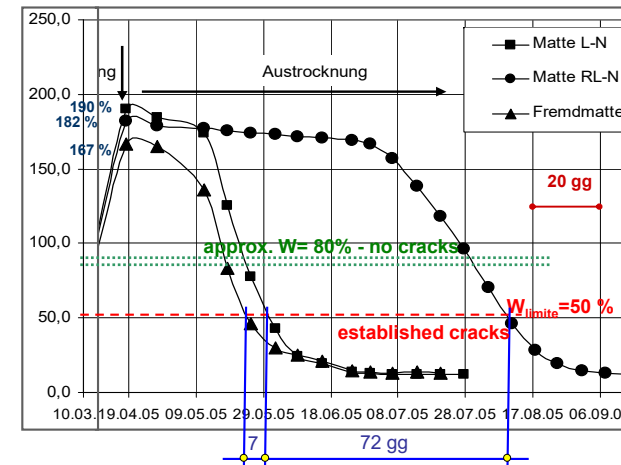


**Attenzione**  
il limite del contenuto d'acqua per inizio **fessure da essiccazione** è 50 %!

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

13

## Principali differenze



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

14

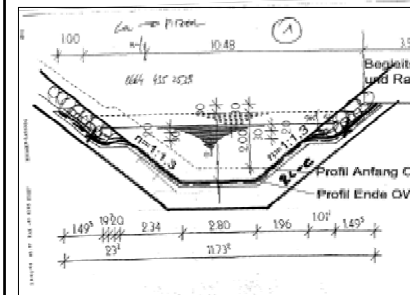
- ◆ Index test: periodi asciutto/bagnato cambiano spesso in situ, la bentonite è di solito parzialmente saturata, una completa idratazione è rara (se non in applicazioni idrauliche)
- ◆ le differenze di velocità di essiccazione fra GCL rivestiti e non, è elevata
- ◆ Il rivestimento superficiale riduce drasticamente la perdita di umidità dal GCL
- ◆ A parità di condizioni GCL rivestito è più sicuro contro l'essiccazione rispetto ai prodotti non rivestiti → il comportamento idraulico a lungo termine è certamente migliore

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

15

## Impermeabilizzazione con Geocompositi Bentonitici

Canale "Ritzersdorf" A, 2004  
20.000 m<sup>2</sup> NaBento RL-C



connessione al cls con colla bituminosa

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

16





17



18



19



20

### Impermeabilizzazione con geocompositi bentonitici

**Soluzione:** Impermeabilizzazione laghetto nel parco comunale sul  
isola fiume Adda

**Materiali:** **NaBento RL-C**

**Cantiere:** Isola Borromeo - Cassano d'Adda (MI)



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

21

### Impermeabilizzazione con geocompositi bentonitici



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

22

### Impermeabilizzazione con geocompositi bentonitici



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

23

### Impermeabilizzazione con geocompositi bentonitici



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

24



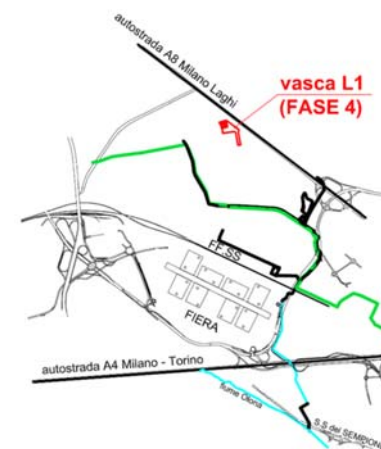
**Progetto:** Vasca volano L1, Arese. Opere regionali di sistemazione idraulica del fontanile Cagnola

