

SMEDIS: Un progetto Europeo per la Convalida Scientifica di Modelli di Dispersione di Gas Pesanti

Jørgen Würtz
*Commissione Europea
Centro Comune di Ricerca
Istituto per Sistemi, Informatica e Sicurezza
TP 361, 21020 Ispra (Va)*

Sommario

L'obiettivo di SMEDIS è la definizione di un protocollo di convalida dei modelli di dispersione di gas in atmosfera attraverso l'analisi dei risultati dell'applicazione di 28 modelli (dai più semplici modelli empirici ai più complessi tridimensionali) a dati sperimentali disponibili in ambito internazionale. Particolare attenzione è indirizzata a quelle situazioni complesse nelle quali il comportamento a doppia fase al rilascio, l'orografia del terreno e la presenza di ostacoli influenzano in modo significativo il fenomeno della dispersione. SMEDIS tiene conto delle raccomandazioni emesse dal MEG (Model Evaluation Group) sulla convalida dei modelli.

Ogni modello è stato sottoposto ad un'approfondita valutazione scientifica e testato con dati sperimentali direttamente dagli autori o da utenti qualificati.

Nell'ambito di SMEDIS a CCR-ISIS è stata assegnata l'attività di convalida dei modelli DISPLAY-1 (monodimensionale), DISPLAY-2 (bidimensionale) e ADREA-HF (tridimensionale) sviluppati in passato in collaborazione con il centro di ricerca NCSR "Demokritos" di Atene.

Nella prima parte sarà descritta la base di dati relativa ai 30 esperimenti considerati, rappresentativi di un numero significativo di scenari di incidente e nella seconda parte saranno riportate e commentate le conclusioni principali dell'esercizio di convalida.

1. Introduzione

SMEDIS è un progetto di ricerca finanziato dall'Unione Europea nell'ambito del IV Programma Quadro per Ambiente e Clima relativo al periodo 1996-1999 con l'obiettivo di mettere a punto una metodologia per la valutazione scientifica dei modelli di dispersione di gas pesanti (Dense Gas Dispersion, DGD) e testare questa metodologia effettuando la valutazione scientifica di un gran numero di modelli DGD attualmente disponibili in Europa. Occorre precisare che lo scopo di SMEDIS non è quello di classificare i modelli in base alle misure di performance ottenute nel progetto, ma piuttosto di incoraggiare il miglioramento continuo dei modelli proponendo un protocollo e una base di dati utilizzabili in futuro da tutti gli sviluppatori DGD e degli utenti. Il progetto prende in considerazione anche le complessità dovute a aerosol, orografia del terreno e ostacoli. La relazione finale dovrebbe essere pubblicata entro la fine del presente anno.

Il progetto è coordinato dal Health and Safety Executive (HSE, UK) con l'assistenza di due altri partner, il Cambridge Environmental Research Consultants (CERC, UK) e Electricité de France (EDF, F). Partner associati al progetto sono: British Gas (BG, UK), Det Norske Veritas Research (DNV, N), Finnish Meteorological Institute (FMI, SF), Gaz de France (GDF, F), Centro Comune di Ricerca (CCR Ispra, I), National Center for Scientific Research "Demokritos" (NCSR, GR), Riso National Laboratory (DK), TNO Institute of Environmental Science (TNO, NL), Università di Amburgo (UH, D) e WS Atkins (WSA, UK). Infine, alcuni sponsor esterni hanno fornito un valido supporto sia finanziario che tecnico.

Una breve descrizione del progetto è fornita in [1]. Carissimo et al. [2] hanno descritto più specificatamente la costruzione della base di dati, la fase di convalida ed i risultati preliminari ottenuti.

I modelli considerati per la convalida sono elencati in Tabella 1.

