

# CMA+

## Manuale d'impiego 1.0

per la riduzione dell'inquinamento da polveri sottili attraverso  
l'impiego del „collante liquido per polveri sottili”  
(calcio magnesio acetato)



#### Hanno collaborato alla realizzazione di questo manuale:

Wolfgang Hafner, Erich Staudegger, Gudrun Treffer (Città di Klagenfurt, Rip. Tutela dell'ambiente, Austria)

Oskar Januschke, Michael Moritz, Martin PreBlaber (Comune Città di Lienz, Austria)

Alexander Steiner, Michael Niedermair (Polizia municipale Brunico, Italia)

Johann Koban, (Klagenfurt, Rip. Servizi comunali, Austria)

Gerhard Bachler (IVT, Politecnico Graz)

Tina Klarskov (Nordsik Aluminat, Danimarca)

Mats Gustafsson (VTI, Svezia)

Joachim Wittstock (R.A.W. Handel & Beratungs GmbH, Germania)

Traduzione italiana: Studio TellWell – Aldo De Pellegrin, Brunico

Layout: Sigrid Bostjancic, boss GRAFIK, Klagenfurt

Stampa: Satz- & Druckteam GesmbH, Klagenfurt

Foto: Archivi dei partner progettuali

#### Impressum e copyright

Città di Klagenfurt al Wörthersee

Ripartizione Tutela dell'ambiente

Bahnhofstraße 35/II

9020 Klagenfurt al Wörthersee

Austria

umweltschutz@klagenfurt.at

www.klagenfurt.at

www.life-cma.at

Klagenfurt, giugno 2012

Introduzione .....	4
L'inquinamento da polveri sottili (PM <sub>10</sub> ) .....	5
Influssi della pulizia delle strade e dei servizi invernali sulle polveri PM <sub>10</sub> .....	7
Caratteristiche del collante liquido CMA e delle miscele CMA:KF .....	9
Influenze del CMA sull'ambiente .....	10
Impiego del CMA come legante per le polveri sottili nel periodo invernale .....	11
CMA come fondente chimico e scongelante .....	13
Uso del CMA come legante per polveri su strade sterrate e cantieri .....	14
Misurazioni della qualità dell'aria per la valutazione dell'efficacia del CMA .....	16
Influssi del CMA sull'aderenza del fondo stradale e sulla sicurezza del traffico .....	18
Definizione delle quantità residuali .....	20
Equipaggiamento per l'utilizzatore del CMA .....	21
Calcolo dei costi .....	23
Casistica ed esempi .....	24
Riepilogo e suggerimenti .....	25
Letteratura .....	26
Allegati .....	28

Il presente manuale d'impiego (versione 1.0) compendia una metodica approfondita in tutti gli ambiti comunali, volta a una significativa riduzione della presenza di polveri sottili (fino al 30% riferito a un valore medio giornaliero) su strade a forte presenza di traffico motorizzato. Esso si basa sui risultati del Progetto EU CMA+ e si intende come un filo conduttore per l'utilizzatore finale, con un carattere puramente indicativo.

Il Progetto CMA+ è stato sostenuto dal programma di promozione LIFE+ e si è sviluppato su un periodo temporale di 4 anni (2009-2012). L'obiettivo del Progetto EU prevedeva la dimostrazione, l'ottimizzazione e la valutazione dell'impiego del liquido CMA (calcio magnesio acetato) come „collante per polveri sottili“ sia nel periodo estivo che invernale a Klagenfurt al Wörthersee nonché nelle città partner di progetto Brunico e Lienz.

In tale contesto, accanto ai quesiti riferiti a quantità, tempi e frequenze d'impiego, sono stati analizzati ed approfonditi anche quelli relativi alla sicurezza del traffico sulle aree interessate. Per chiarire le problematiche di sicurezza della circolazione, di rilievi e misurazioni sono stati incaricati l'Automobile Club austriaco (ÖAMTC), che ha competenze anche di moto e touring club, il Kuratorium für Verkehrssicherheit (curatorio per la sicurezza del traffico) come pure il Politecnico di Vienna attraverso il suo Istituto di scienza della circolazione (Institut für Verkehrswissenschaften). Dal punto di vista scientifico, l'intero progetto è stato seguito e verificato dal Politecnico di Graz con l'Istituto di termodinamica e motori endotermici (Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik) nonché dall'Istituto svedese di scienza della circolazione stradale VTI.

Il CMA, come il suo derivato e migliorato CMF, prodotto sviluppato nel corso e sulla base delle esperienze del progetto stesso (composto da una miscela di CMA con aggiunta di formato di potassio), sono prodotti dal partner progettuale danese, la ditta Nordisk Aluminat.