**Materiali:** Geocomposito bentonitico cucito e irruvidito

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

25

### Vasca laminazione Arese



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

26

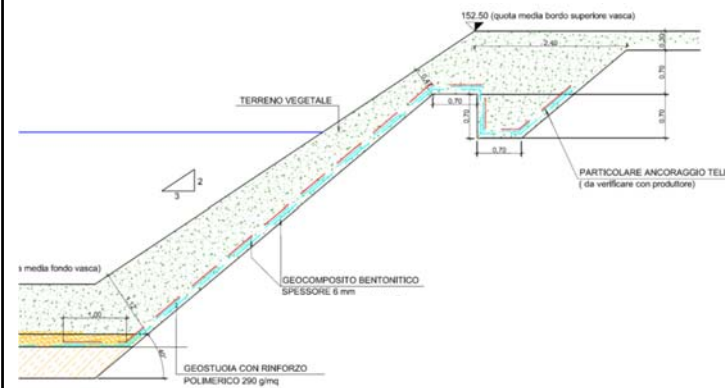
### Vasca laminazione Arese



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

27

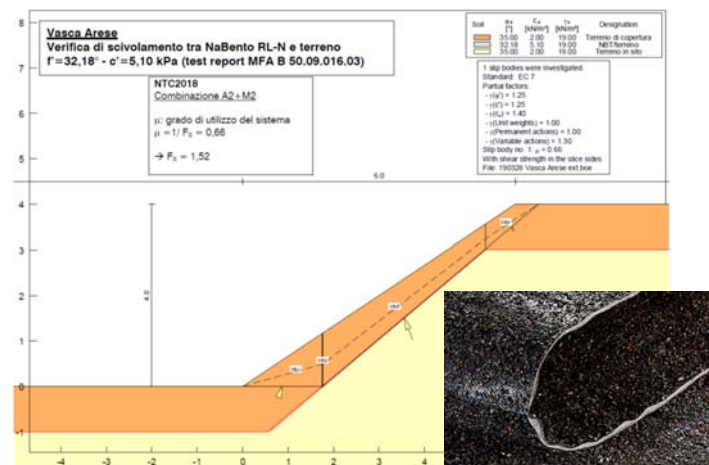
### Vasca laminazione Arese



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

28

### Vasca laminazione Arese



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

29

### Vasca laminazione Arese



10/04/2019

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

30

### Vasca laminazione Arese



15/05/2019

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

31

### Vasca laminazione Arese



15/05/2019

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

32



Vasca laminazione Arese



20/09/2019

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

33

Vasca laminazione Arese



20/09/2019

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

34

Vasca laminazione Arese



20/09/2019

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

35

Vasca laminazione Arese



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

36

Vasca laminazione Arese



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

37

Vasca laminazione Arese



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

38

Vasca laminazione Arese



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

39

Vasca laminazione Arese



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

40



### Vasca laminazione Arese



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

41

### Vasca laminazione Arese



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

42

### Vasca laminazione Arese



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

43

### Bacini innnevamento

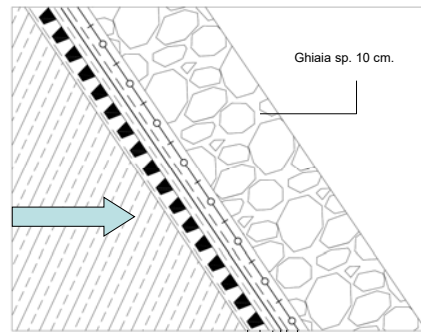
- Soluzione:** Bacino di accumulo idrico per innnevamento artificiale:  
40.000 m<sup>3</sup>
- Materiali:** Geocomposito drenante, Geogriglia 3D, membrana FPO
- Cantiere:** Campolongo Arabba (BL)



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

44

## Bacini innnevamento



## Pacchetto lato monte



Terreno in sito

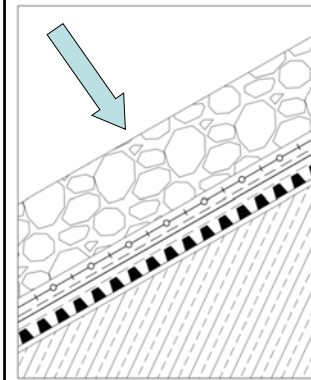
Geogriglia 3D  
nontessuto 700 g/mq  
Membrana  
nontessuto  
nucleo drenante  
nontessuto

Geocomposito drenante

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

45

## Bacini innnevamento

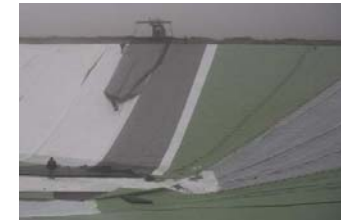


## Pacchetto lato valle

Ghiaia sp. 10 cm.

Geogriglia 3D  
Nontessuto 700 g/mq  
Membrana  
Nontessuto  
Nucleo drenante

Geocomposito drenante

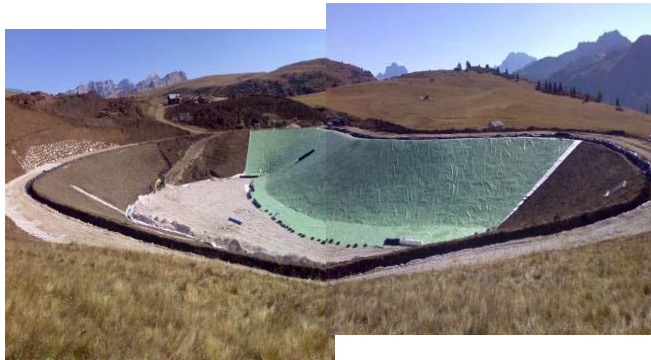


Argine

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

46

## Bacini innnevamento



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

47

## Bacini innnevamento



Trincea di ancoraggio speciale per problemi di ridotta larghezza del coronamento e incombimento mezzi di

