



WORKSHOP Interventi di Salvaguardia Ambientale

Studio per il riutilizzo industriale di un'area utilizzata come discarica di residui di raffinazione

Rossella BOZZINI – Environment and Remediation
Area Manager
Technip Italy Direzione Lavori S.p.A.

Roma, 23 Novembre 2017

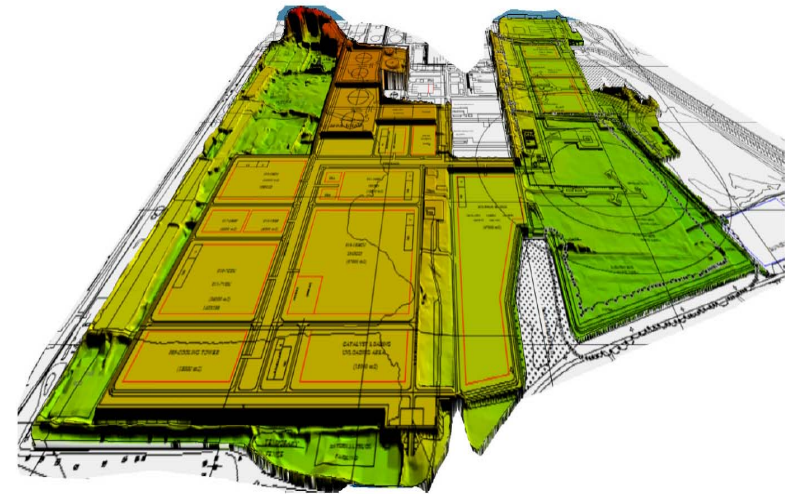


Contenuti

1. Premessa
2. Il sito
3. Modello Concettuale
4. Analisi di Rischio
5. Misure di mitigazione
6. Conclusioni

1. Premessa

- TechnipFMC ha sviluppato l'**Ingegneria di base (FEED)** per l'implementazione della capacità produttiva di una raffineria situata nel Medio Oriente.
- Il Paese nel quale è localizzato il progetto non ha regolamentazioni ambientali specifiche per la gestione di siti contaminati.
- Il progetto prevede la realizzazione di nuovi impianti in un'area di **55 ettari** adiacente la raffineria esistente, una porzione di tale area (nel seguito «**sito**») utilizzata in passato come discarica dei residui dei processi di raffinazione.
- Lo scopo del lavoro è stato lo **studio di fattibilità di misure di mitigazione delle passività ambientali** presenti sul sito compatibili con le opere previste per l'ampliamento degli impianti di raffinazione. Lo studio è stato sviluppato in 3 fasi:
 1. Valutazione delle passività ambientali, basata su dati esistenti, e ricostruzione del modello concettuale;
 2. Elaborazione dell'Analisi di Rischio in due condizioni del sito: fase operativa (lavori ultimati) e fase di costruzione;
 3. Studio delle misure di mitigazione dei rischi (per entrambi le condizioni) e proposta di un piano di monitoraggio.



2. Il sito

Background

- Negli anni '40 l'area è stata utilizzata come discarica dei **residui** del processo di raffinazione.
- Negli anni '90 sono state avviate le operazioni di recupero e trattamento in situ dei residui (separazione della fase liquida ed invio a processo in raffineria). A metà degli anni '90 il volume dei residui è stato stimato in circa 1 milione di m³. Oltre ai residui, sull'area risultano essere stati accumulati suoli contaminati da composti idrocarburici (probabili sottoprodotti delle operazioni di recupero del catrame in fase separata).

«Residui»

- Assimilabili a catrami
- Sottoprodotti del processo di cracking termico della raffinazione del petrolio
- Costituiti da 10÷20% di distillati medi (principalmente olefine, paraffine e aromatici)
- I composti predominanti sono gli IPA (in particolare Benzo[a]pirene), in misura minore VOCs e metalli
- Viscosità dinamica 5,820÷125,000 cp a 65°C,
- Densità 1,117÷1,069
- Flash point circa 230°C.



