

SITEBSi srl
**Rassegna
del bitume**

RIVISTA DEL SITEB-ASSOCIAZIONE ITALIANA BITUME ASFALTO STRADE

ESTRATTO DAL N° **01/86**

**Nuovo tipo di rivestimento bituminoso protettivo
drenante o impermeabile per opere idrauliche**

*Vittorio Castagnetta
Industria Italiana Petroli (Gruppo ENI), Genova.*

*P Turbiglio
Studio Dott. Ing. Claudio Marcello, Milano.*

Nuovo tipo di rivestimento bituminoso protettivo drenante o impermeabile per opere idrauliche

LA PRIMA APPLICAZIONE IN ITALIA SUL TORRENTE CERTESA A SEVESO

Ing. V. Castagnetta *

Ing. P. Turbiglio **

1. INTRODUZIONE

L'esigenza tecnico-economica di poter ottenere rivestimenti flessibili protettivi e, all'occorrenza, impermeabili di opere idrauliche in terra - variandone opportunamente lo spessore, in funzione delle necessità, da un valore minimo di 5 cm a 15 cm ed oltre - ha motivato lo studio di un nuovo tipo di rivestimento costituito da un materasso in geotessile sintetico riempito con un idoneo materiale bituminoso drenante o impermeabile.

Il particolare geotessile impiegato è un non-tessuto in poliestere in strisce di 4-10 cm di altezza, collegate fra loro in modo da formare una struttura tridimensionale a tasche esagonali di 20 cm di lato (misura standard, altre dimensioni a richiesta) denominata «Armater» (Figg. 1-2).

Il geotessile è leggero ed imputrescibile e presenta una elevata resistenza e deformabilità a trazione, come si rileva dalle seguenti caratteristiche:

- peso per unità di superficie	: 320 g/m ²	— Norma AFNOR G07001
- spessore medio delle strisce	: 1,17 mm	
- resistenza a trazione	: 110 kg ± 15	
- allungamento a rottura	: 40% ± 8 %	

I materiali bituminosi di riempimento possono essere scelti fra i seguenti:

- conglomerati «aperti» (drenanti), stesi e rullati in opera, caratterizzati da un contenuto di vuoti residui intergranulari pari ad almeno il 10% in volume e da un coefficiente di permeabilità di almeno 10⁻³ cm/s;
- conglomerati «chiusi» (impermeabili), ugualmente stesi e rullati in opera, caratterizzati da un contenuto di vuoti residui inferiore al 4 % in volume e da un coefficiente di permeabilità massimo dell'ordine di 10⁻¹ cm/s;
- pietriscate trattate a penetrazione con mastice bituminoso, colato in opera fino a riempimento parziale o totale dei vuoti intergranulari del pietrisco, caratterizzate dagli stessi valori dei vuoti residui e del coefficiente di permeabilità già citati per i conglomerati bituminosi aperti o chiusi.

È da notare che lo studio e la messa a punto del nuovo tipo di rivestimento bituminoso flessibile sono stati orientati e confortati dalle esperienze già conseguite separatamente con i materiali componenti.

Per quanto riguarda l'Armater, sono note infatti le applicazioni effettuate per la stabilizzazione di scarpate stradali, ove la struttura a tasche viene riempita con terreno vegetale (Fig. 3); in queste applicazioni l'Armater agisce come armatura superficiale, impedendo il generarsi di smottamenti, e l'inerbimento del terreno vegetale di riempimento contribuisce all'ulteriore stabilizzazione.

Per quanto concerne gli impieghi dei materiali bituminosi nelle opere idrauliche, sono altresì note le diverse applicazioni effettuate per la protezione ed impermeabilizzazione dei vari tipi di strutture nelle opere di ritenuta (dighe e bacini), per la sistemazione di corsi d'acqua (canali, fiumi, torrenti, ecc.) e per le opere di difesa a mare (argini, moli, pennelli, frangiflutti, ecc.).

* Industria Italiana Petroli (Gruppo ENI), Genova.
* Studio Dott. Ing. Claudio Marcello, Milano.