Membrana  
Geocomposito drenante

Geogriglia 3D



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

48



## Bacini innnevamento



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

49

## Bacini innnevamento



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

50

## Bacini innnevamento - Pinzolo (92.000 mc)



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

51

## Bacini innnevamento - Valbiolo, Passo del Tonale (120.000 mc)



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

52

## Rivestimenti con materassi iniettabili

• Geocomposito a materasso costituito da due geotessili tessuti in poliammide e/o polietilene, collegati mediante lacci distanziatori, in modo da conformare un cassero flessibile da riempire con cls, sabbia ed ogni materiale iniettabile.

• Applicazioni: per il rivestimento di argini e fondali in canali, fiumi ed in applicazioni marittime. Utilizzati anche per la protezione delle membrane impermeabili nelle discariche

• I materassi possono essere classificati secondo le seguenti caratteristiche principali: Spessore → Peso, grado di flessibilità (o rigidità), grado di permeabilità (o impermeabilità)

• Lo spessore dei materassi può variare da 50 mm a 600 mm

• E' possibile confezionare pannelli di grandi dimensioni fatti su misura (fino a 1000 m2)

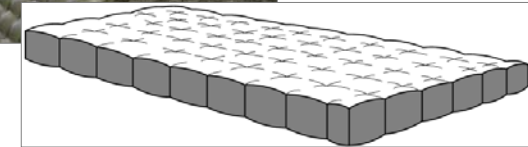
Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

53

## Rivestimento Canali



**Incomat® Standard**  
 - Spessore costante  
 - Protezione all'erosione  
 - Impermeabilizzazione



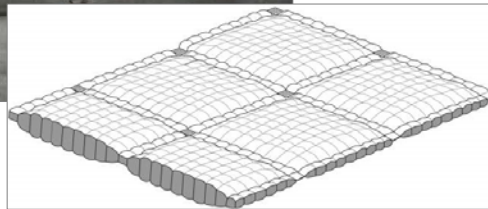
Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

54

## Rivestimento Canali



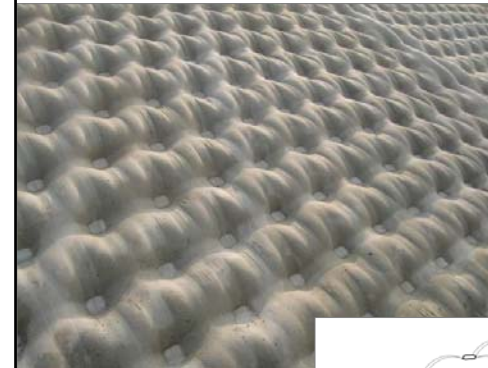
**Incomat® Flex**  
 - Rivestimento a cuscino  
 - Protezione flessibile contro l'erosione (formazione di cerniere tra cuscini)  
 - filtrazione attraverso i punti di incrocio



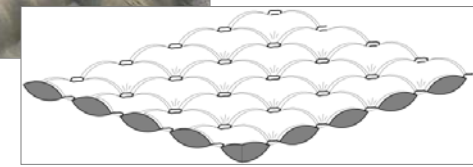
Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

55

## Rivestimento Canali



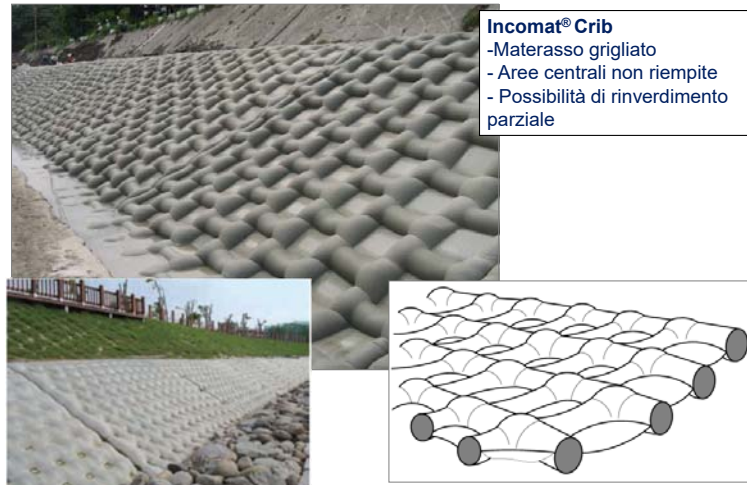
**Incomat® Filterpoint "FP"**  
 - Punti drenanti multipli  
 - Protezione rigida contro l'erosione