I quesiti di natura legale e giuridica che potrebbero sorgere in relazione all'impiego del CMA o, rispettivamente, del CMA integrato con KF, sono da chiarire, da parte dell'acquirente o dell'utilizzatore, direttamente con l'azienda produttrice.

Se durante i successivi impieghi, emergessero nuove conoscenze relative al prodotto ed alle sue applicazioni, il presente manuale d'impiego sarà aggiornato ed integrato di conseguenza.

## Carichi inquinanti, fonti, effetti sulla salute, panorama legislativo, strategie di riduzione

Le polveri sottili (PM, particulate matter) sono una miscela complessa, costituita da particelle solide e liquide. Esse si distinguono fra loro per le rispettive dimensioni, forma, colore, composizione chimica e proprietà fisiche nonché per formazione e provenienza. Fondamentalmente, la distinzione è fra particelle primarie e secondarie. Le prime vengono diffuse nell'atmosfera come emissioni primarie, le seconde risultano da processi chimici aerei che si innescano fra le sostanze elementari immesse nell'aria sotto forma di gas (p.es. ammoniacca, anidride solforosa, ossidi di azoto).

La subfrazione identificata e denominata PM<sub>10</sub> contiene il 50% delle particelle con un diametro inferiore a 10 µm. Particelle di queste dimensioni possono introdursi attraverso la laringe fino a raggiungere in profondità le cavità polmonari. Perciò esse sono particolarmente dannose per la salute. Esse hanno al massimo le dimensioni di una cellula e non sono assolutamente visibili ad occhio nudo. Le polveri ben visibili, quelle che si alzano nei cantieri o in caso di operazioni di spargimento di ghiaia o altro, sono composte generalmente da particelle di polvere grezza. Le PM<sub>2,5</sub> costituiscono una parte delle PM<sub>10</sub> e comprendono al 50% delle particelle con un diametro inferiore a 2,5 µm.

Le polveri sottili possono essere generate sia da fonti naturali come anche essere prodotte dall'azione umana. I principali generatori naturali di inquinamento da polveri sottili sono il polline, i vulcani, il sale marino, gli incendi boschivi, l'azione dei venti che diffondono polveri (anche desertiche) e l'erosione naturale. Fra le fonti antropogene, cioè quelle generate dall'azione dell'uomo, si considerano soprattutto le fonti di combustione domestica (stufe, riscaldamenti a legna

e caminetti liberi), le produzioni industriali, centrali o impianti di teleriscaldamento, l'agricoltura, lavorazione e macinazione di ghiaia, il traffico stradale ed autostradale (consumo di freni, pneumatici, asfalto, gas di scarico come pure i fumi di combustione diesel) nonché il traffico aereo e ferroviario.

Negli ultimi anni, numerosi studi hanno dimostrato una relazione stabile fra l'inquinamento da polveri sottili ed i suoi effetti negativi sulla salute delle persone. Tali effetti spaziano dai disturbi passeggeri delle funzioni polmonari fino a delle ascrivibili cause di morte, soprattutto per malattie dell'apparato respiratorio e cardiocircolatorio. Secondo un'attuale stima dell'Organizzazione mondiale della sanità (WHO), l'inquinamento dell'aria esterna appartiene a quel tipo di influssi ed influenze che generano i maggiori effetti sulla salute delle persone nel mondo industrializzato occidentale. Per le particelle di PM<sub>10</sub> non esiste tuttora un valore limite.

L'Organizzazione mondiale della Sanità WHO (dati 2005) consiglia la soglia di 20 µg/m<sup>3</sup> come valore medio annuo e di 50 µg/m<sup>3</sup> come valore medio giornaliero di soglia (per un max. di 3 giornate di superamento dei limiti). [1]

A tutela della salute pubblica, in Europa sono stati introdotti dei valori limite di immissione di sostanze dannose nell'aria. Con la direttiva 1999/30/EG del 22 aprile 1999 che segue la direttiva generale per la qualità dell'aria, sono stati fissati per la prima volta dei valori limite per le polveri sottili nell'aria. Attualmente negli Stati EU è in vigore la direttiva 2008/50/EG del Parlamento europeo e del Consiglio del 21 maggio 2008 sulla qualità dell'aria e per un'aria salubre in Europa (Direttiva sulla qualità dell'aria).

