



# **Il monitoraggio delle capacità di recupero naturale (MNR) dell'ecosistema per la bonifica dei sedimenti**

**Andrea Campioni, Victor S Magar**

Environ

## Concetti chiave sui processi di recupero naturali (MNR - Monitored Natural Recovery)

- 1. MNR è una strategia di intervento concreta e in linea con gli orientamenti normativi negli USA e in EU;
- 2. MNR è considerata tra le tre principali opzioni di intervento e non “l’alternativa del non intervento o no action”
- 3. MNR è compatibile e integrabile anche gli altri interventi di dragaggio e copertura.

## Contesto normativo

La Direttiva [2004/35/CE](#) stabilisce che nella selezione del piano di risanamento vanno compresi:

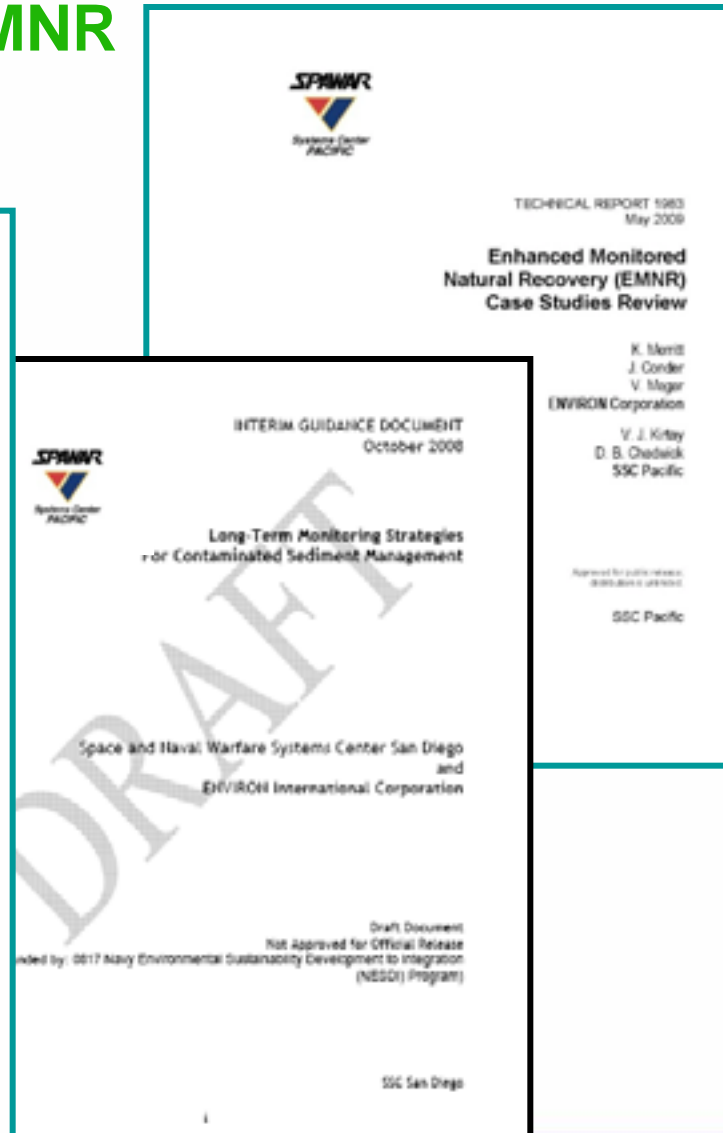
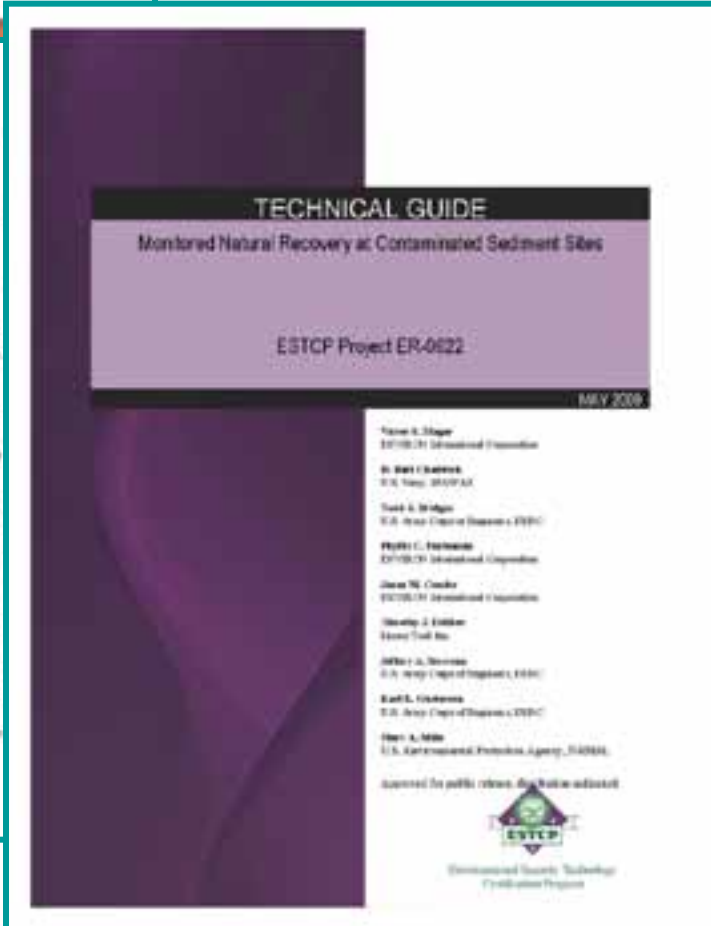
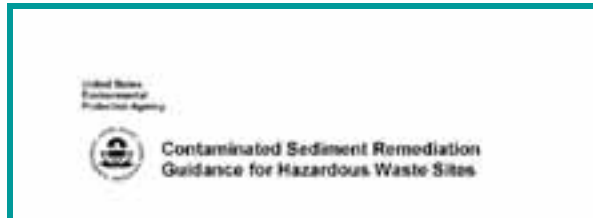
- Benefici ottenibili, (aumento della ricchezza e della diversità dell'ecosistema)
- Danni potenziali (impatto all'ecosistema generati durante il risanamento)
- Possibili misure di riparazione complementare e compensativa con metodi di equivalenza “risorsa-risorsa” o “servizio-servizio”

## Capacità di recupero dell'ecosistema

I processi di recupero naturali (Monitored Natural Recovery - MNR) svolgono un ruolo cardine per:

1. Valutare il rischio ecologico e per la salute umana per definire gli obiettivi di intervento.
2. Selezionare l'intervento in conformità con i criteri della norma.
3. Raggiungere gli obiettivi soglia di rischio nelle aree meno impattate e verificare il successo dell'intervento complessivo.

# Contributi di colleghi di ENVIRON a recente manualistica sul MNR



## Copie del manuale disponibili per distribuzione

DoD 2009 *Technical guide:*

*Monitored natural recovery at  
contaminated sediment sites.*

ESTCP-ER-0622.