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

56

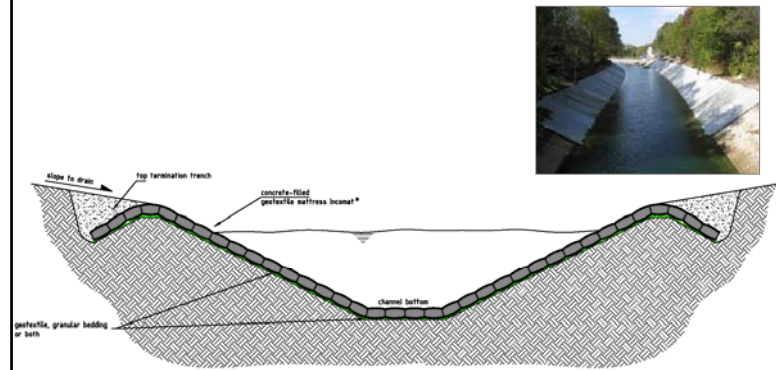
## Rivestimento Canali



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

57

## Rivestimento Canali

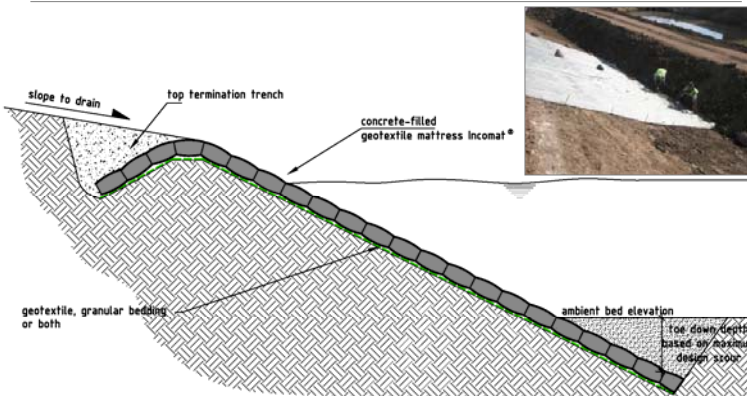


Canale rivestito su tutta la sezione

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

58

## Rivestimento Canali



Canale rivestito sulle sponde. Ancoraggio in trincea in sommità ed al piede

59

## Rivestimento Canali



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

60



## Rivestimento Canali



Confezionamento:  
Connessione con  
chiusure lampo

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

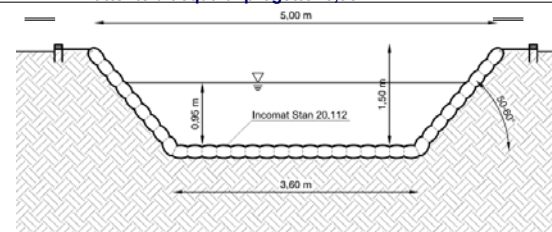
61

## Rivestimento Canali

## Progetto Morrovalle - Macerata, Marche

## Soluzione proposta:

- INCOMAT STANDARD 20.112
- Sezione trapezoidale:
  - Base 3,60 m , Altezza 1,20-1,50 m, Pendenza sponde 50°-60°
  - Larghezza base canal 3,5 – 4,00 m
  - Larghezza superiore: 5,00 m
  - Battente d'acqua di progetto: 0,95 m



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

62

## Rivestimento Canali



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

63

## Rivestimento Canali



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

64



## Rivestimento Canali



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

65

## Rivestimento Canali



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

66

## Rivestimento Canali



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

67

## LE TERRE RINFORZATE NELLE APPLICAZIONI IDRAULICHE

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

68




**PROGETTO DI RICERCA**  
Il progetto di ricerca sviluppato interamente dal servizio Ambiente e Territorio, ufficio tecnico di Bonifica, della Comunità Montana.

**GRUPPO DI RICERCA**  
Dipartimento di Scienze della Terra e Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Firenze

<http://www.cm-mugello.fi.it/sieve/index.html>

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

69



**LA SCELTA DEL SITO**


- Confluenza del torrente Muccione nel fiume Sieve, in località Zufolaia, nel comune di Vicchio.
- Presenza di una forte dinamica erosiva in essere.
- Interventi di consolidamento sottoposti ad elevate azioni da parte della corrente del fiume.

Il tratto di studio costituisce proprio un tratto di sponda che presentava fenomeni di instabilità ed in corrispondenza del quale si era verificata una rottura del rilevato arginale, richiedendo una serie di interventi di stabilizzazione e ripristino arginale eseguiti a cura della Comunità Montana del Mugello.