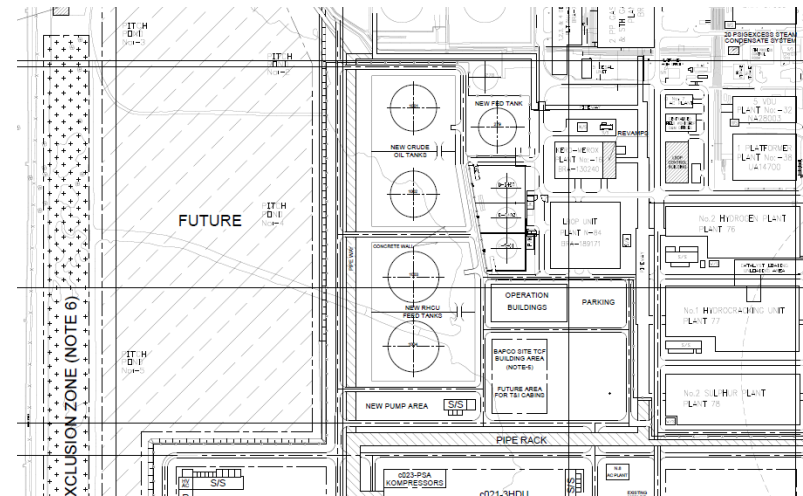
2. Il sito

Stato attuale

- L'area si presenta come una distesa sub-pianeggiante interrotta da una serie di argini, localmente vegetata.
- In alcune zone risultano presenti accumuli di residui in fase liquida, le cui operazioni di recupero e trattamento sono tuttora in corso.

Stato futuro

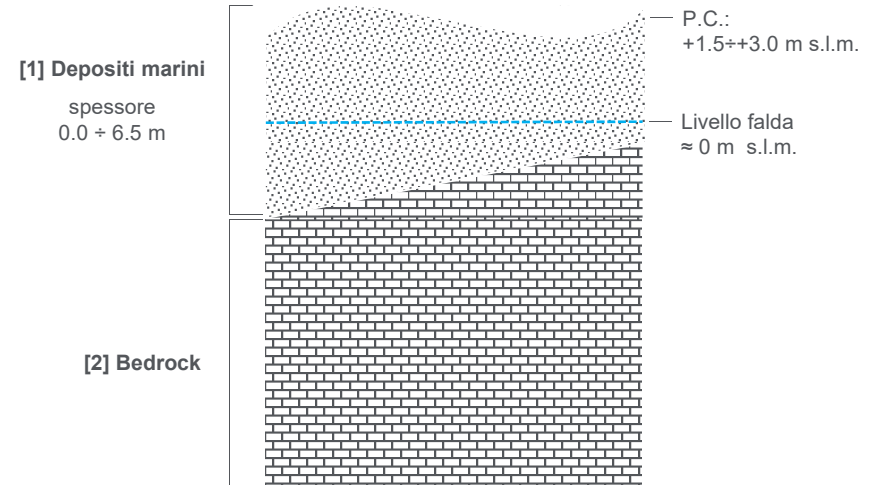
- Circa 30 ettari del **sito** ricadono all'interno di un'area più vasta, di pertinenza dell'adiacente raffineria, nella quale è prevista la realizzazione di nuovi impianti (serbatoi fuori terra di stoccaggio olio ed affini, stazioni di pompaggio, locali tecnici...).
- Il progetto prevede il **riempimento** con sabbia - di provenienza esterna - della porzione del sito interessata dai futuri impianti, dello spessore massimo di 3,5 m.
- La costruzione dei nuovi impianti prevede, tra l'altro, interventi geotecnici finalizzati al miglioramento dei parametri fisico-meccanici dei suoli di fondazione: principalmente **stone columns** e **pali**.