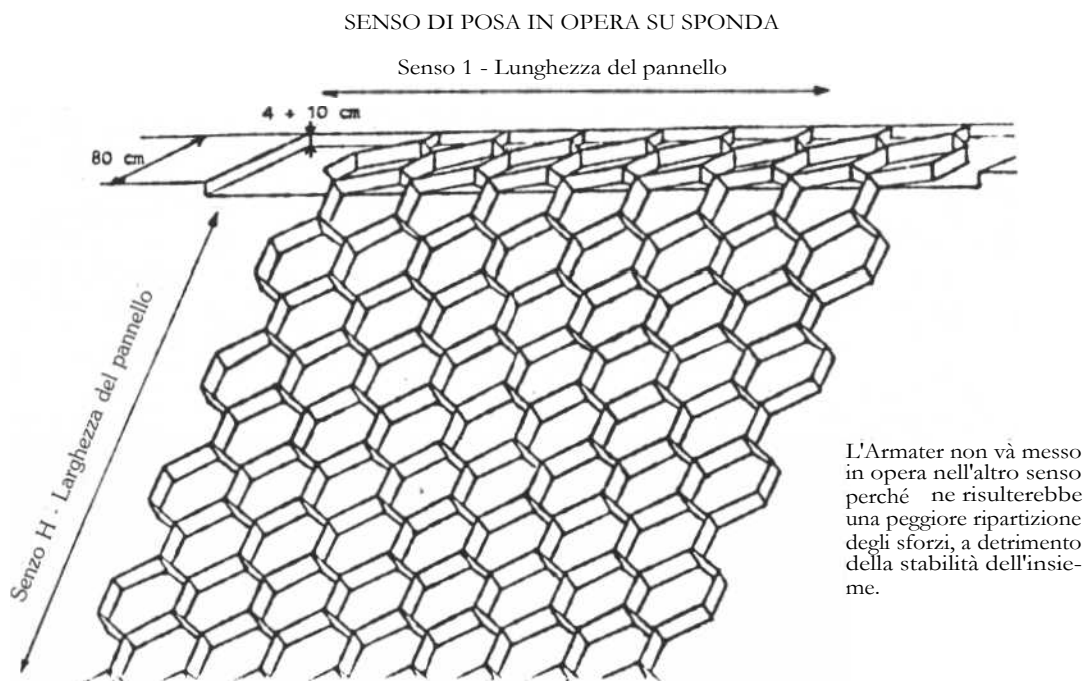
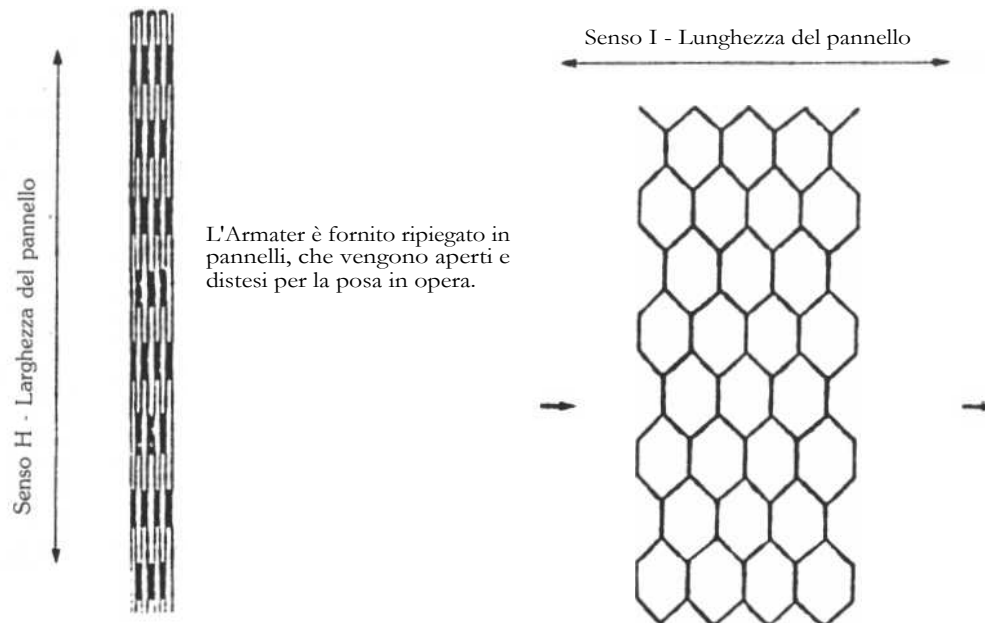


Fig. 1-2 - La struttura tridimensionale «Armater».