Modello	Sviluppatore/Proponente
<i>Tools di vagliatura</i>	
Britter-McQuaid Workbook	HSE & CUED, UK
VDI Guideline 3783 Part 2	Met. Institute, U. Hamburg, GERMANY
<i>Modelli Integrali</i>	
AERCLOUD	Finnish Met. Institute, FINLAND
DEGADIS	US Coastguard, US EPA and GRI, USA
DRIFT	AEA Technology, UK
EOLE	Gaz de France, FRANCE
ESCAPE	Finnish Met. Institute, FINLAND
GASTAR	CERC Ltd., UK
GreAT	Risø National Laboratory, DENMARK
HAGAR	BG Technology, UK
HGSystem	Shell Research, UK
OHRAT/Multi-Stage	Det Norske Veritas, UK/Norway
PHAST/UDM	Det Norske Veritas, UK/USA
SLUMP	WS Atkins Safety & Reliability, UK
WHAZAN/HVYCLD	Det Norske Veritas, UK/USA
<i>Modelli Shallow-layer</i>	
DISPLAY-1	EC Joint Research Centre, Ispra, ITALY
DISPLAY-2	EC Joint Research Centre, Ispra, ITALY
SLAB	Lawrence Livermore Natl. Lab., USA
SLAM	Risø National Laboratory, DENMARK
TWODEE	HSE/HSL, UK
<i>Modelli CFD-3D</i>	
ADREA-HF	NCSR "DEMOKRITOS", GREECE
CFX	AEA Technology, UK
COBRA	Mantis Numerics Ltd., UK
FLACS	Christian Michelsen Research, NORWAY
FLUENT	FLUENT, UK
KAMELEON FireEx 98	SINTEF, NORWAY
MERCURE	Electricité de France, FRANCE
STAR-CD	Computational Dynamics Ltd., UK

Tabella 1. Modelli considerati per la convalida. HSE = Health & Safety Executive, UK; HSL = Health & Safety Laboratory, UK; CUED = Cambridge University Engineering Department, UK; UA = University of Arkansas, USA; TNO = Netherlands Organisation for Applied Scientific Research; NH = Norsk Hydro, Norway.

2. Selezione della base di dati e classificazione degli scenari

La selezione dei dati sperimentali per la convalida dei modelli è stata effettuata attraverso un processo d'analisi critica di dati forniti da tutti i partecipanti. A seguito di ciò è stato preliminarmente redatto un elenco di oltre 40 esperimenti, in base al quale è stato preparato un questionario dettagliato e inviato a tutti i partner per commenti relativa alla disponibilità, qualità, ecc. di tali dati.

Le risposte ricevute sono state poi analizzate per ricavare un insieme di dati di alta qualità da utilizzare nel progetto per la validazione di tutti i modelli. Purtroppo, per la convalida dei modelli in situazioni complesse, i dati di alta qualità sono risultati piuttosto scarsi.

Sono stati considerati sia i risultati sperimentali in campo ("field tests") che in galleria del vento, in quanto l'impiego dei soli "field tests" non avrebbe consentito di disporre di una sufficiente variabilità di scenari per rendere significativa la validazione dei modelli. I dati sperimentali considerati sono presentati in Tabella 2.

Serie	Scala	Sostanza	Tipo di sorgente	No. rilasci	Effetti complessi
Burro	In sito	LNG	Pozza	8	Evaporazione rapido di aerosol
Desert Tortoise	In sito	Ammoniaca	Getto	4	Aerosol
FLADIS-Risø	In sito	Ammoniaca	Getto	16	Aerosol
BA-Hamburg	Galleria del vento	SF ₆	Continuo/Istantaneo	146	Ostacoli, pendenza
BA-Propane	In sito	Propano	Getto/Ciclone	51	Aerosol, reti
BA-TNO	Galleria del vento	SF ₆	Continuo Istantaneo	13	Rete
Thorney Island	In sito	Freon	Istantaneo	30	Rete, Edificio
EMU-Enflo	Galleria del vento	Krypton	Continuo	2	Edifici, Impianta industriale

Tabella 2. Dati sperimentali ritenuti di qualità sufficiente per la validazione dei modelli

È chiaramente preferibile che la validità di un qualsiasi modello venga eseguita su un'ampia variabilità di scenari. Lo schema di classificazione degli scenari adottato in SMEDIS è basato su quattro caratteristiche principali (S, C, D, A) come mostrato in Tabella 3.

Codice Caratteristica	Caratteristica Principale	Valori	Codice Valore
S	Sorgente	Continuo	c
		Istantaneo	i
C	Effetto Complesso	Aerosoli	a
		Terreno complesso	t
		Ostacolo	o
		Nessuno	n
D	Densità Gas	Debole	d
		Forte	f
A	Condizione atmosferiche	Neutrale/instabile	n
		Stabile	s

Tabella 3. Schema di classificazione adottato per gli scenari d'emissione di gas pesanti.