<http://www.epa.gov/superfund/health/conmedia/sediment/documents.htm>

## Processi di recupero naturali

1. Trasformazione e degradazione dei contaminanti
2. Seppellimento dei sedimenti contaminati e riduzione della superficie di esposizione
3. Riduzione della mobilità e biodisponibilità dei contaminanti per adsorbimento e precipitazione
4. Trasporto all'esterno dell'area di indagine (comprende aspetti positivi e negativi)

*Precondizione per l'applicazione di MNR è che le sorgenti di contaminazione siano state rimosse*

## Condizioni iniziali di supporto dell'applicazione del MNR

- **Basso rischio iniziale** - Dimostrare che i rischi sanitari ed ecologici sono bassi.
- **Indicazioni di recupero già in atto** - Riconoscere (e quantificare) i trend di riduzione dell'esposizione agli agenti chimici e quindi del progressivo recupero di condizioni di rischio accettabili (analisi dei profili sedimentari, foto storiche).
- **Stabilità dei trend di recupero** - Valutare la stabilità sul lungo periodo del recupero tramite controlli su:
  - Fisica,
  - Geochimica,
  - Condizioni biologiche integre e salutari.



## Caratterizzazione e monitoraggio del MNR

### Stabilità chimica del sedimento

Carotaggio e analisi chimiche e geochimiche dei sedimenti  
 Analisi dell'acqua dei pori  
 Analisi di speciazione e di ripartizione degli inquinanti  
 Analisi granulometriche e TOC  
 Analisi delle acque superficiali  
 Mappatura della distribuzione inquinamento  
 Sediment profile imaging

### Stato di salute e di integrità biologica

Test sulla tossicità dei sedimenti  
 Verifica della comunità bentonica  
 Crescita biologica  
 Analisi dei residui nei tessuti biologici  
 Analisi della comunità ittica  
 Caratterizzazione dell'habitat  
 Rilievo della vegetazione acquatica  
 Istopatologia dei pesci  
 Test di biocaccumulazione in laboratorio

### Stabilità fisica del sedimento

Caratterizzazione e modellistica idrodinamica  
 Analisi geotecniche  
 Rilievi batimetrici e topografici  
 Monitoraggio in continuo della fluttuazione del livello idrico  
 Modellazione del trasporto dei sedimenti  
 Modellazione degli stress di taglio dei sedimenti  
 Valutazione degli effetti del ghiaccio  
 Profili delle correnti fluviali  
 Carotaggi dei sedimenti

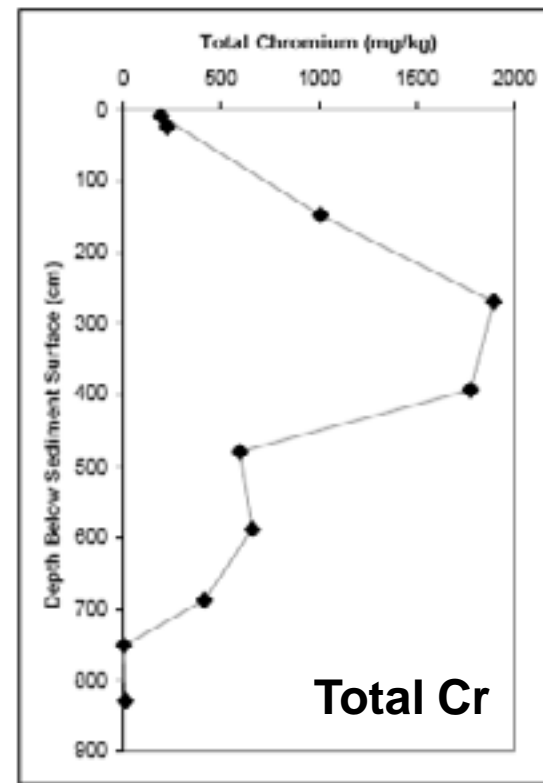
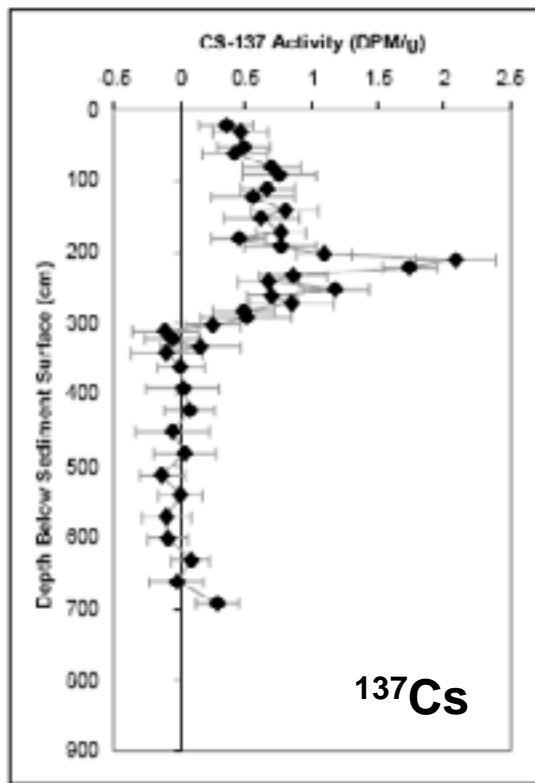
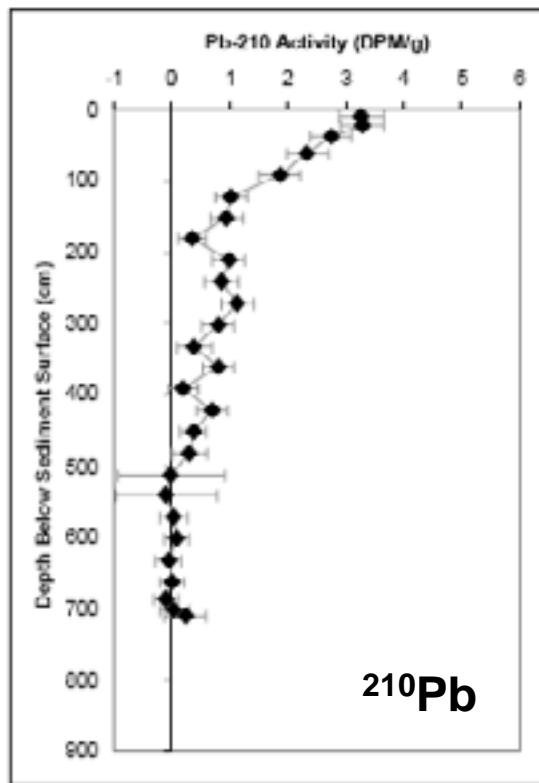
## Obiettivi progressivi del monitoraggio a lungo termine del MNR

- i. Raggiungere gli obiettivi soglia di rischio
- ii. Rafforzare il modello concettuale di recupero riducendo il livello dei controlli di monitoraggio
- iii. Transizione verso un programma di mantenimento di lungo periodo ma di livello inferiore (per esempio monitorando solo a seguito di eventi che possono modificare le condizioni del sito)
- iv. Chiusura del sito