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

70

**TECNICHE ADOTTATE**  
La ricostruzione arginale è stata eseguita con tre tipologie diverse: a) mediante la realizzazione di gabbionate rinverdite (tipologia a tasche interne e tipologia con talee appoggiate), b) mediante la realizzazione di terre rinforzate; c) mediante la realizzazione di palificate in castagno e talee di salice.

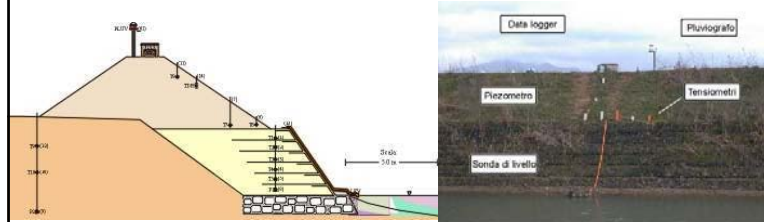


**TEMPI:**  
**Realizzazione delle varie opere:** i lavori sono iniziati i primi mesi dell'anno 2000 per concludersi in aprile dello stesso anno.  
**Idrosemina delle superfici:** è stata effettuata il 15 maggio 2000  
**Monitoraggio:** si è concluso nel dicembre 2001.

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

71

**STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO**  
In corrispondenza delle terre rinforzate è stata allestita una stazione di monitoraggio costituita dai seguenti strumenti: 10 tensimetri per la misura delle **pressioni interstiziali**; 2 piezometri per la **misura del livello di falda**; 1 pluviografo per la misura dell'**intensità di precipitazione**; 1 TDR (Time Domain Reflectometry) per la misura del **contenuto d'acqua volumetrico**; 1 sonda di livello per la misura del **livello idrometrico del fiume**; un data logger per l'acquisizione dei dati.

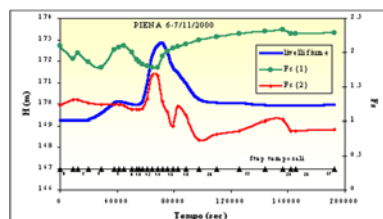


Schema della disposizione della strumentazione

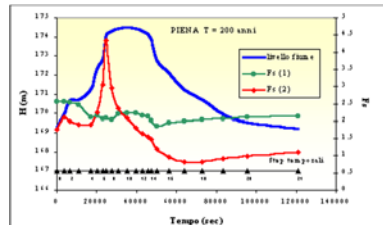
Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

72

Piena del 6-7/11/2000 accaduta 6 mesi dopo l'ultimazione degli interventi.



Piena con tempo di ritorno T=200 anni.



H (m): livello  
FS, Fattore di sicurezza  
(linea verde) variazione FS argine rinforzato  
(linea rossa) Variazione FS argine non rinforzato

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

73



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

74



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

75

#### I RISULTATI CONSEGUITI

Le **terre rinforzate** dimostrano di essere **affidabili** ed economicamente vantaggiose, e **particolarmente adatte ad essere impiegate con successo** in presenza di materiale in alveo adatto ad un impiego diretto nella costruzione. Inoltre l'applicazione di questa tecnica **consente profilature di sponda con pendenze elevate** (fino a 70° di pendenza), che consentono di **migliorare la capacità di deflusso e delle sezioni idrauliche**, e risolvere a monte il problema della diminuzione nel tempo a causa dello sviluppo naturale della flora riparia e delle talee di salice normalmente utilizzate in ingegneria naturalistica.

La realizzazione di **gabbionate** rinverdate di dimensioni rilevanti quali quelle in esame, ha dato **risultati appena sufficienti per attecchimento** e sviluppo delle talee impiegate; nel complesso sembrerebbe **poco opportuno l'impiego di questa tecnica** in condizioni simili, visti i costi di costruzione relativamente più elevati.

Ottimi risultati infine sono stati evidenziati dall'applicazione delle **palificate** che hanno mostrato buone capacità fisiche di resistenza agli eventi di piena cui sono state sottoposte, oltre alle ottime doti di adattamento ed attecchimento e sviluppo delle talee di salice impiegate



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

76



### Le geogriglie Fortrac® impiegate per il rinforzo di terreni coesivi (argille, limi) normalmente presenti in dighe ed argini .

Le dighe e gli argini realizzati nell'ingegneria idraulica come protezione contro le inondazioni, vengono realizzati utilizzando terreni fini (argille, limi, ecc.) a bassa permeabilità all'acqua.