Le lettere del codice possono essere utilizzate per denotare uno scenario particolare, per esempio ScCnDdAn si riferisce ad uno scenario con una sorgente continua, nessun effetto complesso, effetti di gas densi deboli e condizioni atmosferiche neutre/instabili.

Si ottengono di conseguenza 32 combinazioni possibili, per ciascuna delle quali è necessario un insieme di dati di alta qualità per procedere alla validazione dei modelli. Come precedentemente accennato, tali dati non sono disponibili per tutte le combinazioni. Infatti ci sono pochi rilasci istantanei con presenza di aerosol, e nessuna con terreno complesso (inteso come superficie piatta in pendenza) accompagnato da condizioni atmosferiche stabili. In ogni caso i dati disponibili, anche se non coprivano tutti gli scenari di cui alla Tabella 3 sono stati considerati sufficienti per procedere alla fase di validazione dei modelli.

Durante la fase finale del progetto, a causa delle limitate risorse disponibili, si è deciso di limitare l'attività di convalida a 30 esperimenti, organizzati in tre lotti, scelti fra quelli per i quali la variabilità di scenari e la qualità dei dati era migliore. Gli esperimenti considerati sono elencati in Tabella 4. Le ultime quattro colonne della tabella mostrano le simulazioni da eseguire in funzione della tipologia dei modelli. Per i semplici modelli empirici ("workbooks") e per i modelli integrali è stata prevista la loro applicazione a tutti gli scenari; per i modelli "shallow layer" la loro applicazione è stata prevista per circa il 50% degli scenari; infine per i modelli complessi tridimensionali è stata limitata la loro applicazione a soli 6 casi.

Serie	Nome	Codice	Caratteristiche	WB	I	SL	3D
Prairie Grass	PG8	ScCnDdAn	Rilascio passivo, esperimento di riferimento	o	o	o	
	PG17	ScCnDdAn	Come PG 17, ma con atmosfera instabile	o	o		
Desert Tortoise	DT1	ScCaDfAn	Effetti forti di aerosol e densità di gas	o	o	o	
	DT2	ScCaDfAn	Ripetizione di DT1 con diversa portata	o	o		
BA Propane	EEC360	ScCnDfAn	Forti effetti di densità	o	o		
	EEC361	ScCoDfAn	Come EEC360, ma con un ostacolo (barriera impermeabile perpendicolare alla direzione del vento)	o	o		
	EEC362	ScCoDfAn	Come EEC360, ma con due ostacoli impermeabili perpendicolari	o	o		
	EEC550	ScCnDfAn	Forti effetti di densità	o	o	o	o
	EEC551	ScCoDfAn	Come EEC550 ma con un ostacolo impermeabile perpendicolare	o	o	o	
	EEC560	ScCnDfAn	Forti effetti di densità	o	o		
	EEC561	ScCoDfAn	Come EEC560, ma con ostacolo permeabile e perpendicolare	o	o	o	
	EEC170	ScCnDfAn	Forti effetti di densità	o	o		
	EEC171	ScCoDfAn	Come EEC170, ma con ostacolo impermeabile circolare	o	o	o	o
	LAT49	SiCaDfAn	Rilascio istantaneo con effetti d'aerosol	o	o		
BA Hamburg	DAT638	SiCtDfAn	Rilascio istantaneo con pendenza forte	o	o	o	o
	DAT648	SiCtDfAn	Come DAT638 ma con pendenza meno forte	o	o		
	DAT231	SiCoDfAn	Rilascio istantaneo con ostacolo impermeabile parallela alla direzione del vento	o	o		
	DAT647	ScCtDfAn	Rilascio continuo su terreno in pendenza	o	o	o	
	DAT458	SiCoDfAn	Rilascio istantaneo con canyon	o	o	o	
	049101	SiCoDfAn	Rilascio istantaneo con ostacoli multipli in prossimità del rilascio	o	o		
	129034	ScCoDfAn	Rilascio continuo con ostacoli in prossimità del rilascio	o	o	o	
BA TNO	TUV11	ScCnDfAn	Rilascio continuo di riferimento senza ostacolo	o	o		
	TUV13	ScCoDfAn	Come TUV11 ma con ostacolo impermeabile obliquo	o	o		
EMU ENFLO	EMUDJ	ScCt/oDfAn	Rilascio denso in terreno complesso con costruzioni	o	o	o	o
	EMUNJ	ScCt/oDdAn	Come EMUDJ ma con effetti deboli di densità	o	o		
FLADIS Risø	FLADIS16	ScCaDdAs	Effetti d'aerosol ed atmosfera stabile	o	o	o	
	FLADIS24	ScCaDdAn	Effetti d'aerosol ed atmosfera neutra	o	o		
	FLADIS9	ScCaDfAn	Rilascio denso con effetti d'aerosol	o	o		o
Thorney Island	TI08	SiCnDfAn	Rilascio istantaneo con forti effetti di densità	o	o	o	
	TI21	SiCoDsAn	Rilascio istantaneo con recinto e forti effetti di densità	o	o	o	o