3. Modello concettuale

Geologia ed Idrogeologia

- 0.0÷3.0/6.5 m da p.c.: depositi superficiali marini del Quaternario, costituiti da **ghiaie sabbiose e siltose [1]**
Permeabilità idraulica $K = 2.59E-07 \div 5.68E-08$ m/sec
- da 3.0/6.5 m da p.c.: **bedrock [2]** costituito da calcari fratturati
Permeabilità idraulica $K = 1.13E-06 \div 1.37E-05$
- L'area è distante meno di 1 km dalla linea di costa ed è ha una elevazione compresa tra +1.5 to +3 m s.l.m., la soggiacenza delle acque sotterranee è pressoché coincidente con il livello marino.
- Basso gradiente idraulico, flusso di falda potenzialmente influenzata dai cicli di marea.



3. Modello concettuale: passività ambientali

Sorgenti primarie attive:

- Residui di raffinazione in fase liquida o solida adesa alle particelle di suolo

Sorgenti secondarie:

- Suoli contaminati da composti idrocarburici (probabile sottoprodotti delle operazioni di recupero e trattamento dei residui di raffinazione)
- Suoli contaminati dai residui di raffinazione
- Acque sotterranee

In assenza di una normativa locale, gli **screening levels** delle sostanze che sono state inserite nell'Analisi di Rischio - sia per i suoli che per le acque sotterranee - sono stati selezionati da linee guida internazionali* e secondo un criterio conservativo.

*

- US EPA Regional Screening Levels for Chemical Contaminants at Superfund Sites;
- UK Soil Guideline Values;
- Dutch Target and Intervention Values;
- Italia, D.Lgs. 152/06
- Beijing EPB Soil Screening Levels;
- US EPA Federal Water Quality MCLs;
- EU Drinking Water Standards.



3. Modello concettuale: suoli

Substances	Units	Screening Levels		Max	Mean
pH Value	pH Unit				7,91
Arsenic	mg/kg	3	US EPA	15,00	6,27
Nickel	mg/kg	35	DUTCH T/I	60,00	28,53
Selenium	mg/kg	0,7	DUTCH T/I	25,00	7,33
Acenaphthylene	mg/kg			3,80	1,41
meta- Xylene (*)	mg/kg	0,1	DUTCH T/I	0,55	0,29
para-Xylene (*)	mg/kg			0,55	0,29
Naphthalene	mg/kg	17	US EPA	30,00	6,93
Phenanthrene	mg/kg			472,00	98,93
Pyrene	mg/kg	50	ITALY CSC	287,00	60,71
Benz(a)anthracene	mg/kg	2,9	US EPA	8,80	2,21
Benzo(b)fluoranthene	mg/kg	2,9	US EPA	8,20	2,13
Benzo(a)pyrene	mg/kg	0,29	US EPA	25,10	8,51
Indeno(1.2.3.cd)pyrene	mg/kg	2,9	US EPA	11,70	1,93
Dibenz(a.h)anthracene	mg/kg	0,29	US EPA	2,60	0,95
Benzo(g.h.i)perylene	mg/kg	10	ITALY CSC	16,20	1,95
Aliphatic >C10-C12	mg/kg	440	US EPA (**)	308,00	112,40
Aliphatic >C12-C16	mg/kg			3.700,00	904,07
Aliphatic >C16-C21	mg/kg	20.000		5.680,00	1.336,67
Aliphatic >C21-C35	mg/kg			12.900,00	3.227,73
Aromatic >C8-C10	mg/kg	600		1,20	0,55
Aromatic >C10-C12	mg/kg			122,00	56,33
Aromatic >C12-C16	mg/kg			2.300,00	716,47
Aromatic >C16-C21	mg/kg			7.580,00	2.681,80
Aromatic >C21-C35	mg/kg	20.000		24.800,00	8.721,53

(*) concentration available for the sum of the meta & para Xylene, equally divided between the two substances.

(**) Minimum rectification on the class boundaries with respect to US EPA RSL.