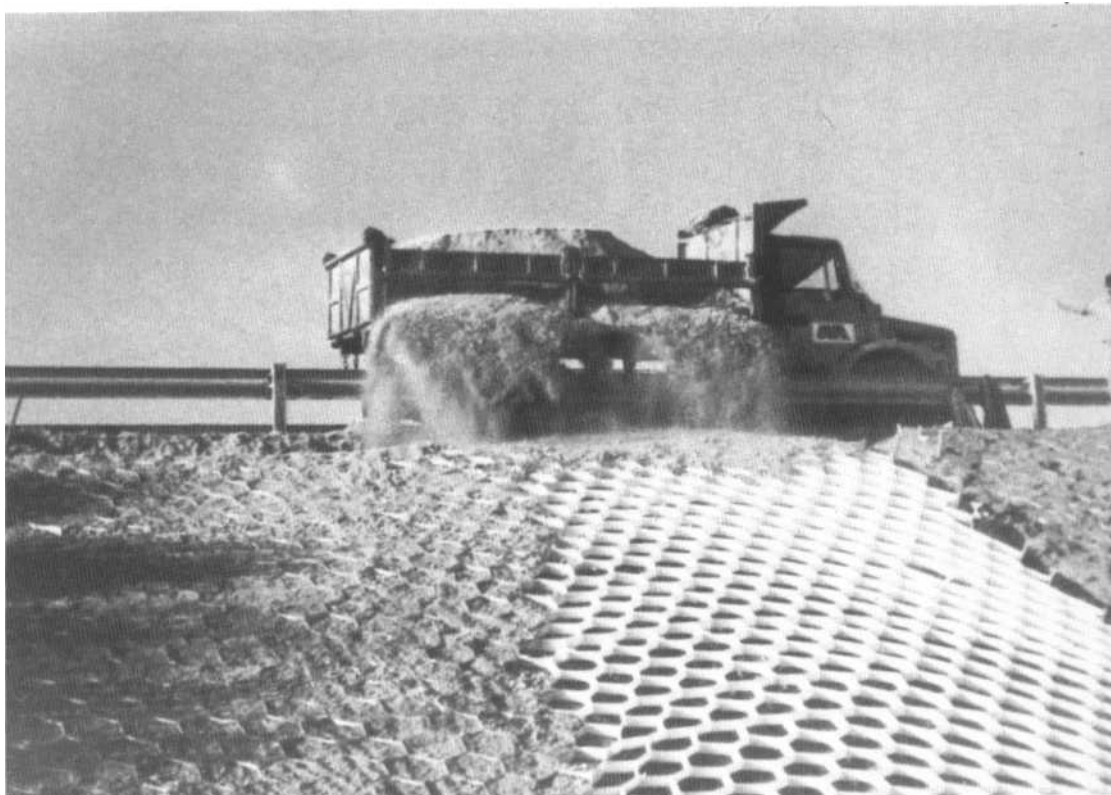


Fig. 3 - Stabilizzazione di scarpate con Armater.

2. L'INTERVENTO EFFETTUATO SUL TORRENTE CERTESA

La prima applicazione del nuovo tipo di rivestimento bituminoso idraulico protettivo è stata effettuata in Italia nell'ambito degli interventi di bonifica fatti eseguire dalla Regione Lombardia nel Comune di Seveso e, in particolare, nei lavori effettuati sotto la direzione dell'Ing. Aldo Marcello (Studio Ing. Claudio Marcello - Milano).

Lo scopo degli interventi era il disinquinamento delle aree che furono contaminate dal passaggio della nube tossica fuoriuscita dallo stabilimento dell'Icmesa.

A questo fine, all'interno della zona contaminata, immediatamente isolata, furono scavate due grandi vasche di raccolta capaci di contenere tutto il volume di materiale inquinato, stimato tramite accurati rilevamenti.

Entrambe le vasche, ad operazioni di accumulo ultimata, furono sigillate utilizzando un telo in materiale plastico (HDPE) e furono quindi ricoperte con uno strato di protezione in calcestruzzo cementizio, atto a resistere ad eventuali azioni meccaniche esterne.

La vasca di accumulo N. i (così denominata in quanto fu la prima ad essere realizzata) è lambita per un tratto di circa 150 m dal torrente Certesa (Fig. 4).

Questo corso d'acqua ha un regime di tipo torrentizio e spesso, quindi, si verificano delle piene pericolose per la stabilità delle sponde dell'alveo.

Per ragioni di sicurezza si è voluto allora proteggere, nel tratto interferente con la vasca di accumulo, la sponda sinistra del torrente Certesa.

La tipologia di protezione doveva avere caratteristiche di sicura resistenza, facile e veloce esecuzione, economicità e, non ultimo, buon inserimento nell'ambiente dal punto di vista estetico.

Sulla base delle considerazioni esposte al punto 1, si è pensato allora di utilizzare il nuovo tipo di rivestimento flessibile costituito dal materasso in Armater riempito con un materiale bituminoso.

Per quest'ultimo - in relazione al rischio che le sottopressioni idrostatiche potessero sollevare un rivestimento impermeabile, arrivando eventualmente anche a danneggiarlo - è stato scelto un conglomerato bituminoso «aperto» sicuramente drenante, tale cioè da mantenere una buona permeabilità anche dopo il costipamento in opera.