Tabella 4. Casi specifici applicati nel SMEDIS esercizio di convalida

3. Procedura di convalida

In SMEDIS il parametro fisico scelto per il raffronto fra dati sperimentali e risultati dei modelli è la *concentrazione media* per i rilasci continui e la *dose* (l'integrale nel tempo della concentrazione) per i rilasci istantanei.

Per un dato parametro fisico Ψ (concentrazione media o dose), al fine di ottenere una misura dell'accordo globale tra l'insieme dei valori osservati (sperimentali) $\{(\Psi_o)_i\}_{i=1}^N$ e l'insieme dei valori calcolati $\{(\Psi_p)_i\}_{i=1}^N$ (dove l'indice i va esteso alla serie di N sensori) sono stati adottati i parametri statistici presentati in Tabella 5.

I parametri scelti per indicare la bontà di un modello, e descritti in [3] sono: "Mean Relative Bias", MRB, "Mean Relative Square Error", MRSE, "Fattore di n ", FACn, con $n = 2$ e $n = 5$. Tutti questi parametri sono basati su rapporti fra concentrazioni o dosi.

MRB varia da -2 a 2, con un valore ottimale di 0. Un valore positivo indica una sottovalutazione (globale) e un valore negativo una sopravvalutazione. Un valore MRB = 1 significa una globale sottovalutazione di un fattore 3.

Poiché per i singoli sensori sottovalutazioni e sopravvalutazioni si elidono, è necessario considerare gli errori quadratici come ulteriore misura della prestazione.

MRSE varia da 0 a ∞ con 0 come valore ottimale.

FACn, significa che la frazione dei risultati si addensa entro un fattore n , varia fra 0 e 1 con 1 come valore ottimale.

Per completezza in tabella 5 sono riportati anche i seguenti indici utilizzati in precedenti studi di validazione di modelli: MG "Mean Geometric Bias" e VG "Mean Geometric Variance".

Nelle formule in tabella 5 $\langle \dots \rangle$ denota la media sul N coppie di valori e $N_{a < z < b}$ denota il numero degli elementi della serie di N valori per i quali z è compreso fra gli estremi a e b .

Infine nelle colonne 3 e 4 sono riportati, per ciascun metodo, i vantaggi e le limitazioni.

In SMEDIS sono stati applicati dei valori di soglia ai parametri MG e VG per consentire l'uso degli ultimi due indici anche nei casi in cui la concentrazione è zero. L'effetto sugli indici MG e VG di possibili valori di z è stato attentamente studiato ed ha portato al valore assoluto di 10^{-3} per la concentrazione e $10^{-3} t_d$ per la dose, dove t_d è la durata della prova (In realtà sarebbe stato più corretto tener conto anche della precisione dei sensori, ma purtroppo tale informazione non era disponibile per tutti i casi).

In generale il proponente di un modello dovrebbe considerare, in fase di validazione, il maggior numero di esperimenti fra quelli riportati in Tabella 4 e dovrebbe fornire una descrizione completa e dettagliata dell'insieme di dati di input e dei valori adottati per i parametri, indicando comunque l'eventuale scarto rispetto ai valori consigliati dagli sviluppatori.

In molti casi i modelli considerati non erano in grado di trattare la presenza di aerosol, l'inclinazione del terreno o gli ostacoli. Nonostante ciò si è deciso di utilizzare comunque questi modelli per verificarne i risultati al di fuori delle loro condizioni di applicabilità. Agli sviluppatori è stato anche consentito di apportare modifiche migliorative ai loro modelli e di verificare i miglioramenti ottenuti alla luce dei nuovi risultati, documentando adeguatamente le modifiche apportate.