Contaminanti indice per i suoli

3. Modello concettuale: acque sotterranee

Substances	Units	Screening Levels		Max
pH Value (mean)	pH Unit			6,97
Arsenic	mg/L	0,01	EU/US	0,144
Nickel	mg/L	0,02	EU/US	0,031
Benzene	µg/L	1	EU/ITALY CSC	43
Toluene	µg/L	15	ITALY CSC	165
meta- Xylene (*)	µg/L	10	US	59,5
para-Xylene (*)	µg/L			59,5
ortho-Xylene	µg/L			91
1.2.4-Trimethylbenzene	µg/L			94
Methyl tert-butyl ether (MTBE)	µg/L			687
2.4-Dimethylphenol	µg/L			395
2-Methylphenol	µg/L			233
3-Methylphenol (**)	µg/L			163
4-Methylphenol (**)	µg/L			163
Phenol	µg/L			169
Acetophenone	µg/L			165
Nitrobenzene	µg/L	3,5	ITALY CSC	297
2-Picoline	µg/L			142
Naphthalene	µg/L			51,7
Phenanthrene	µg/L			1,9
Aliphatic >C5-C6	µg/L	350	ITALY CSC	317
Aliphatic >C6-C8	µg/L			315
Aliphatic >C10-C12	µg/L			399
Aliphatic >C12-C16	µg/L			1160
Aliphatic >C16-C21	µg/L			953
Aliphatic >C21-C35	µg/L			1430
Aromatic >C5-C7	µg/L			37
Aromatic >C7-C8	µg/L			151
Aromatic >C8-C10	µg/L			241
Aromatic >C10-C12	µg/L			2140
Aromatic >C12-C16	µg/L			2370
Aromatic >C16-C21	µg/L			758
Aromatic >C21-C35	µg/L			472

(*) concentration available for the sum of the meta & para xylene, equally divided between the two substances.

(**) concentration available for the sum of the 3 & 4 methylphenol, equally divided between the two substances.

Contaminanti indice per le acque sotterranee

4. Analisi di Rischio: premesse e assunzioni

Premesse

- Elaborata secondo ASTM E2081-00 (2015) “Standard Guide for Risk Based Corrective Action” e E1379-95 (2015) “Standard Guide for Risk based Corrective Action applied at Petroleum Release Sites”
- Elaborazione dell’Analisi di rischio sito-specifica Tier 2