### Valori limite per PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>

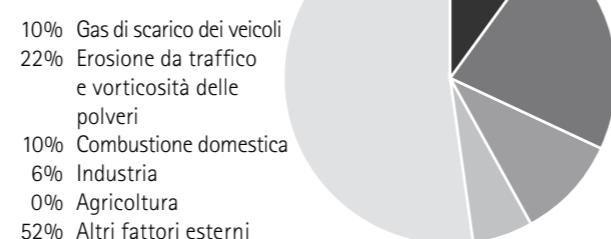
PM <sub>10</sub>	50 µg/m <sup>3</sup>	Valore medio giornaliero per ogni anno solare è permesso il seguente numero di superamenti: 35
PM <sub>10</sub>	40 µg/m <sup>3</sup>	Valore medio annuale
PM <sub>2.5</sub>	25 µg/m <sup>3</sup>	Valore medio annuale, dal 1.1.2015 entrerà in vigore il valore
PM <sub>2.5</sub>	20 µg/m <sup>3</sup>	AEI (Average Exposure Indicator), valore medio triennale flessibile come valore medio di stazioni di misura cittadine in posizione non esposta, dal 31.12.2015 in vigore con ulteriori obblighi di riduzione

Nel caso fra le sostanze inquinanti siano dimostrabili con sufficiente sicurezza dei contributi di emissioni naturali e nel caso i superamenti possano essere ricondotti, in tutto o in parte, a tali emissioni naturali, essi possono non essere considerati nel contesto della valutazione dei contenuti dei valori limite della qualità dell'aria. Ciò vale anche per lo spargimento di ghiaia o sale sulle strade, nell'ipotesi che siano state prese tutte le misure sensate e necessarie per la riduzione delle concentrazioni. [22]

In caso di superamento dei valori limite è necessaria l'elaborazione e l'applicazione di un piano d'intervento nel quadro di un piano generale per la qualità dell'aria. In questo senso, nei diversi Paesi europei, vengono seguite ed applicate diverse strategie. [21]

Nelle stazioni di misurazione a diretto contatto col traffico nelle aree ad alta concentrazione urbana, il traffico stradale è, nella generalità dei casi, il maggior generatore di inquinamento da polveri sottili PM<sub>10</sub>, in cui una parte consistente è dovuta anche ai continui e ripetuti vortici di polvere stradale.

**Fig. 1** Quote di generazione di PM<sub>10</sub> rilevate alla stazione di misurazione in via Völkermarkt a Klagenfurt (23.000 DTV [traffico medio giornaliero in veicoli]), valore medio annuo 2005.



Come misura di riduzione dell'inquinamento da PM<sub>10</sub>, dal settore del traffico stradale entra in gioco anche la riduzione delle emissioni di sostanze dannose (mobilità elettrica, adattamento dei veicoli alle normative Euro 5 o 6, introduzione di aree a tutela ambientale, divieti di transito temporali o settoriali, pedaggi cittadini, gestione delle aree di parcheggio, ampliamento e sostegno della mobilità pubblica locale, riduzioni della velocità).

L'ente manutentore delle strade può inoltre intervenire localmente, nel quadro dei servizi di manutenzione estiva e invernale, attraverso la pulizia delle strade (macchine spazzatrici per la riduzione delle polveri sottili, pulitura bagnata della sede stradale) così come può applicare efficaci misure per la riduzione del ripetuto sollevamento e vorticare delle polveri sottili negli ambiti cittadini a maggior transito attraverso l'applicazione del collante liquido per polveri sottili CMA e rispettivamente della miscela CMA:KF.

## della pulizia delle strade e dei servizi invernali sulle polveri PM<sub>10</sub>

### Pulizia delle strade

In diverse aree e situazioni di traffico, la vorticosità delle polveri stradali è uno dei maggiori fattori che concorrono alla formazione dei dati rilevati circa la concentrazione delle PM<sub>10</sub>. In particolare, nei Paesi nordici, l'usura degli pneumatici chiodati, lo spargimento di ghiaia e l'impiego invernale del sale sulle strade costituiscono un'elevata quota parte delle polveri stradali. La pulizia delle strade può rappresentare un'adeguata contromisura per la riduzione della vorticosità delle polveri stradali.



**Fig. 2** Pulizia stradale in Svezia



**Fig. 3** Pulizia stradale in Svezia

Secondo un riassunto di Amato e altri (2010) [2], gli studi scientifici in questa direzione sono alquanto rari ed hanno dato finora dei risultati deludenti per quanto riguarda la riduzione delle emissioni di PM<sub>10</sub>. Pare che la pulizia delle strade, effettuata con i macchinari (spazzatrici) tradizionali attualmente in uso, non sia efficace per ottenere una riduzione delle quantità di PM<sub>10</sub> ed anzi, alcune spazzatrici nel loro lavoro elevano perfino la concentrazione locale di PM<sub>10</sub>. In alcuni studi, pochi per la verità, sono stati anche registrati degli effetti positivi, ma nell'analisi di questi casi non è stato possibile escludere con certezza gli influssi meteorologici su tali risultati.