## Casi di studio

# Radiodatazione e andamento del Cromo tot nel fiume Hackensack, NJ

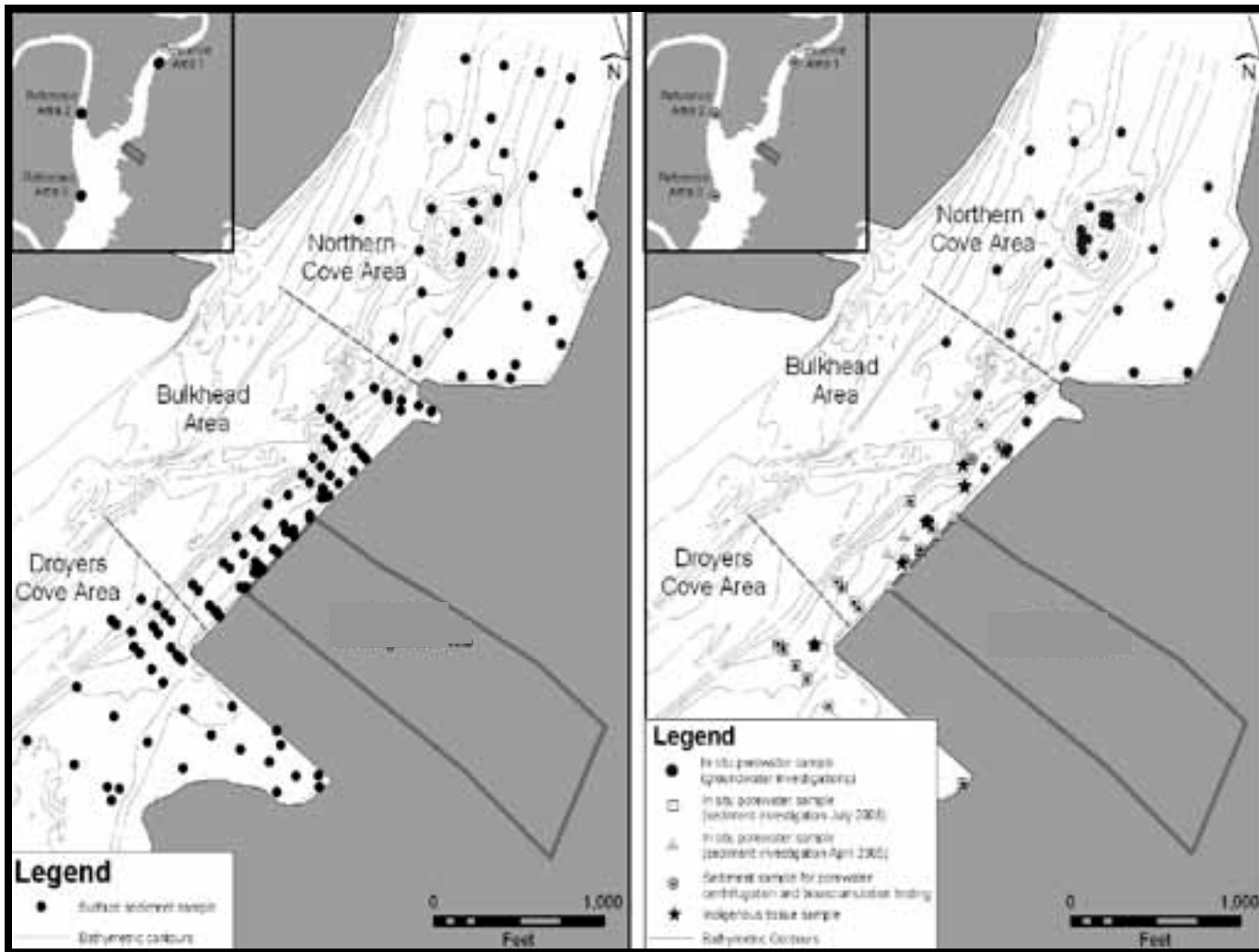
Prof. (0 – 9m)



§  $^{210}\text{Pb}$  half life 22.3anni  
 – Decadimento con la profondità (tempo trascorso)

§  $^{137}\text{Cs}$  half life 30 anni  
 – Picco intorno al 1963  
 – Prima comparsa nel 1957  
 – Decadimento in superficie

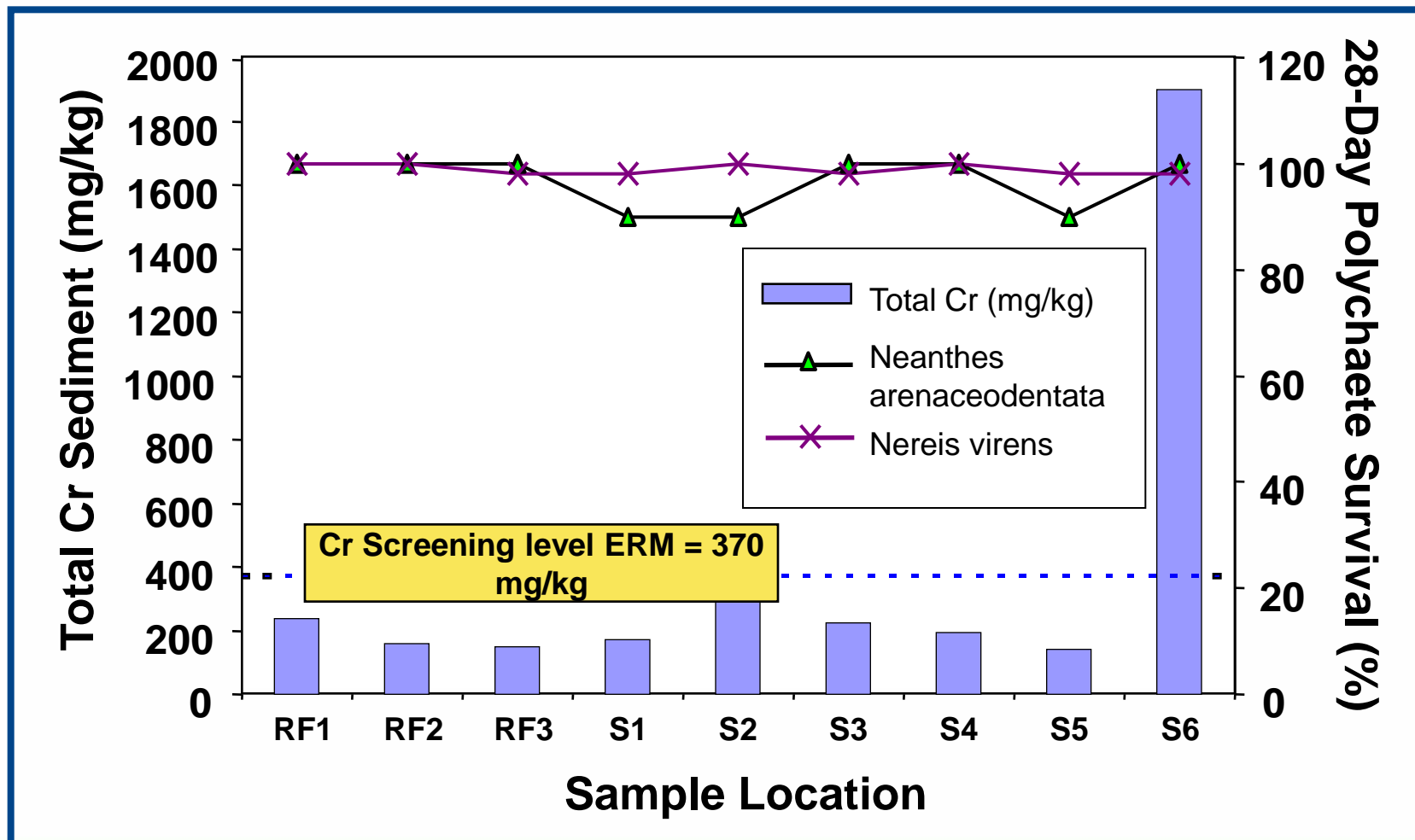
## Hackensack - Prelievo di sedimenti, acqua interstiziale