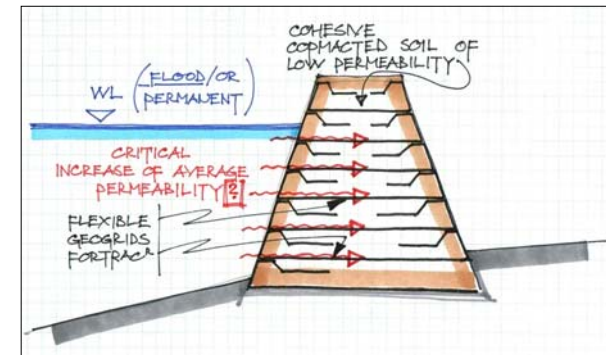
A volte questi rilevati possono essere rinforzati con geogriglie (alla base o lungo le scarpate) per aumentare la stabilità.

L'influenza dei geosintetici di rinforzo nella permeabilità del corpo del rilevato è un parametro che deve essere noto per permettere di valutare il comportamento finale dell'opera da un punto di vista idraulico.

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

77

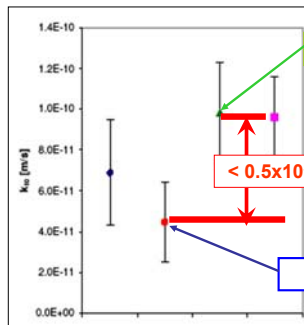
### Influenza delle geogriglie nella permeabilità dei rilevati.



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

78

### Risultati per argille

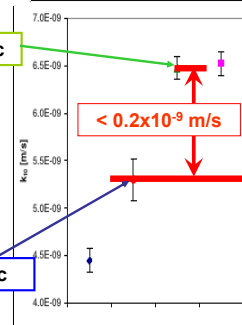


Con Fortrac

Senza Fortrac

Influenza trascurabile da un punto di vista ingegneristico

### Risultati per limi



< 0.2x10<sup>-9</sup> m/s

Senza Fortrac

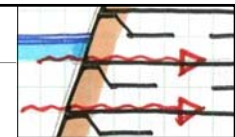
Influenza trascurabile da un punto di vista ingegneristico

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

79

## CONCLUSIONI:

### Influenza geogriglia nella permeabilità planare:



1. Può influenzare, ma è trascurabile da un punto di vista pratico.
2. Non ci sono differenze tra i risultati ottenuti per geogriglie di 35 kN/m e di 110 kN/m (quindi i risultati sono validi per le resistenze intermedie).
3. Non si verificano aumenti di permeabilità durante il periodo di prova, di alcuni giorni di durata, quindi non si sviluppano linee d'infiltrazione preferenziali.
4. I risultati sono molto consistenti, con bassa dispersione, quindi affidabili.
5. I rilevati arginali possono essere realizzati con terreni argillosi rinforzati con le geogriglie.
6. La problematica legata alla scelta del paramento (rivestimento) deve essere trattata a parte.

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

80



### Comportamento del paramento contro i fenomeni erosivi

Il grafico elaborato dal Ciria fornisce i gradi di protezione dei vari rivestimenti idraulici su scarpate sottoposte ad un'azione di flusso orizzontale (parallelo al fronte). Nel caso dei paramenti delle terre rinforzate protetti con una rete sintetica antierosione sul fronte, si può far riferimento alla curva relativa a "Meshes" (Ciria report 116).

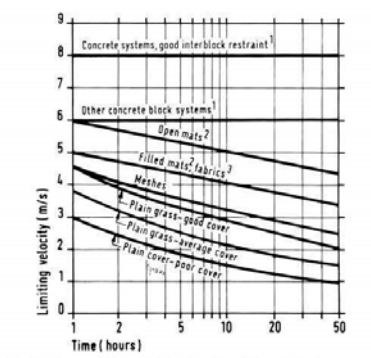


Figure 9 Recommended limiting values for erosion resistance of plain and reinforced grass  
Notes: 1. Minimum superficial mass 150 kg/m<sup>2</sup>, see Section 4.3.3 for other criteria.  
2. Minimum material thickness 20 mm.  
3. Installed within 20 mm of soil surface, or in conjunction with a surface mesh.  
4. See Section 4.3.2 for other criteria for geotextile reinforcement.  
5. These graphs should only be used for erosion resistance to unidirectional flow. Values are based on available experience and information at date of this report.  
6. All reinforced grass values assume well-established, good grass cover.  
7. Other criteria (such as short-term protection, ease of installation and management, susceptibility to vandalism, etc.) must be considered in choice of reinforcement.