Le informazioni su ogni esperimento sono state distribuite ai partecipanti sotto forma di "spreadsheet" Excel contenente i dati di input, la descrizione dettagliata dell'esperimento e l'insieme delle misure di concentrazione ottenute. Per gli esperimenti in galleria del vento sono stati forniti anche i dati "full-scale", in quanto i modelli vengono sviluppati per simulare questi.

Nome	Definizione	Vantaggi	Svantaggi
Bias Relativo Medio	$MRB = \left\langle \frac{y_o - y_p}{\frac{1}{2}(y_p + y_o)} \right\rangle$	• Accetta valori nulli • Meno sensibile di altre misure a soglie minime • Simmetrico per valori in difetto/eccesso	• Permette solo di individuare differenze tra i modelli con rapporto y_o/y_p fino a ~ 10.
Errore Quadratico Relativo Medio	$MRSE = \left\langle \frac{(y_p - y_o)^2}{\frac{1}{4}(y_p + y_o)^2} \right\rangle$	• Accetta valori nulli	
Fattore di n	$FACn = \frac{N_{1/n < y_o / y_p < n}}{N}$	• Consistente e facile da capire	
Bias Geometrico Medio	$MG = \exp \left\langle \log_e \left(\frac{y_o}{y_p} \right) \right\rangle$	• $\log_e$ (MG) simmetrico per valori in difetto/eccesso	• Non può accettare valori nulli
Varianza Geometrico Medio	$VG = \exp \left\langle \left[\log_e \left(\frac{y_o}{y_p} \right) \right]^2 \right\rangle$	• Misura di varianze in relazione a MG	• Non può accettare valori nulli

Tabella 5. Parametri statistici di convalida scelti in SMEDIS

4. Risultati preliminari

A ciascun sviluppatore / proponente è stato richiesto di utilizzare il proprio modello su un numero di esperimenti (vedi tabella 4) in funzione delle caratteristiche del modello stesso. Pertanto, l'intero esercizio ha condotto alla raccolta e al successivo esame di oltre 300 run (per ogni run le concentrazioni sono state calcolate per un numero di punti variabile da 10 a 130).

Tutti i partecipanti hanno completato i run richiesti ed i risultati sono tuttora in fase di elaborazione da parte CERC. Le conclusioni saranno rese note entro fine anno. Un'analisi preliminare è stata completata su un primo lotto di 11 esperimenti: PG8, PG17, DT1, DT2, EEC 360, EEC361, EEC362, EEC550, EEC551, DAT638, DAT648. Le seguenti considerazioni sono esclusivamente basate su tale lotto.

La Tabella 6 mostra, per ciascuna categoria di modello e caratteristica dell'esperimento (vedi tabella 3) il numero di run eseguiti. Per ciascun run sono stati calcolati tutti i parametri statistici descritti in Tabella 5 i cui valori sono contenuti in Tabella 7.

Tipo di modello	Nessun effetto	Ostacolo	Aerosol	Terreno
WorkBook	2	2	4	0
Integrale	18	17	42	9
Shallow-Layer	4	5	8	4
CFD-3D	0	7	7	6

Tabella 6. Numero di risultati elaborati in ogni categoria.

I valori in Tabella 7 rappresentano le medie aritmetiche dei parametri calcolati per ciascun modello appartenente ad una data categoria. Ad esempio 0,45 è il valore medio del parametro $\log_e$ (MG) calcolato per i 18 run dei modelli di tipo integrale utilizzati.

La tendenza generale è che la prestazione del modello, come previsto, migliora con la complessità dello stesso. Dalle misure "bias" (MG e MRB) si è visto che i modelli in generale sottovalutano i valori di concentrazione. Per i primi quattro parametri, maggiore è il valore, maggiore è la sottostima. Per questi, soltanto il modello workbook utilizzato dà una valutazione conservativa di circa un fattore 3 (valori negativi in tabella) nel caso di assenza di effetti complessi. I parametri per la "varianza" delle previsioni (VG, MRSE e FAC2) illustrano prima di tutto la superiorità dei modelli CFD-3D rispetto agli altri. Questo è

particolarmente evidente nei casi in cui gli effetti tridimensionali, ossia presenza di ostacoli e/o pendenze, sono dominanti.