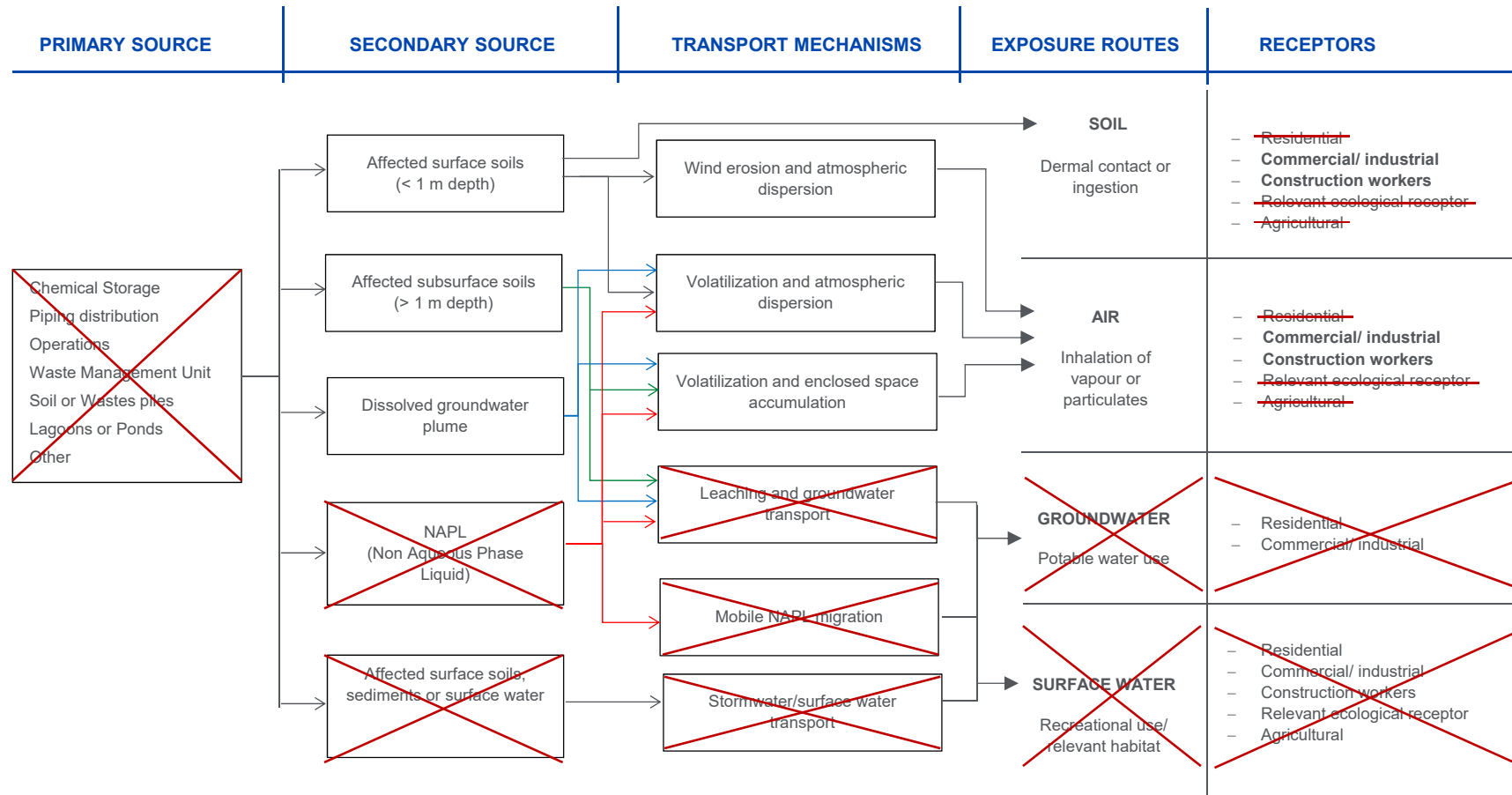
Assunzioni

L’Analisi di Rischio tiene conto delle sole sorgenti secondarie, pertanto è stato assunto:

- Rimozione completa delle sorgenti primarie prima dell’avvio dei lavori di potenziamento degli impianti di raffineria (le operazioni di recupero dei residui in fase separata sono in corso e quasi completate)
- Rimozione del LNAPL ove presente
- I recettori sono i lavoratori, durante la fase di costruzione e durante la fase operativa secondo l'uso sito



4. Analisi di Rischio: procedura e assunzioni



Procedura Analisi di Rischio secondo ASTM ed assunzioni di base

4. Analisi di Rischio: sorgenti, scenari e percorsi

Sorgenti e scenari

Scenario	Sorgente suoli			Sorgente acque sotterranee		
	Spessore riempimento (m)	Concentrazioni dei contaminanti di interesse	Spessore contaminazione (m)	Profondità falda (m s.l.m.)	Spessore saturo (m)	Concentrazioni dei contaminanti di interesse
Worst Case (WC)	1.5	Valori max	5	1	4	Valori max
Most Favorable Case (MFC)	2.5	Valori medi	5	0	5	Valori max

Percorsi di esposizione

- Il riempimento di parte del sito ove sono previsti i nuovi impianti (tramite sabbie «pulite» e laddove previste platee in CLS) impedisce il contatto diretto con i suoli contaminati, l'erosione eolica e la dispersione delle particelle
- L'unica via di esposizione attiva risulta l'inalazione dei vapori indoor e outdoor
- I fattori volatilizzazione sono stati calcolati utilizzando il modello di trasporto di Johnson&Ettinger, sebbene diversi studi dimostrano la sovrastima degli effetti