- Cr(VI)=ND in 100 porewater smpls
- Negligible Cr(III) toxicity
- Oxidation tests show no Cr(III) to Cr(VI) conversion

Martello, L., P. Fuchsman, M. Sorensen, V. Magar, R. Wenning. 2007. "Chromium Geochemistry and Bioaccumulation in Sediments from the Lower Hackensack River, New Jersey" *J. Arch Environ. Contam. Toxicol.* 53(3):337-350.

**Hackensack** - Nei test di laboratorio le specie più sensibili al Cr rimangono abbondanti anche nei campioni più contaminati (con risultati simili a quelli inferiori alle CSC)



## Hackensack - Intervento realizzato con capping di 15-30cm nelle aree a maggiore contaminazione e MNR nelle rimanenti



## Fiume Buffalo, New York

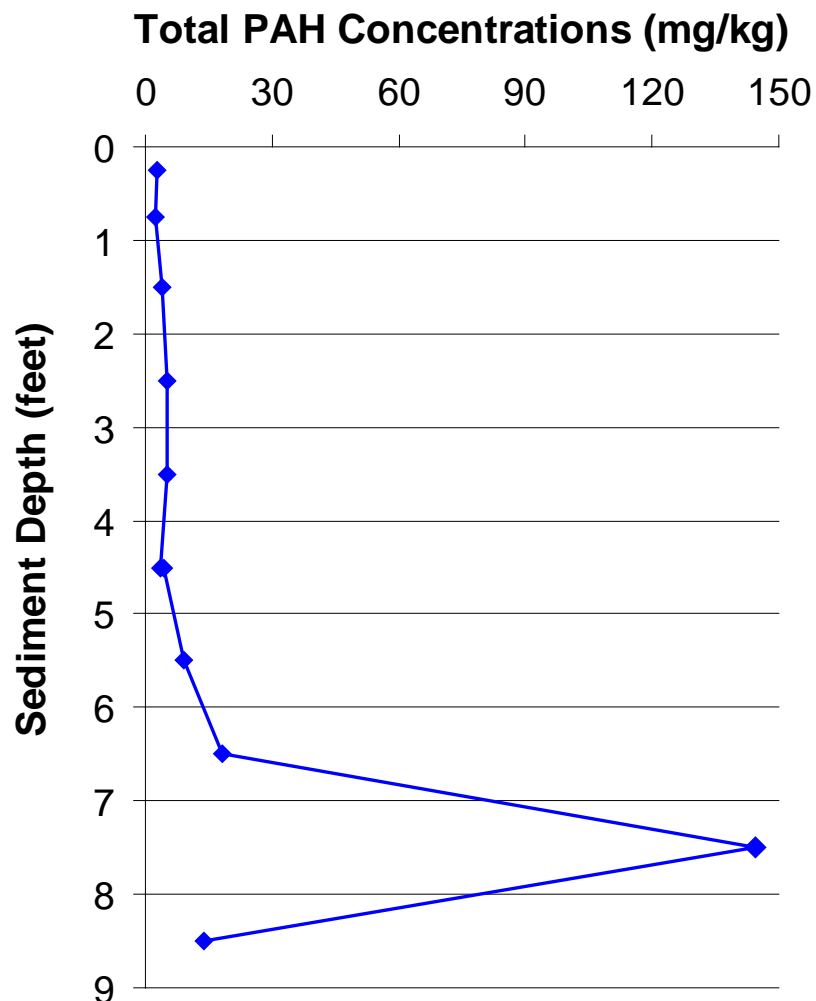
- Area di interesse (AOC) include la parte finale (6.2 miglia) navigabile del fiume e del canale navigabile (1.4 miglia) in blu nella figura.
- Contaminazione generata da
  - PAHs
  - PCBs
  - Piombo
  - Mercurio





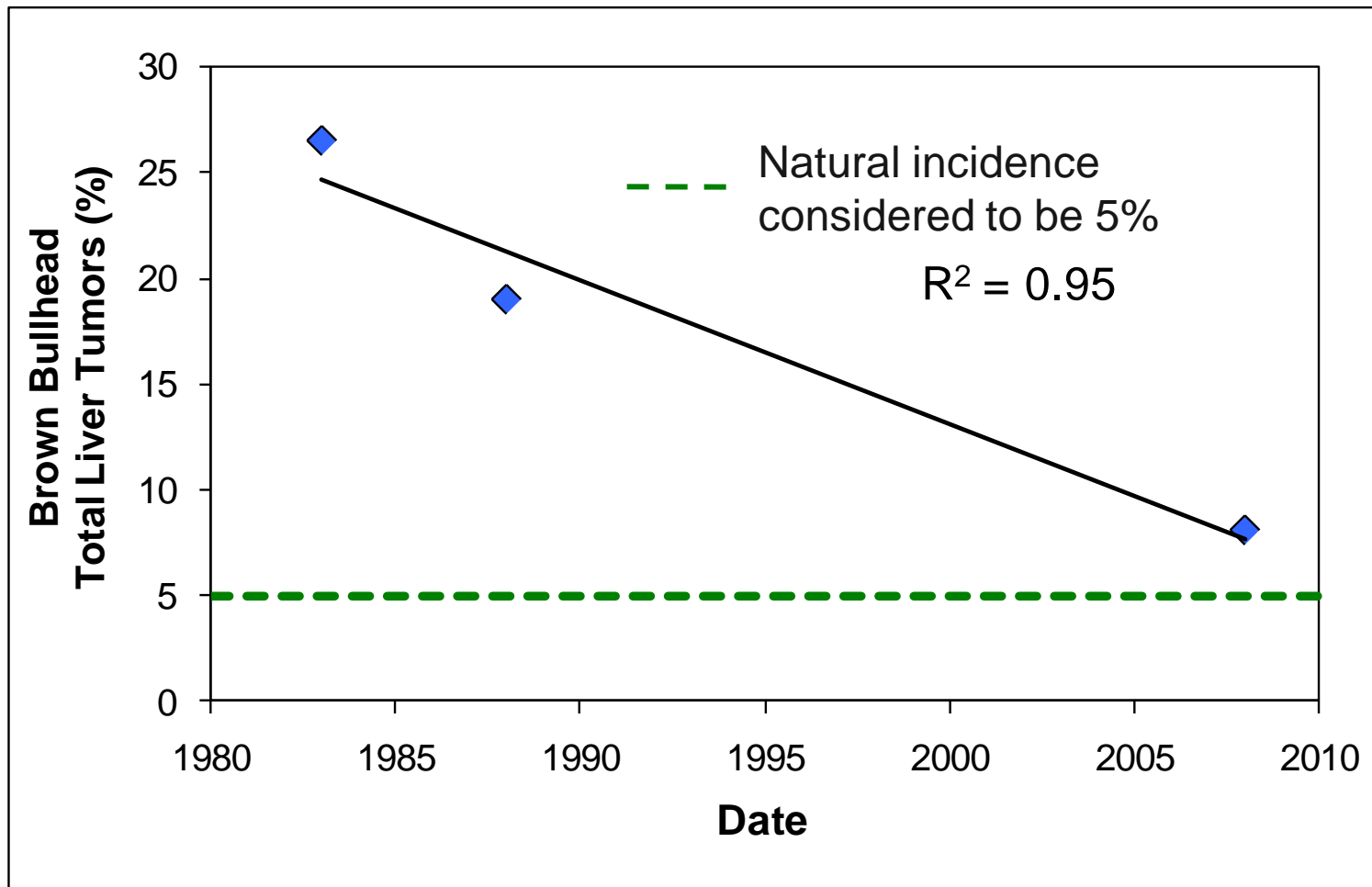
## Buffalo – alta velocità di sedimentazione – isolamento degli strati contaminati