Per il lavoro in esame, la costruzione del rivestimento protettivo drenante è stata definita come segue:

stesa sulla sponda di un telo di rete in fibra di vetro preapprettato con bitume ossidato (con la doppia funzione di piano di appoggio per la migliore compattazione del conglomerato bituminoso e di armatura inferiore del materasso di rivestimento), con le seguenti caratteristiche:

grado idrolitico del filato di vetro: 2 (neutro)

punto di fusione: 1200 °C

peso unitario: 300 g/m²

n. di maglie per 100 mm in senso longitudinale: 6 a 7

n. di maglie per 100 mm in senso trasversale: 6 a 7

legatura delle maglie: giro inglese

natura dell'appretto: bitume ossidato disciolto in solventi

resistenza a trazione in senso longitudinale: 300 kg/5cm
 resistenza a trazione in senso trasversale: 300 kg/5cm
 allungamento a rottura nelle due direzioni: 4%

isteresi: nulla

ritiro a 200 °C: nullo

comportamento all'invecchiamento: stabile

comportamento alle intemperie: stabile

comportamento all'acqua salata e in generale agli agenti chimici: stabile

stesa della struttura tridimensionale Armater con altezza di 10 cm e tasche esagonali di 20 cm di lato

stesa e rullatura del conglomerato bituminoso drenante in spessore finito di 15 cm, in modo da riempire completa-

mente le tasche e da presentare uno strato continuo di copertura e protezione superiore di 5 cm di spessore.

Per quanto riguarda il conglomerato bituminoso, gli studi preventivi ed i relativi controlli di laboratorio eseguiti dagli esperti dell'Industria Italiana Petroli hanno consentito di ottimizzare la composizione e le caratteristiche come riportato nel prospetto riassuntivo di cui in Tabella 1.

Infine, prima dell'esecuzione del lavoro, è stata fatta una prova generale di produzione industriale del conglomerato bituminoso e di posa in opera nella struttura a tasche in Armater predisposta su una scarpata, che ha permesso di effettuare la messa a punto definitiva dei materiali e del procedimento costruttivo.

CONGLOMERATO BITUMINOSO DRENANTE PER PROTEZIONE SPONDA TORRENTE CERTESA-SEVESO		STUDI PREVENTIVI			CONTROLLI ESECUTIVI	
STUDI PREVENTIVI E CONTROLLI ESECUTIVI INDUSTRIA ITALIANA PETROLI S.p.A. - GENOVA		1	2	3	PROVA PRODUZIONE	ESECUZIONE
Formula di impasto:	% p.	1	2	3	4	5
- pietrischetto 12/18		40	40	15	15	20
- pietrischetto 7/12		15	15	40	40	35
- graniglia 3/7	»	25	22	22	20	27
- sabbia 0/3		17	20	20	22	15
- filler (cemento crudo)		3	3	3	3	3
		100	100	100	100	100
- bitume 60/70 additivato con 0,3% p. di dope di adesione, % in peso sugli inerti		3,0	3,0	3,0	3,5	4,0
- cherosene (Keroclina IP), % p. sugli inerti		0,9	0,9	0,9	0,9	1,0
Temperature d'impasto: aggregati,	°C	100-120	id.	id.		
filler,	°C	ambiente	id.	id.		
bitume,	°C	150-160	id.	id.		
cherosene,	°C	ambiente	id.	id.		
impasto,	°C	100-120	id.	id.	130-140	115-125
Temperatura di costipamento,	°C	min. 60	id.	id.	70-100	60-90
Composizione:				Estrazione	Estrazione	
granulometria miscela inerti:						
totale passante setaccio ASTM 3/4"	% p.	100,0	100,0	100,0	100,0	100
- » » » » 1/2"	% p.	99,6	99,6	99,8	100,0	97
- » » » » 3/8"	% p.	92,8	92,8	97,3	95,5	93
- » » » » 1/4"	% p.	51,0	51,0	59,5	69,2	61
- » » » » n. 4	% p.	37,8	38,8	40,1	49,1	47
- » » » » N. 10	% p.	18,0	20,6	20,4	28,4	19
- » » » » n. 40	% p.	8,0	8,8	8,6	15,5	9
- » » » » n. 80	% p.	4,7	4,9	4,7	9,9	6
- » » » » n. 200	% p.	3,1	3,2	3,0	6,0	4
contenuto di bitume puro, % p. sugli inerti		3,0	3,0	3,0	3,61	3,84
Caratteristiche:						
- peso specifico apparente miscela inerti,	Kg/dm ³	2,619	2,618	2,607		2,596
- densità bitume a 25/25°C,		1,020	1,020	1,020		1,020
- peso specifico apparente impasto,	Kg/dm ³	2,505	2,504	2,494		2,456
- compattazione provini, colpi su 1 faccia		10	20	20		20
- altezza media provini Marshall,	cm	8,5	12	12		15
- peso di volume provini compattati,	Kg/dm ³	2,098	2,143	2,150		2,134
- vuoti residui provini compattati,	% voi.	16,25	14,42	13,79		13,11
- permeabilità provini compattati con permeometro a colonna d'acqua di 39 cm:						
spessore medio provino,	cm	8,8	12,3	12,1		14,9
tempo deflusso acqua,	s	32,6	84	101		140
coefficiente di permeabilità,	cm/s	16,1 X 10 ⁻¹	8,7 X 10 ⁻¹	7,1 X 10 ⁻¹		6,3 X 10 ⁻¹
- peso di volume in opera (carota),	Kg/dm ³					2,096
- vuoti residui in opera (carota),	% voi.					14,66
- permeabilità in opera (carota) con permeometro a colonna d'acqua di 39 cm:						
altezza media carota,	cm					5,5 (*)
tempo deflusso acqua,	s					83
coefficiente di permeabilità,	cm/s					3,9 X 10 ⁻¹

(*) Strato superiore indisturbato della carota

Tabella 1



Fig. 4 - La vasca di accumulo N. 1 (capacità 80.000 m³) e, in fregio, il torrente Certesa.