Parametro Statistico	Tipo di modello	Nessun Effetto	Ostacolo	Aerosol	Terreno
Log _e (MG) Optimum = 0,00	WorkBook	-1,49	0,39	0,54	
	Integrale	0,45	0,42	0,15	0,87
	Shallow-Layer	1,10	1,19	0,77	1,81
	CFD-3D		0,90	0,96	0,44
Log _e (VG) Optimum = 0,00	WorkBook	3,94	8,20	13,85	
	Integrale	6,43	7,55	9,42	1,56
	Shallow-Layer	13,24	6,42	5,48	7,73
	CFD-3D		5,53	7,57	0,43
MRB Optimum = 0,00	WorkBook	-0,99	-0,09	0,16	
	Integrale	0,08	0,11	0,02	0,71
	Shallow-Layer	0,16	0,64	0,43	0,92
	CFD-3D		0,47	0,37	0,41
MRSE Optimum = 0,00	WorkBook	1,58	1,60	1,91	
	Integrale	1,40	1,64	1,68	0,97
	Shallow-Layer	1,47	1,60	1,45	1,35
	CFD-3D		1,08	1,25	0,36
FAC2 Optimum = 1,00	WorkBook	0,40	0,30	0,31	
	Integrale	0,42	0,34	0,39	0,43
	Shallow-Layer	0,47	0,34	0,36	0,41
	CFD-3D		0,54	0,55	0,77

Tabella 7. Risultati del primo lotto di esperimenti ("Batch 1").

5. Risultati specifici per il modello DISPLAY-1

In assenza dei risultati finali del progetto vengono illustrati, in questo capitolo, i risultati ottenuti da ISIS per il modello DISPLAY-1 [4] utilizzato anche nel progetto HARIA-2 per il calcolo della dispersione di gas pesanti. Questo modello, che può essere classificato fra i modelli di tipo "shallow layer", è stato sviluppato a partire dal 1991 nell'ambito del progetto europeo FLADIS (Modelli di dispersione di rilasci bifase). Il modello è descritto in dettaglio in [5] dove la formulazione matematica e numerica è presentata insieme ai primi risultati del programma di convalida.

DISPLAY-1 è in grado di modellare rilasci istantanei e continui da serbatoi e tubazioni di sostanze in fase liquida, gassosa e doppia fase, su terreni ad orografia semplice ed in presenza di ostacoli. Il rilascio continuo può essere ad alta o bassa velocità e con portata variabile nel tempo.

La base del modello sono le equazioni di conservazione per la massa, la massa di gas denso, l'entalpia, la frazione liquida, e il moto nelle direzioni del vento al suolo e trasversale.

Esse sono tutte formulate come equazioni differenziali parziali mono-dimensionali con il tempo e la distanza sottovento come parametri indipendenti. Queste equazioni sono integrate sull'altezza e sulla larghezza della nube.

La miscelazione turbolenta tra il gas denso e l'aria è descritta per mezzo della velocità di "entrainment". Questo parametro è la velocità con la quale l'aria atmosferica entra dai bordi della nube, diluendo il gas denso.

La velocità di "entrainment" è una funzione della velocità della nube e del vento. In caso di rilascio non isotermico, essa è anche funzione della velocità convettiva verticale causata dalla differenza di temperatura tra la nube e il suolo.

Il modello è in grado di considerare la presenza di ostacoli come barriere ed edifici. L'influenza di un ostacolo sulla quantità di moto della nube è stabilita per mezzo di un fattore di frizione, che è una funzione del rapporto tra l'altezza della nube e l'altezza dell'ostacolo. Se questo rapporto è inferiore all'unità e l'ostacolo è impermeabile, il fattore di frizione è fissato all'infinito.

Per DISPLAY-1 sono disponibili i risultati dell'applicazione del modello a 28 esperimenti dei 30 selezionati (i due esperimenti EMU/ENFLO non sono stati simulati a causa della loro complessità che avrebbe richiesto l'uso di un sistema CAD per la descrizione degli edifici). I risultati ottenuti per tutti i parametri statistici sono mostrati in Tabella 8; l'ultima colonna contiene i valori medi calcolati sui dati contenuti nelle colonne 3-6.