- L'area di interesse è deposizionale
  - Dragaggi per consentire al navigazione ammontano a ~70,000mc/anno
  - Studi sulla geocronologia indicano un tasso di sedimentazione di 3-9 cm/anno
  - La deposizione di materiale pulito ha determinato l'isolamento fisico dei sedimenti contaminati



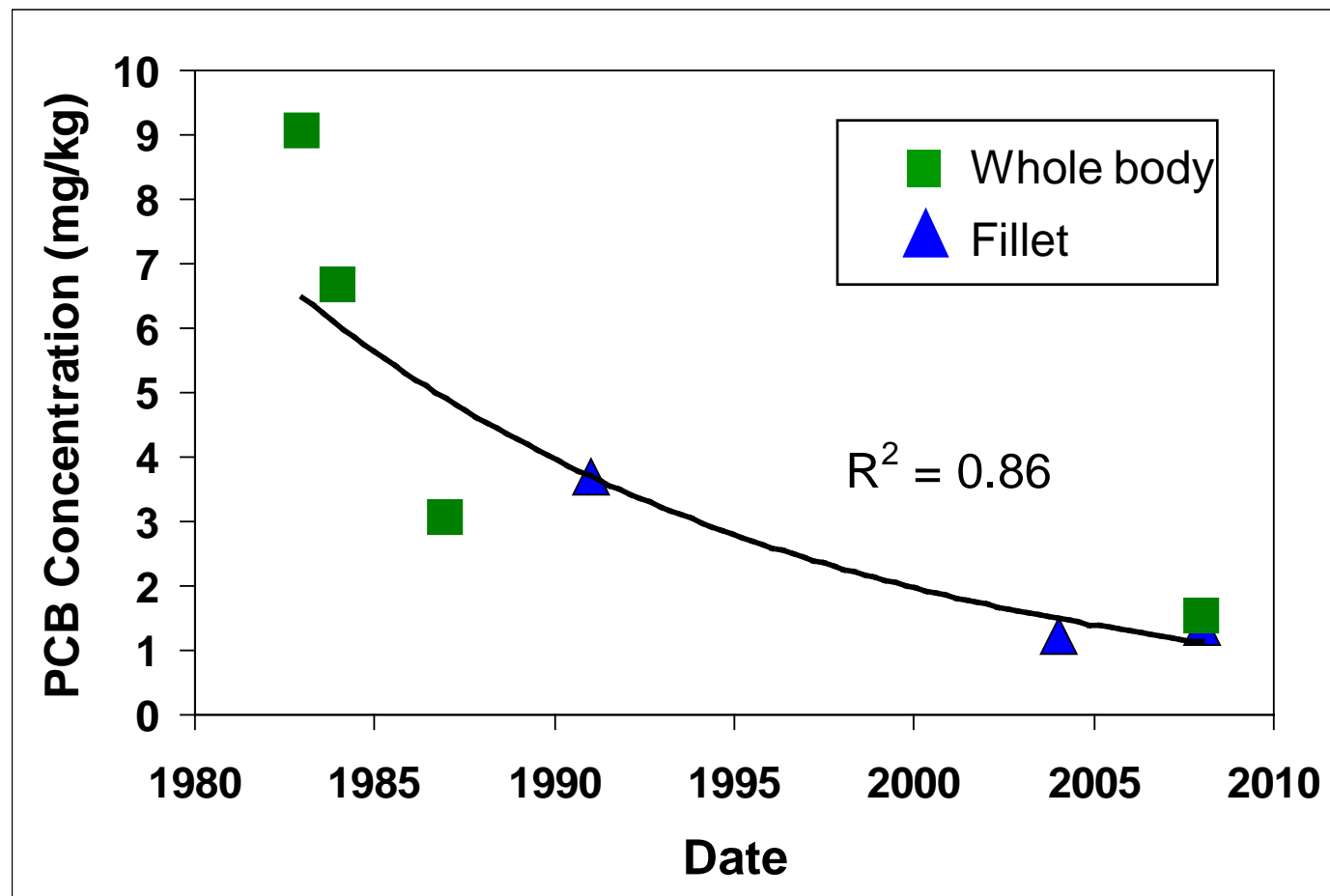
## Buffalo – Evidenza biologica del miglioramento 1

Studi trentennali indicano una netta riduzione dei tumori al fegato dei pesci gatto (*Ameiurus nebulosus*)