3. ESECUZIONE DEL LAVORO

La costruzione del nuovo tipo di rivestimento bituminoso protettivo sul torrente Certesa è stata eseguita nel Giugno 1985 dalla Impresa Italimpresit di Milano con la collaborazione della Impresa Bacchi di San Donato Milanese e con la consulenza specialistica della Industria Italiana Petroli per i materiali bituminosi.

L'intervento è stato limitato solamente alla sponda sinistra per un tratto di lunghezza pari a 130 m. Si è verificato, infatti, che non si sarebbero variate le condizioni idrauliche così da causare, ad esempio, una notevole differenza di velocità dei filetti fluidi a contatto con le due sponde di cui una solamente trattata.

Come operazione preliminare, utilizzando un escavatore a braccio che lavorava sulla strada di servizio in testa alla sponda del torrente, si è eseguita la regolarizzazione della scarpata fino a sagomarla con la pendenza definitiva di 2/3.

A questo proposito è da notare che l'operazione di risagomatura non ha avuto bisogno di essere curata nei minimi particolari, in quanto uno dei pregi della struttura Armater è la flessibilità e quindi la capacità di seguire la geometria del terreno sottostante.

La perfetta finitura della sponda ha quindi più che altro un interesse estetico, che incide però sul costo dell'intervento.

Sempre utilizzando l'escavatore sono state realizzate due trincee, una in testa e l'altra al piede della sponda, atte a vincolare saldamente, come si vedrà in seguito, la struttura di protezione.

Il materiale di risulta dallo scavo della trincea al piede della sponda è stato utilizzato per realizzare l'argine di deviazione delle acque, in modo da lavorare, anche con l'ausilio di una pompa, in assenza d'acqua.

Si è quindi stesa sulla sponda la rete in fibre di vetro, sovrapponendo ai bordi le strisce di rete in modo da realizzare un telo continuo.

Al di sopra della rete sono state posate le strisce di Armater (Figg. 5-6), aventi le seguenti caratteristiche:

- larghezza (Figg. 1-2): 12 m (tagliata a metà per coprire la sponda di 6 m)
- lunghezza (Figg. 1-2): 10 m
- altezza delle tasche esagonali: 10 cm
- dimensione del lato delle tasche: 20 cm

I pannelli sono stati collegati fra loro mediante chiodatura dei lati degli esagoni finali a contatto.

L'Armater è stato ancorato al suolo mediante picchetti metallici di opportune dimensioni ed è stato accuratamente risvoltato nelle due trincee in testa ed al piede della sponda.

A questo punto è stata effettuata la messa in opera del conglomerato bituminoso preparato all'impianto di mescolamento ed avente la composizione effettiva e le caratteristiche indicate nel prospetto riassuntivo di cui in Tabella 1.

La stesa è stata realizzata tramite l'escavatore a braccio con benna non dentata, che prelevava il conglomerato bituminoso direttamente dal cassone dell'autocarro e quindi lo posava nelle tasche dell'Armater procedendo nell'operazione dall'alto verso il basso, in modo da mettere in tensione la struttura (Figg. 7-8).

Due uomini con rastrello e pala, operanti sulla scarpata, finivano manualmente la stesa rendendo la superficie continua e uniforme.

L'operazione di messa in opera del conglomerato bituminoso si è rivelata di facile e veloce esecuzione.

Una volta completata l'operazione di riempimento e di copertura di tutta la struttura, comprese le due trincee di ancoraggio, è avvenuta (ad avanzamento) la fase più delicata