Parametro Statistico	Insieme di dati	Nessun effetto	Ostacoli	Aerosol	Terreno	Totale
Numero di Esperimenti	Batch 1	2	3	4	2	11
	Tutti	4	10	10	4	28
Log _e (MG)	Batch 1	-0,17	0,50	0,19	0,97	0,08
	Tutti	0,07	0,75	0,40	0,34	0,47
Log _e (VG)	Batch 1	2,21	2,81	2,70	1,01	2,40
	Tutti	2,01	2,01	2,45	2,08	2,18
MRB	Batch 1	0,20	-0,40	-0,17	-0,88	-0,04
	Tutti	-0,06	0,59	-0,28	-0,43	0,24
MRSE	Batch 1	0,86	1,29	1,17	0,83	1,02
	Tutti	0,58	1,11	0,99	0,95	0,97
FAC2	Batch 1	0,59	0,32	0,42	0,25	0,48
	Tutti	0,58	0,33	0,31	0,28	0,35
FAC5	Batch 1	0,82	0,70	0,71	1,00	0,78
	Tutti	0,91	0,75	0,60	0,94	0,75

Tabella 8. Parametri statistici ottenuti per il modello DISPLAY-1 su un insieme di 28 esperimenti.

In primo luogo si può notare che in generale l'ordine di grandezza dei valori dei parametri è indipendente dal numero di lotti (confronto, per ciascun parametro, fra "batch1" e "tutti"). Pertanto, è possibile prevedere che le conclusioni tratte dall'esame del primo lotto di esperimenti siano applicabili, in prima approssimazione, anche per l'analisi degli altri lotti.

Dal confronto fra i valori "Batch1" in Tabella 8 e quelli di Tabella 7 si può notare che DISPLAY-1 in generale fornisce risultati soddisfacenti. Le sole misure sfavorevoli (0,25 e 0,28) si riferiscono al parametro FAC2 nei casi in cui si è considerato il terreno in pendenza. Un'analisi approfondita delle cause di questi due particolari valori ha mostrato che i risultati di DISPLAY-1 si trovavano appena al di fuori dell'intervallo [0,5 - 2,0], ed infatti per il parametro FAC5 (variabile fra 0 e 1) i risultati sono molto prossimi al valore ottimale.

6. Conclusioni

In questa memoria è stata descritta la base di dati sperimentali e il suo utilizzo per l'esercizio di convalida dei modelli realizzata nell'ambito del progetto SMEDIS finanziato dalla Commissione Europea. Tale progetto è stato finanziato per definire un protocollo di validazione dei modelli in grado di evidenziare tutti gli aspetti significativi di un modello.

Nel corso della costruzione della base di dati, per quanto riguarda la dispersione di gas densi con effetti complessi, si sono constatate significative lacune nei dati disponibili relativi a esperimenti in campo. Tali dati sono stati pertanto integrati con quelli relativi ad esperimenti in galleria del vento. In particolare, si è potuto osservare che le emissioni istantanee con effetti complessi non sono state studiate opportunamente, e sono disponibili pochissimi esempi disponibili per emissioni con aerosol. Inoltre, esperimenti con condizioni atmosferiche stabili sono molto pochi anche a causa della difficoltà di simularli in galleria del vento.

L'analisi preliminare presentata è basata approssimativamente su un terzo ("Batch 1") dei risultati totali. Sulla base dei parametri statistiche utilizzati si nota un miglioramento generale della precisione dei modelli all'aumentare della loro complessità.

Infine è stata presentata l'analisi della serie completa di risultati eseguita con il modello tipo "shallow layer" DISPLAY-1, utilizzato nel progetto HARIA-2. Le misure statistiche indicano una prestazione molto soddisfacente del modello.

7. Bibliografia.

- [1] N.C. Daish, R. Britter, P. Linden, S. Jagger, B. Carissimo, SMEDIS: Scientific model evaluation of dense gas dispersion models. 5th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes. Rhodes, Greece 18-21st May (1998).
- [2] B. Carissimo et al., The SMEDIS Database and Validation Exercise. 6th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes. Rouen, France 11-14th October (1999).
- [3] N.J., Duijm, S. Ott, and M. Nielsen, An evaluation of validation procedures and test parameters for dense gas dispersion models. J. Loss Prev. Process Ind., Vol.9, pp. 323-338, (1996).
- [4] J. Würtz, Modellistica Haria-2 per la Dispersione di Gas Pesanti e Relativa Convalida. VGR 98. Convegno Nazionale. Valutazione e Gestione del Rischio Negli Insediamenti Civili ed Industriali. Pisa. 6-8th October (1998).
- [5] J. Würtz, "A transient one-dimensional shallow layer model for dispersion of denser-than-air gases in obstructed terrain under non-isothermal conditions." Commission of European Communities. Joint Research Centre Ispra. EUR 15343 EN (1993).