### SPONDE DI UN CANALE REALIZZATO CON TERRE RINFORZATE (ISOLA D'ELBA - ITALIA - 2005)

#### Dati del progetto:

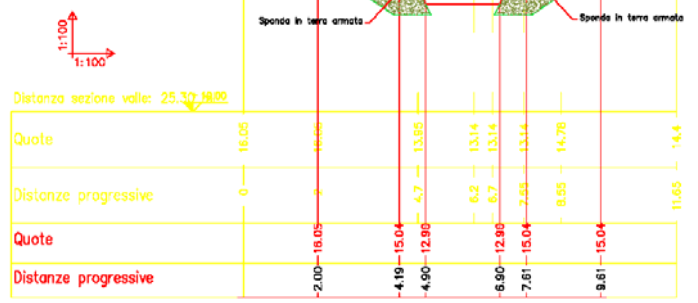
Altezza max delle sponde rinforzate: 2,40 m  
Pendenza: 70°  
Lunghezza delle sponde rinforzate: 1.500 m

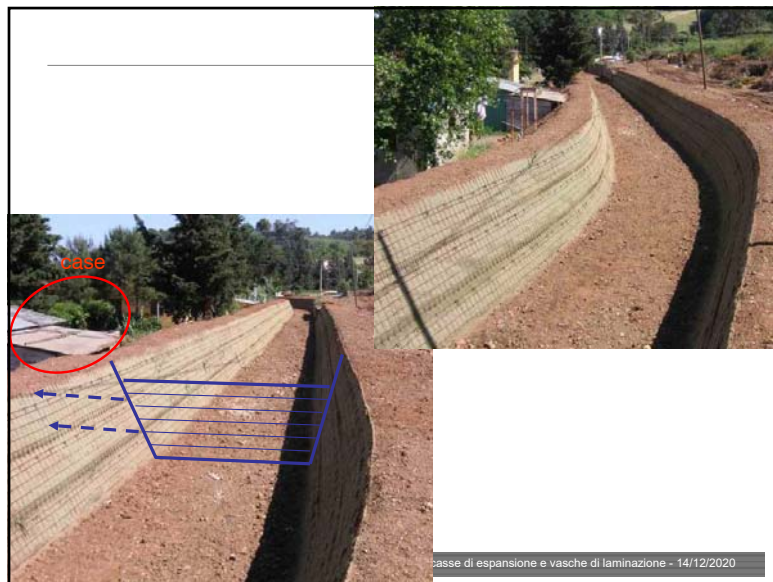
#### MATERIALI

Rinforzo: Geogriglia 35 kN/m  
Biorete antierosione in Juta  
Casseri a perdere in rete elettrosaldata

### Sezione tipica

SEZIONE 39





85

## Overtopping



1953 &amp; 1964

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

86

## Overtopping



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

87

## Overtopping

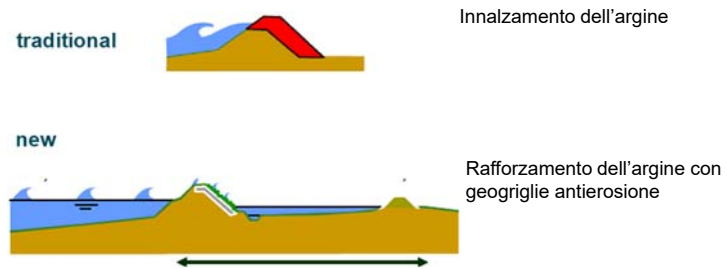
TEST DI TRACIMAZIONE (OVERTOPPING) DI ARGINI NEL PROGRAMMA DI RICERCA COMCOAST - OLANDA 2006 - 2007



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

88

## Overtopping



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

89

## Overtopping



Principali requisiti del sistema:

- struttura aperta, preferibilmente 3D
- flessibile
- elevata resistenza
- bassa deformazione
- durabile
- Interrata ad una certa profondità dalla superficie
- Economicamente conveniente
- possibilità di essere arrotolata

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

90

## Overtopping



Campi prove realizzati utilizzando geogriglie tridimensionali di 120 kN/m di resistenza, per il rinforzo della scarpata dell'argine lato campagna.