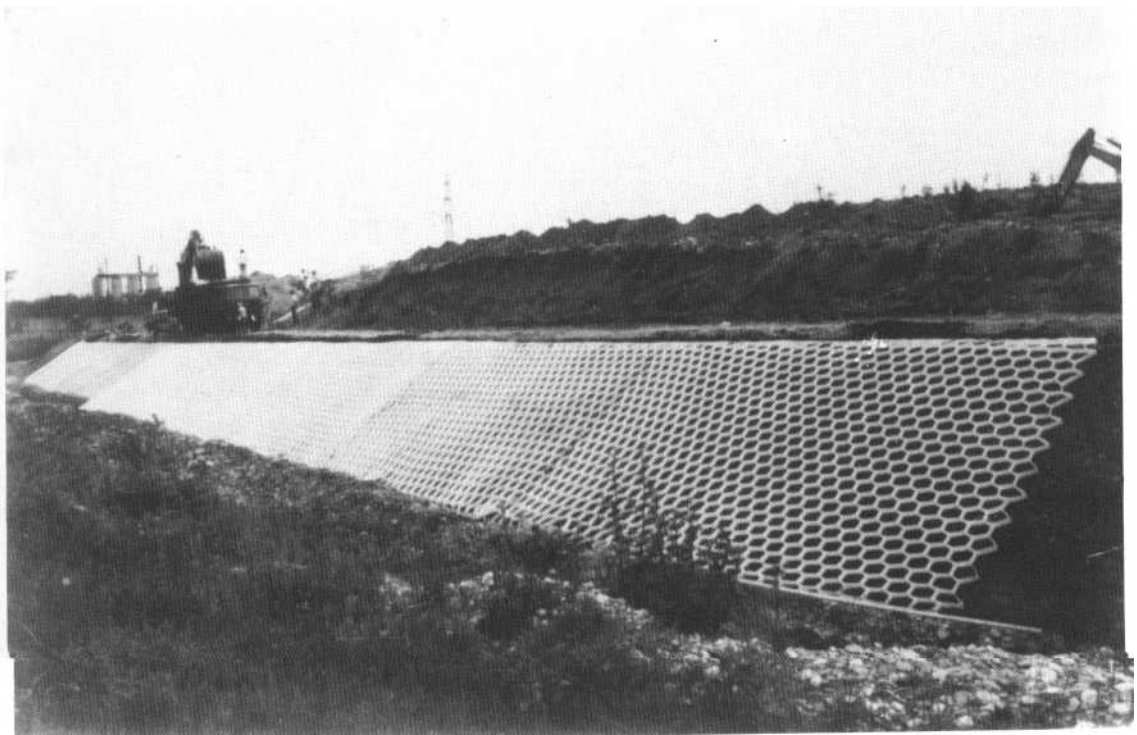
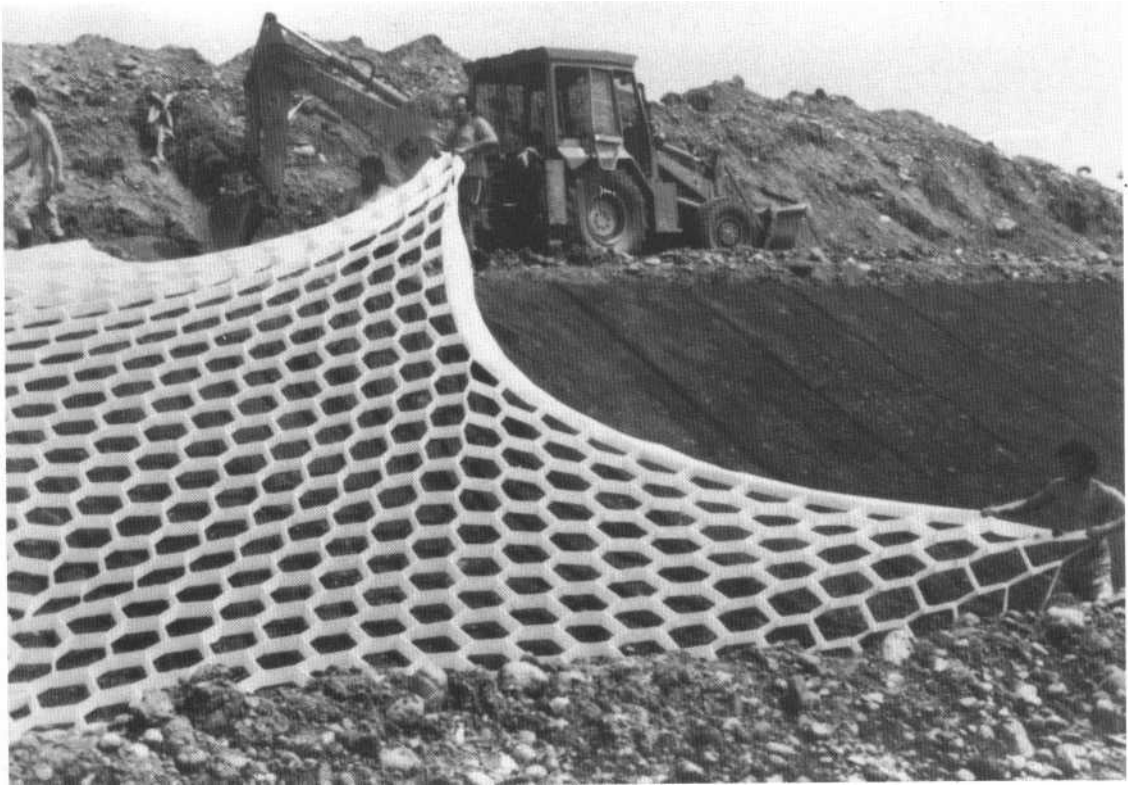
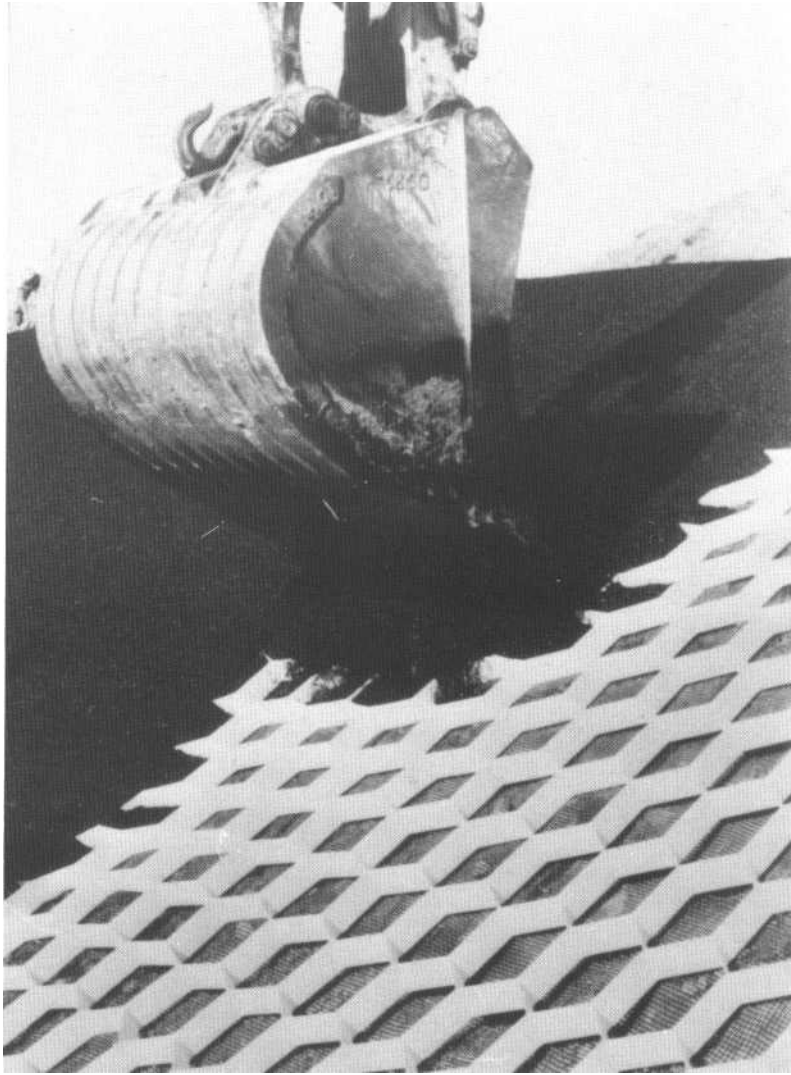