## Buffalo – Evidenza biologica del miglioramento 2

Concentrazioni di PCB nel tessuto dei pesci in riduzione



## Ward Cove – Fiordo marino in Alaska – Scarichi di cartiera dal 1954 al 1997

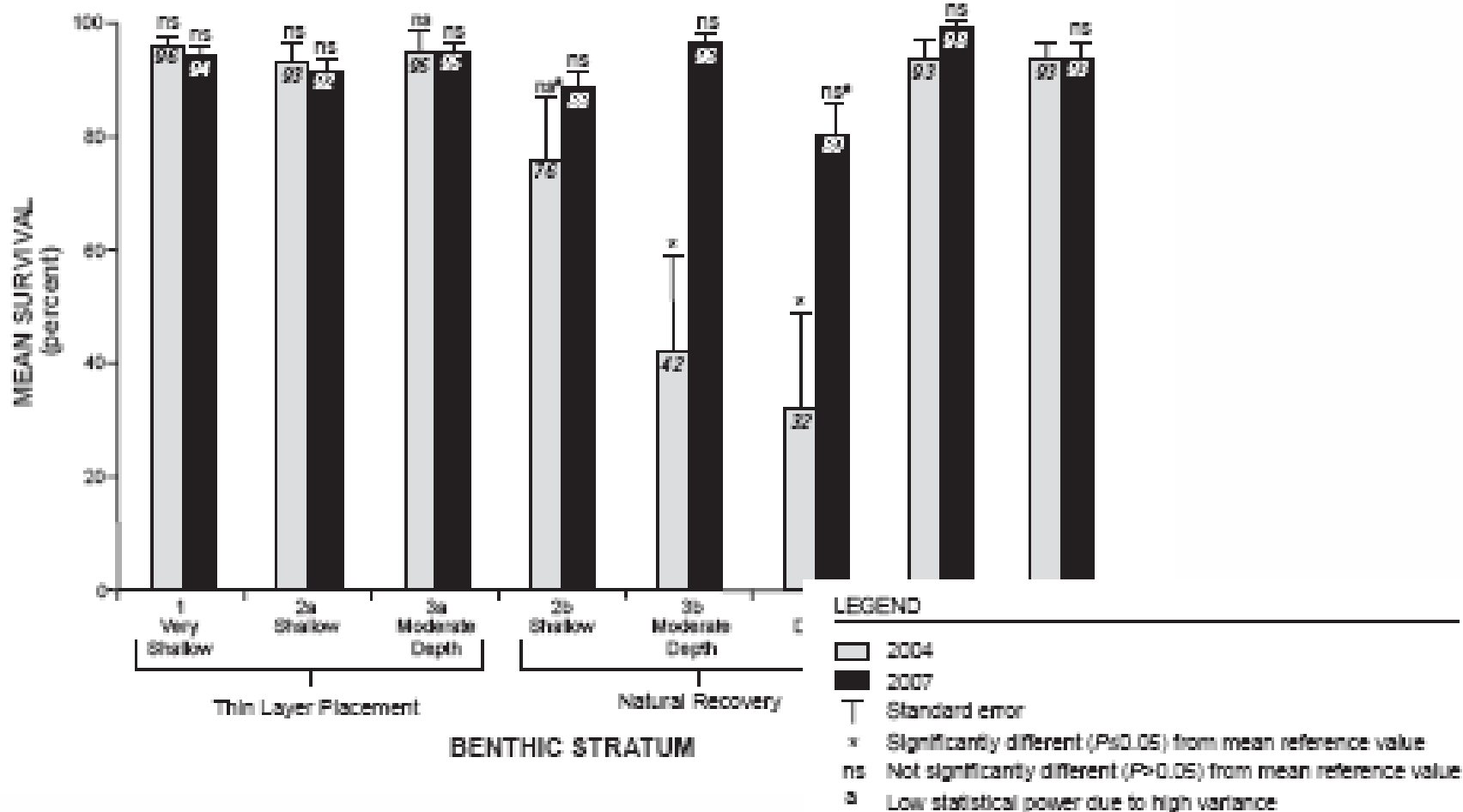


- Inquinanti di rispetto: ammoniaca, solfuri e 4-metilfenolo (fermentazione della materia organica di scarico)
  - Non bioaccumulabili/rischio sanitario minimo
  - Rischio significativo per il benthos
- Area di interesse: 80ha in base alla diffusione chimica e ai test di tossicità su anfipodi ed echinodermi
- Obiettivi di bonifica
  - Ridurre la tossicità
  - Ripristinare condizioni salutari per il benthos

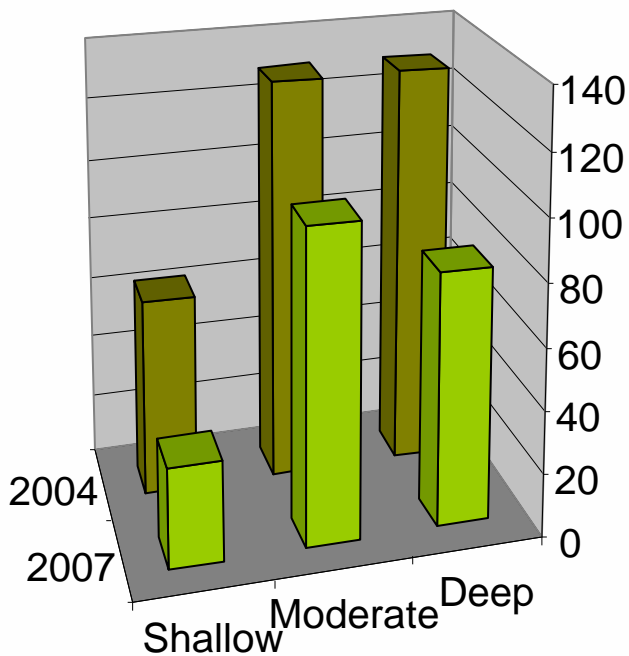
## Ward Cove – Intervento realizzato

- Componenti della bonifica
  - Dragaggio per la navigazione 10,000 mc
  - Capping sottile (Enhanced Natural monitored remediation EMNR), 28 ha
  - MNR – Monitoraggio del recupero Naturale 52 ha
- Monitoraggio condotto dal 2004 al 2007 nell'AOC e in aree di riferimento (bianco) su:
  1. Tossicità dei sedimenti (test di laboratorio di 10 giorni su anfipodi)
  2. Caratteristiche della comunità bentonica costiera
  3. Concentrazioni dei composti chimici e loro rapporto con i recettori biologici
- Le aree di applicazione dell'EMNR sono ora comparabili con quelle di bianco

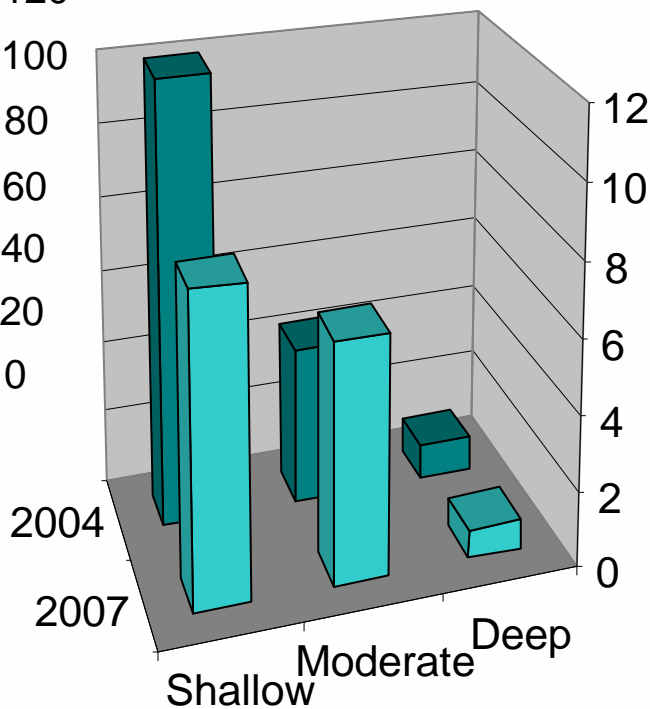
## Ward Cove - Recupero del benthos tra il 2004 e il 2007