4. Analisi di Rischio: recettori ed esposizione

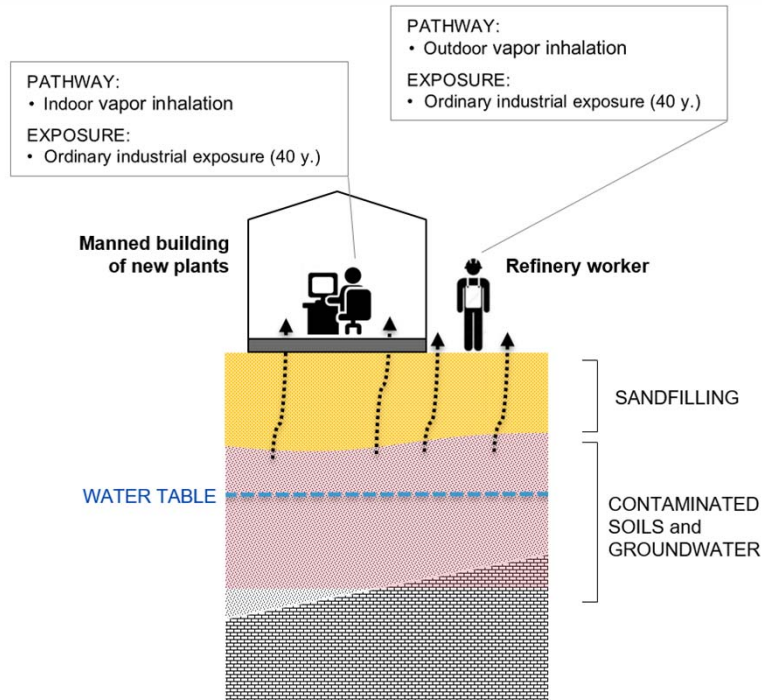


Fig.1 - Fase operativa

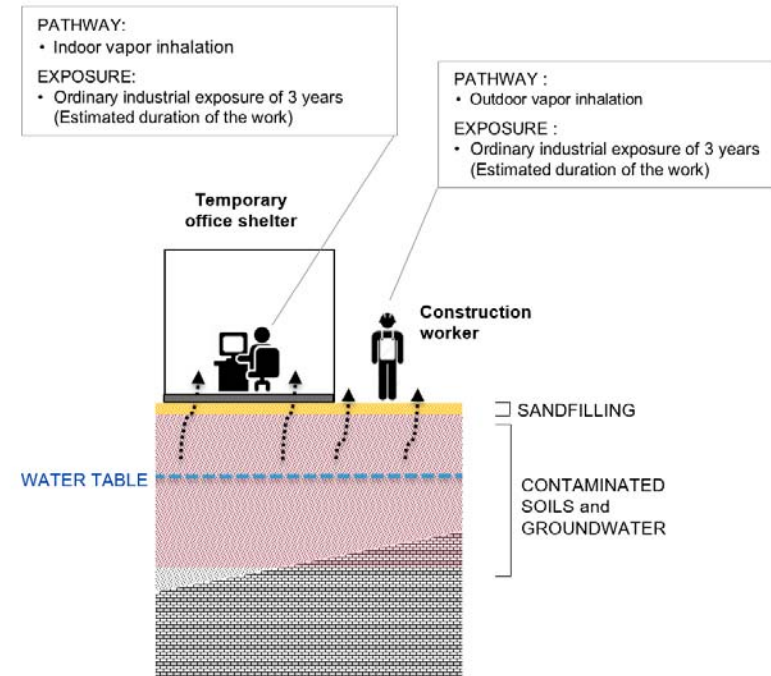


Fig.2 - Fase di costruzione

4. Analisi di Rischio: targets

Targets

Sono state individuate n.2 condizioni nelle quali i recettori sono esposti all'inalazione dei vapori indoor e outdoor:

- 1) Lavoratori della raffineria durante la **fase operativa** dei nuovi impianti
- 2) Lavoratori addetti nella **fase di costruzione** dei nuovi impianti (durata lavori 3 anni)

		Luoghi	Esposizione
1) Fase operativa	Outdoor	Intera area ove sono previsti i nuovi impianti (circa 30 ettari)	31 giorni/anno (transiti e manutenzione)
	Indoor	Negli edifici ove è prevista la presenza fissa di personale (n.3 edifici per un totale di circa 4500 mq)	Esposizione industriale ordinaria (Reasonable Maximum Exposure)

		Luoghi	Esposizione
2) Fase di costruzione	Outdoor	Intera area ove sono previsti i nuovi impianti (circa 30 ettari)	Esposizione industriale ordinaria (Reasonable Maximum Exposure) rapportata a 3 anni
	Indoor	Area uffici di cantiere (circa 92000 mq)	esposizione industriale ordinaria (Reasonable Maximum Exposure) rapportata a 3 anni

4. Analisi di Rischio: risultati

Assunzione livelli di rischio accettabili

Rischio cancerogeno

- contaminate singolo: 10^{-6} ;
- effetto cumulativo di tutti i contaminanti: 10^{-5}

Rischio non cancerogeno (rischio tossico), per singolo contaminante e cumulativo: 1

Risultati

Il rischio cancerogeno ammissibile non è superato in nessuna condizione.

Il rischio tossico ammissibile è superato per l'inalazione dei vapori indoor (soprattutto a causa del naftalene e TPH aromatici alifatici C10-C16), sia nella fase di costruzione che nella fase operativa dei nuovi impianti, indipendentemente delle incertezze nel modello concettuale.

		Indoor		Outdoor		Rischio accettabile
		WC	MFC	WC	MFC	
Rischio cancerogeno	Singola sostanza	3.2e-8	3.2e-8	1.6e-8	7.5e-9	1e-6
	Cumulativo	7.1e-8	5.9e-8	4.0e-8	2.1e-8	1e-5
Rischio non cancerogeno (tossico)	Singola sostanza	35	8.5	1.6	0.5	1
	Cumulativo	51	14	4.3	1.2	1

WC: Worst Case
MFC: Most Favorable Case

5. Indagini integrative e definizione misure di mitigazione

Indagini integrative

- Considerate le incertezze del modello di trasporto dei vapori (Johnson&Ettinger), sono raccomandate **misurazioni di campo** (soil gas e flux chamber) al fine di verificare le condizioni effettive del sito al termine dei lavori di stesura del riempimento.
- E previsto un **piano di monitoraggio delle acque sotterranee** esterne al sito, concordato con le Autorità

Misure di mitigazione

Sono previste due tipologie di misure di mitigazione per ridurre il rischio di inalazione vapori indoor, in funzione della fase e della destinazione:

- Nella **fase operativa** - se le misurazioni di campo mostreranno la sussistenza del rischio inalazione vapori indoor - le fondazioni (solette) in corrispondenza degli edifici «manned» (n.3 per tot. circa 4'500 mq) saranno integrate con **geomembrane** in grado di ridurre la permeabilità ai vapori;
- Nella **fase di costruzione**, l'area destinata agli uffici temporanei (circa 92'000 mq) sarà dotata oltre che di geomembrane anche di **geocompositi di drenaggio** integrati con sistema di raccolta dei vapori al fine di far fronte – considerata la vasta estensione – all'eventuale rischio di accumulo vapori al di sotto della geomembrana impermeabile. Misurazioni di campo in corrispondenza dei sistemi di raccolta vapori riveleranno se sussisterà la necessità di recuperare i vapori e convogliarli a trattamento (es. filtraggio a carboni attivi).