Fig. 5-6 - Stesa dell'Armater sul telo di rete in fibra di vetro preapprettato con bitume ossidato.



Figg. 7-8 - Stesa e distribuzione del conglomerato bituminoso con escavatore a braccio con benna non dentata.



ta del lavoro, e cioè la rullatura del conglomerato bituminoso. La dimensione ridotta dell'intervento (circa 1000 m^2) non ha permesso di realizzare un sistema di costipamento meccanizzato (p. es. un impianto capace di operare il rullo in senso longitudinale sulla scarpata) che avrebbe inciso in maniera sproporzionata sui costi, ma avrebbe ridotto i tempi di rullatura.

Nel caso in esame si è invece utilizzato un rullo vibrante che operava nel senso della scarpata, aiutato dal braccio dell'escavatore a cui era stato collegato tramite una fune di acciaio (Fig. 9).

Prima delle ultime passate del rullo, sul conglomerato bituminoso è stato sparso un velo di cemento che, data l'affinità con il bitume, è servito a creare una pellicola rinforzata ad ulteriore protezione della superficie del rivestimento.

A rullatura ultimata, il rivestimento ha presentato mediamente uno spessore di 15 cm, e cioè un ricoprimento medio del filo superiore dell'Armater di 5 cm (Fig. 10).

4. VALUTAZIONI TECNICHE

Il rivestimento protettivo così realizzato presenta diversi aspetti positivi che fanno prevedere interessanti possibilità di utilizzo futuro.

Il comportamento dell'Armater è stato soddisfacente e la struttura ha assolto pienamente i suoi compiti di armatura portante, così come si è confermata l'idonea lavorabilità del conglomerato bituminoso impiegato. Il comportamento statico dell'insieme, a tutto il



Figg. 9-10 - La rullatura del conglomerato bituminoso ed il rivestimento protettivo completato.

mezzo di Marzo 1986 ed anche a fronte delle piene invernali, risulta ottimo e non sono riscontrabili cedimenti o alterazioni nel rivestimento protettivo.