## Ward Cove – correlazione tra concentrazioni ed effetti sul benthos

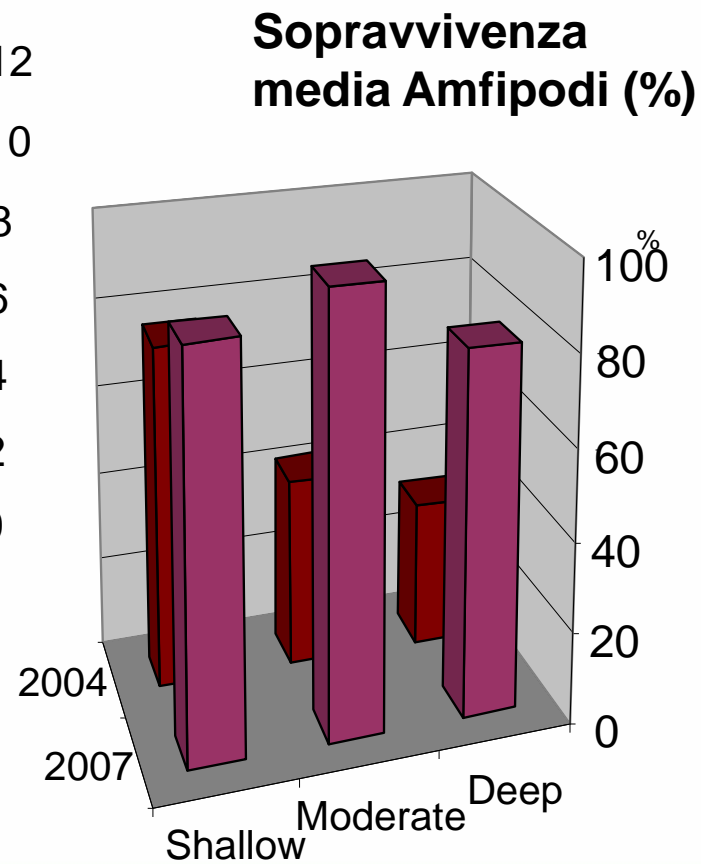


**Ammoniac  
(mg/kg)**



**4-metilfenolo  
(mg/kg)**

MNR Strata 2004 v  
2007



**Sopravvivenza  
media Amfipodi (%)**

Adapted from Becker et al. 2009

## James River, Hopewell, Virginia

Un caso pioneristico nell'applicazione del MNR attraverso l'isolamento fisico naturale

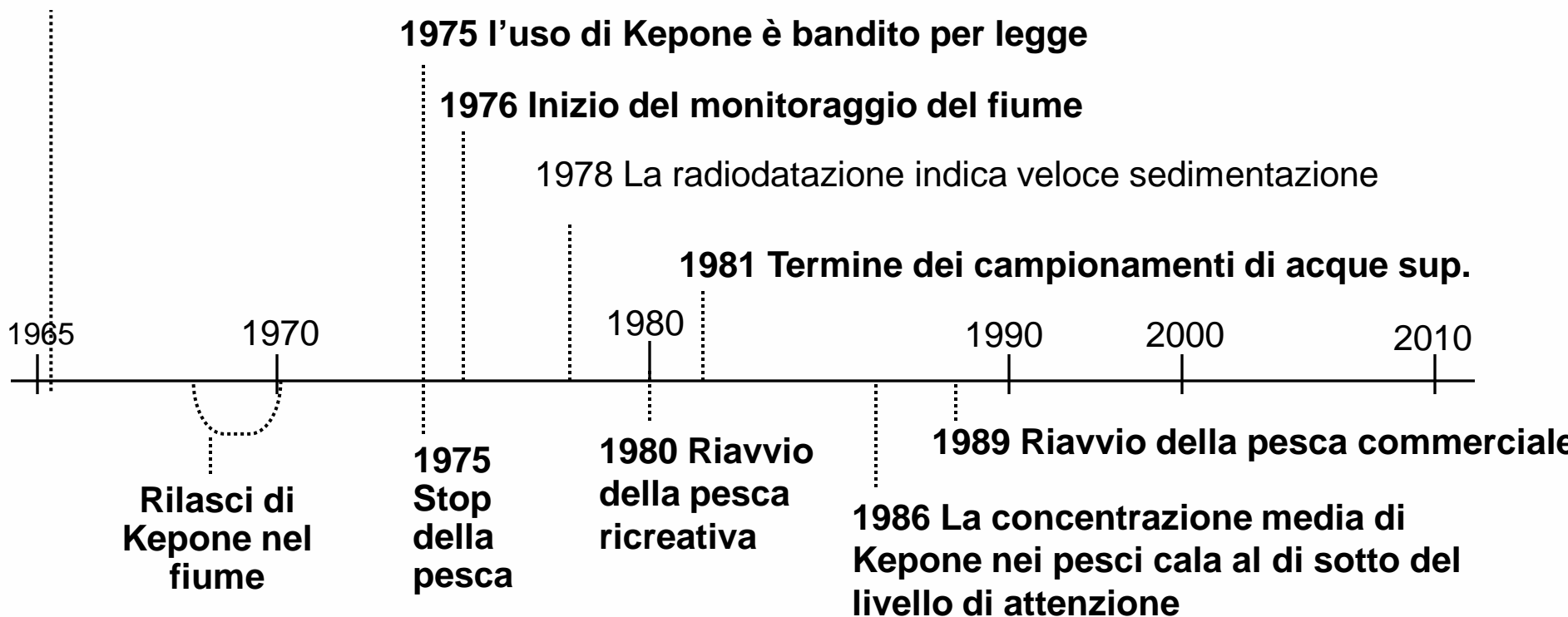
1966 inizio della produzione di Kepone un insetticida cancerogeno