5. Misure di mitigazione

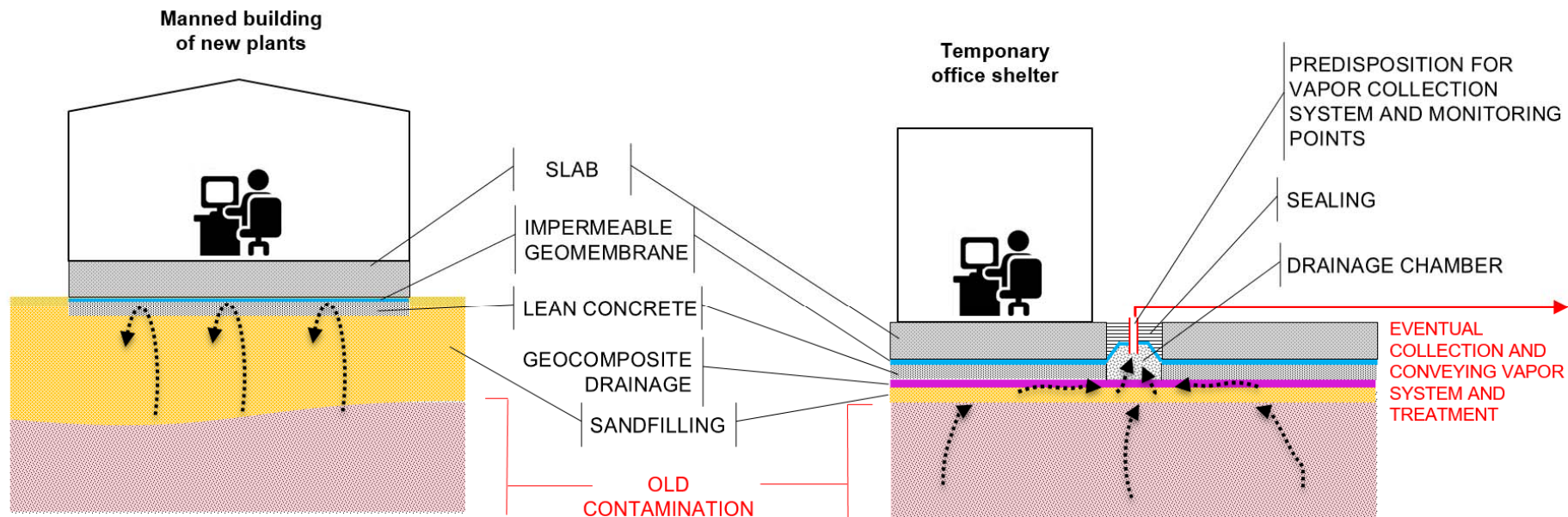


Fig.3 – Fase operativa, le misure di mitigazione presso gli edifici «manned»: platea in cls e geomembrana impermeabile.

Fig.4 – Fase di costruzione, le misure di mitigazione presso gli uffici temporanei: platea in cls, geomembrana impermeabile, geocomposito di drenaggio ed eventuale sistema di recupero e trattamento dei vapori

6. Conclusioni

- In assenza di norme ambientali locali specifiche in materia di gestione di siti contaminati, l'**Analisi di Rischio** elaborata secondo gli standard internazionali è stata alla base del **processo decisionale** per lo studio e la selezione delle misure di mitigazione della contaminazione presente.
- Sono stati valutati i rischi in **due scenari**: fase di costruzione e fase operativa.
- I risultati mostrano che la soglia di rischio cancerogeno non è superato in nessuna condizione, la soglia di rischio tossico è superato per l'inalazione dei vapori indoor in entrambi gli scenari ed indipendentemente delle incertezze nel modello concettuale. Sono previste **indagini integrative** quali misurazioni di campo dei vapori al fine di verificare le condizioni effettive del sito al termine dei lavori di stesura del riempimento ed un **piano di monitoraggio delle acque sotterranee**.
- In entrambi gli scenari sono necessarie **misure di mitigazione** per gli edifici «manned».

Grazie per l'attenzione



Contatti

Ing. Rossella Bozzini

Tel: 06.6598 4237

rossella.bozzini@technipfmc.com

www.technipfmc.com