La superficie finale è sufficientemente uniforme, in modo da assicurare un idoneo comportamento dal punto di vista idraulico.

L'effetto estetico è senza dubbio positivo grazie anche alla spolverata superficiale di cemento che ha conferito immediatamente una colorazione tale da confondere la sponda protetta con l'ambiente circostante.

I risultati dei controlli di laboratorio, riportati in Tabella 1, hanno poi confermato l'ottenimento della voluta permeabilità del conglomerato bituminoso anche dopo l'accurata rullatura ($\mu = 4 \times 10^{-1}$ cm/s).

In definitiva, l'intervento si è dimostrato positivo sotto molti aspetti, anche se, a seguito dell'esperienza conseguita, potrebbero essere apportati ulteriori miglioramenti.

Appare quindi lecito concludere che il nuovo rivestimento bituminoso armato con Armater può essere una valida alternativa alle soluzioni tradizionali normalmente adottate per la protezione di vari tipi di opere idrauliche.

5. VALUTAZIONI ECONOMICHE

Volendo effettuare una analisi del costo del nuovo tipo di rivestimento protettivo descritto, appare preferibile riferirsi - piuttosto che al lavoro eseguito sul torrente Certesa a Seveso dove, a causa della limitata estensione, è stato impiegato un sistema operativo idoneo ma di tipo necessariamente semplificato - ad un intervento di più ampia estensione che consenta una maggiore meccanizzazione del cantiere ed un ciclo di lavorazione continua.

In tale ipotesi, in base alle osservazioni effettuate durante il primo intervento, le varie fasi esecutive possono essere migliorate e definite come segue:

- risagomatura della scarpata mediante 1 escavatore manovrato da 1 operatore, più l'ausilio di 2 manovali;
- scavo delle due trincee alla testa ed al piede della sponda mediante 1 piccolo escavatore manovrato da 1 operatore, più l'ausilio di 1 manovale;
- stesa della rete prebitumata in fibra di vetro e quindi dell'Armater, operazioni eseguite in fasi consecutive da 2 manovali;
- stesa del conglomerato bituminoso mediante 1 escavatore manovrato da 1 operatore, più l'ausilio di 2 manovali muniti di rastrello per la finitura (I);
- costipamento del conglomerato bituminoso mediante 1

rullo vibrante trainato da un argano in grado di spostarsi lungo la testa della sponda (1).

Poiché con questa organizzazione è possibile realizzare almeno 60 m di rivestimento al giorno su una scarpata di 6 m di lunghezza, per una superficie complessiva di almeno 360 m²/giorno, si può ricavare il costo unitario del rivestimento considerando una giornata di lavoro:

- mano d'opera:		
7 uomini X 8 ore/giorno		
X 20.000 L/ora	=	1.120.000 L/giorno
- mezzi d'opera (nolo, compresi operatori):		
4 macchine x 350.000		
L/giorno	=	1.400.000 »
		<hr/>
		2.520.000 L/giorno
- costo unitario mano d'opera e mezzi d'opera:		
2.520.000 L/giorno:		
360 m ²		7.000 L/m ²
- costo unitario della rete in fibra di vetro prebitumata		2.000 »
- costo unitario dell'Armater (altezza tasche esagonali 10 cm, lato esagono 20 cm)		7.500 »
- costo unitario del conglomerato bituminoso flussato (2), spessore finito 15 cm:		
70.000 L/t X 2,1 t/m ³		
X 0,15 m		22.050 »
		<hr/>
costo unitario del rivestimento di 15 cm di spessore		38.550 L/m ²

Questo costo unitario, che tiene già conto delle spese generali e dell'utile dell'impresa, risulta decisamente contenuto e concorrenziale nei confronti degli usuali sistemi di rivestimento adottati per le opere idrauliche.

Si ricorda infine che - mentre nel caso in esame è stata impiegata una struttura protettiva di 15 cm di spessore - il nuovo tipo di rivestimento consente anche soluzioni meno impegnative, fino ad uno spessore minimo di 5 cm (Armater da 4 cm e ricoprimento di 1 cm), per le quali è agevole ricalcolare i costi unitari secondo lo schema sopra indicato.

(1) Un'alternativa ulteriormente vantaggiosa può essere costituita da un carro-ponte mobile, appoggiato sulla testa ed al piede della sponda, che provvede sia alla stesa che alla rullatura del conglomerato avanzando in direzione longitudinale lungo la sponda stesa.

(2) Nel lavoro eseguito sul torrente Certesa è stato impiegato un conglomerato bituminoso flussato per conseguire una più lunga lavorabilità in relazione al sistema operativo semplificato adottato; per interventi più estesi, che consentano una maggiore meccanizzazione ed una lavorazione continua, può essere usato un conglomerato bituminoso normale con ulteriore risparmio economico.