1975 l'uso di Kepone è bandito per legge

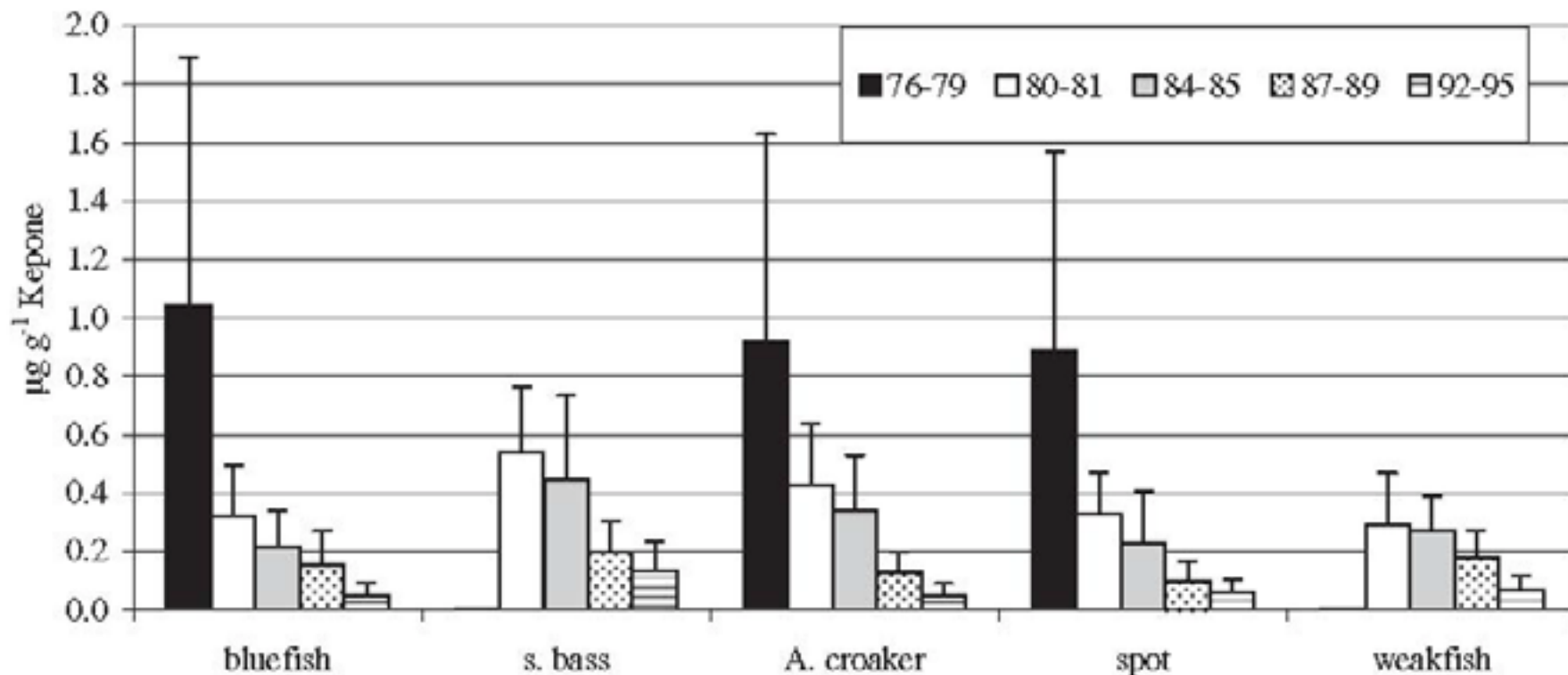
1976 Inizio del monitoraggio del fiume

1978 La radiodattazione indica veloce sedimentazione

1981 Termine dei campionamenti di acque sup.







- Le concentrazioni di Kepone nel tessuto dei pesci si mantengono a basse concentrazioni anche dopo 20 anni dall'interruzione della sorgente evidenziando fenomeni di risospensione durante eventi di particolare energia delle correnti.
- Una restrizione sul consumo dei pesci è ancora presente ma meno stringente rispetto a quella dei PCBs nei pesci nella stessa area

Reprinted from Luellen et al. 2006

## Concetti chiave

- **1. MNR è una strategia di intervento concreta e in linea con gli orientamenti normativi negli USA e in EU;**
- **2. MNR è considerata tra le tre principali opzioni di intervento e non “l’alternativa del non intervento o no action”**
- **3. MNR è compatibile e integrabile anche gli altri interventi di dragaggio e copertura.**

## Referenze

- Apitz, S, VJ Kirtay, JW Davis, K Finkelstein, DL Hohreiter, R Hoke, RH Jensen, E Mack, R Stahl, J Jersak, VS Magar, D Moore, and D Reible. 2002. Critical Issues for Contaminated Sediment Management. Space and Naval Warfare Systems Center, Marine Environmental Support Office, US Navy, San Diego, CA. MESO-02-TM-01. <http://meso.spawar.navy.mil/docs/MESO-02-TM-01.pdf>.
- Apitz, SE, JW Davis, K Finkelstein, DL Hohreiter, R Hoke, RH Jensen, VJ Kirtay, J Jersak, EE Mack, V Magar, D Moore, D Reible and R Stahl. 2005. "Assessing and Managing Contaminated Sediments: Part I, Developing an Effective Investigation and Risk Evaluation Strategy." Integrated Environ. Assessment and Management. 1(1): 2-8. and 1:e1-e14.
- Baumann and Harshbarger. 1998. Long term trends in liver neoplasm epizootics of brown bullhead in the Black River, Ohio. Environmental Monitoring and Assessment 53(1):213-223.
- Baumann, Paul C. 2000. Health of Bullhead in an Urban Fishery After Remedial Dredging Final Report. U.S. Environmental Protection Agency Great Lakes National Program Office, Contaminated Sediments Program.
- Becker, D.S., J.E. Sexton, and L.A. Jacobs. 2009. Use of Thin-Layer Placement for Remediation of Sediments in Ward Cove, Alaska: Results after Seven Years of Ecological Recovery. Abstract J-32, in: G.S. Durell and E.A. Foote (Conference Chairs), Remediation of Contaminated Sediments—2009. Fifth International Conference on Remediation of Contaminated Sediments (Jacksonville, Florida; February 2–5, 2009).
- Coughlin, D. J., K. A. Finley, and J. J. Hall. 2006. Assessment of balanced and indigenous populations in Belews Lake for Belews Creek Steam Station: NPDES No. NC0024406. Duke Energy, Charlotte, NC.
- Cutshall, N.H., I.L. Larsen, and M. Nichols. 1981. Man-made radionuclides confirm rapid burial of Kepone in James River sediments. Science 213:440-442.
- Finley, K.A. 2008. Duke Energy Environmental, Health, and Safety, Scientific Services. Electronic correspondence. April.

## References

- Luellen, D.R., G.G. Vadas, and M. A. Unger. 2006. Kepone in James River fish: 1976–2002. *Sci. Total Environ.* 358:286–297.
- Lauren, D, M Law, D Hinton, M Sorensen, J Lyndall, V Magar, M Nielsen, R Wenning. In Press. Long-Term Trends in Liver Neoplasms in Brown Bullhead in the Buffalo River, New York. *Environmental Toxicology and Chemistry*. Accepted for Publication.
- Magar, V.M., D.B. Chadwick, T. Bridges, P. Fuchsman, J. Conder, T. Dekker, J. Steevens, K. Gustavson, and M. Mills. 2009. Technical guide: Monitored natural recovery at contaminated sediment sites. ER-0622. Prepared for U.S. Department of Defense, Environmental Security Technology Certification Program, Arlington, VA.
- Martello, L., P. Fuchsman, M. Sorensen, V. Magar, R. Wenning. 2007. “Chromium Geochemistry and Bioaccumulation in Sediments from the Lower Hackensack River, New Jersey” *J. Arch Environ. Contam. Toxicol.* 53(3):337-350.
- Merritt, KA, J Conder, V Kirtay, B Chadwick and V Magar. Enhanced Monitored Natural Recovery: Case Studies of Remedy Implementation. Integrated Environmental Assessment and Management. Submitted August.
- Merritt, KA, J Conder, V Magar, V Kirtay, B Chadwick. 2009. Enhanced Monitored Natural Recovery (EMNR) Case Studies Review.. Submitted August. US Navy SSC. TR 1983.
- Ohio EPA. 2009. Biological and water quality study data provided by Dennis Mishne. Ohio Environmental Protection Agency, Groveport Field Office.
- Space and Naval Warfare Systems Center San Diego and ENVIRON International Corporation. 2010 (draft). Long-Term Monitoring Strategies for Contaminated Sediment Management. <http://www.israp.org/Default.aspx>