1) Metodologia provata:

- Rimozione del manto erboso di superficie ed arrotolamento
- Installazione della geogriglia tridimensionale
- Riposizionamento dell'erba rimossa

(recupero della resistenza del manto in una stagione vegetativa)

2) Metodo tradizionale: Posa della geogriglia ricoperta con terreno e semina.  
(recupero della resistenza del manto in più stagioni vegetative)

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

91

## Overtopping

### POSA



taglio del manto erboso e arrotolamento in grandi rotoli

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

92



## Overtopping

### POSA



Posa della geogriglia tridimensionale

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

93

## Overtopping

### POSA



Riposizionamento del manto erboso

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

94

## Overtopping

### Recupero della resistenza del manto erboso dopo una stagione vegetativa



Ottobre 2006

radici ancorate con il geosintetico Feb 2007

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

95

## Overtopping

### Prova in campo della resistenza all'erosione per tracimazione



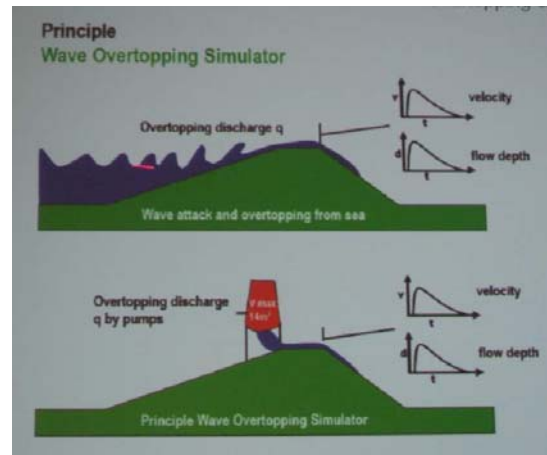
Simulatore di tracimazione

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

96



## Overtopping

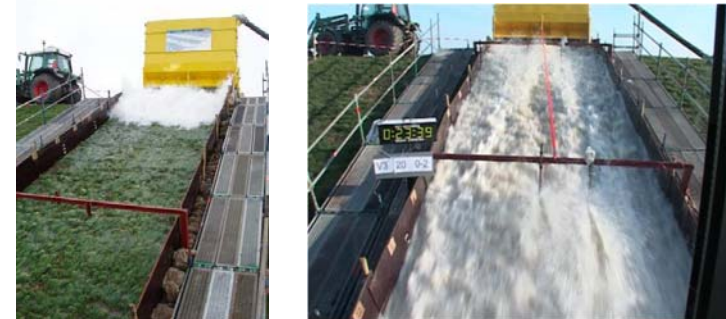


Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

97

## Overtopping

Prova in campo della resistenza all'erosione per dilavamento

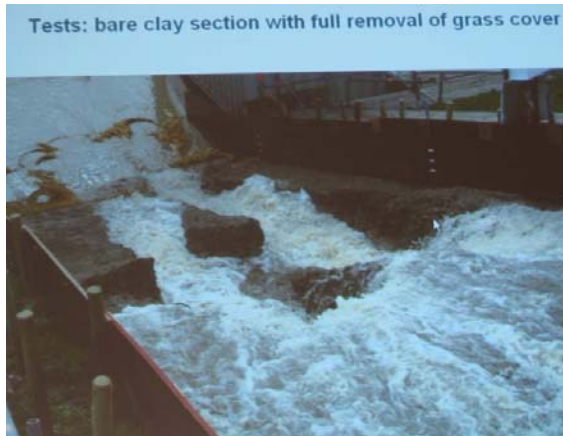


Simulatore di tracimazione

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

98

## Overtopping



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

99

## Overtopping



Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

100

## Overtopping

### Risultati della prova



Sezione non rinforzata (formazione di solchi)



sezione rinforzata

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

101

## Overtopping

### Ancoraggio delle radici durante le condizioni estreme del test



Ancoraggio delle radici alla geogriglia tridimensionale

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

102

## Overtopping

### Conclusioni del test di esondazione a Delfzijl:

#### (1) Solamente terreno argilloso sull'argine

Il test è stato fermato a **10 l/m/s**; l'erosione è iniziata già a **1 l/m/s** sull'argine; diga con argilla ad elevata coesività → argilla o limi sabbiosi eroderebbero con maggiore facilità

#### (2) Argine con sola vegetazione naturale

Con buone condizioni dell'erba, la scarpata ha retto bene fino a **50 l/m/s**. Quando si è creata una zona senza erba, si è innescata l'erosione progressiva sotto manto fino al collasso del sistema.

#### (3) Argine con vegetazione rinforzata con geogriglia 3D

Le condizioni dell'erba erano scadenti. Il sistema ha lavorato molto bene anche fino a **50 l/m/s**.

La geogriglia 3D ha ancorato le radici dell'erba. Quando è stata creata una zona senza erba, non si è verificata erosione e l'argilla sottostante è rimasta protetta dalla geogriglia 3D.

→ Il sistema con vegetazione rinforzata è molto efficace.

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

103



**# HUESKER**  
Idee. Ingegneria. Innovazione.

Grazie per la vostra attenzione



**# Your project in safe hands.**

Sistemi di protezione spondale e impermeabilizzazione in corsi d'acqua, casse di espansione e vasche di laminazione - 14/12/2020

104