Un recente studio sviluppato in Svezia ha dimostrato invece che macchine spazzatrici di nuova generazione sono assolutamente in grado di ridurre fino del 20% il contributo locale alla concentrazione di PM<sub>10</sub>, anche se l'effetto risulta assai ridotto rispetto all'intero complesso delle PM<sub>10</sub> (Gustafsson e altri, 2011). [4]

### Servizio invernale

In aree, nelle quali in inverno le temperature scendono al di sotto degli 0°C, i servizi di manutenzione invernale hanno la responsabilità di garantire le condizioni generali di aderenza delle strade in modo che esse risultino costantemente transitabili. I metodi maggiormente in uso prevedono lo spargimento di sale (cloruro di sodio) in forma solida o in soluzione acquosa, cioè sale umido, oppure di graniglia.

Di suo, la graniglia può già contenere particelle di polveri assai sottili nel momento in cui viene sparsa sulla sede stradale che poi sono ulteriormente sottilizzate dal traffico. E' stato possibile dimostrare in laboratorio che la graniglia contiene un'alta quantità di polveri sottili



PM<sub>10</sub> e quindi essa stessa rappresenta una importante fonte di origine delle polveri sottili. Il suo contributo alla produzione di PM<sub>10</sub> è probabilmente alto, anche se di durata limitata.

Considerato che il traffico asporta rapidamente la graniglia per effetto degli pneumatici, Kupiainen (2007) [5] ha dimostrato che le dimensioni e le proprietà del materiale che costituisce la graniglia sono importanti per quanto riguarda le emissioni di PM<sub>10</sub>. Egli scoprì inoltre il cosiddetto „Sandpapier-Effekt - effetto cartavetrata della graniglia”, sottoposta all'attrito del traffico stradale, aumenta l'erosione del manto stradale contribuendo in tal modo ad ulteriori emissioni di PM<sub>10</sub>. Sulla base di questi risultati, ad Helsinki, prima del suo spargimento sulle strade la graniglia è stata passata al setaccio oppure sottoposta a lavaggio per la separazione delle particelle sottili impiegando inoltre nella sua composizione materiale roccioso generalmente più duro e più resistente all'usura da attrito.



Fig. 4 Cristalli di sale sull'asfalto stradale

Generalmente la graniglia, se proprio si deve, dovrebbe trovare impiego solo sulla rete stradale minore. E' stato anche possibile dimostrare che anche il sale sparso sulle strade porta alla formazione di PM<sub>10</sub> (p.e. Furusjö e altri, 2007)[3] e pertanto in inverno esso potrebbe rappresentare una importante fonte di produzione di PM<sub>10</sub> nelle vicinanze delle strade.

Secondo le direttive per la qualità dell'aria, l'inquinamento da polveri sottili PM<sub>10</sub> riconducibile all'impiego di graniglia o di sale sparso sulle sedi stradali, può essere successivamente detratto dal computo dell'inquinamento annuale [22]. Secondo le analisi delle prove sui filtri per polveri effettuate finora, a Klagenfurt è stato possibile ricondurre ad una eccessiva concentrazione di NaCl fino a 8 giornate all'anno in cui sono stati superati i valori limite delle polveri sottili PM<sub>10</sub> nell'aria.

## del collante liquido CMA e delle miscele CMA:KF

Il collante CMA è reperibile sul mercato con il nome ICE & DUST-AWAY e consiste in una soluzione acquosa di 25 parti ponderali% di calcio magnesio acetato. Esso viene prodotto tecnicamente grazie alla reazione chimica naturale dell'acido formico unito a calce anidra ed ossido di magnesio. ICE & DUST-AWAY viene prodotto senza l'aggiunta di additivi o inibitori.

Sul mercato vi è anche una miscela di CMA con formato di potassio (KF prodotto con acido formico e idrossido di potassio) che è reperibile con il nome di ICE & DUST-AWAY PLUS 50. Questo prodotto (50 parti ponderali% CMA e 50 parti ponderali% KF) ha un punto di congelamento più basso ed una migliore capacità di scioglimento rispetto al CMA (vedi fig. 31). Nel simulatore di traffico risultano anche migliori sia l'effetto legante sulle polveri che la sua durata d'impiego (vedi fig. 22). Prove di traffico e anche test di aderenza eseguiti dall'ÖAMTC hanno dimostrato risultati da comparabili a leggermente migliori per l'ICE & DUST-AWAY PLUS 50 rispetto all'ICE & DUST-AWAY. L'ICE & DUST-AWAY PLUS 50 è però molto più caro all'acquisto (1,8 volte) rispetto al ICE & DUST-AWAY.

I prodotti possono essere applicati facilmente alla sede stradale attraverso spargitori a piatto rotante e/o

barre ad ugelli. La manipolazione di entrambi i prodotti, che conservano la loro completa stabilità anche per lunghi periodi di magazzinaggio, è semplice.

I prodotti sono impiegati come leganti per le polveri sulla strade e come mezzi decongelanti, su strade, percorsi pedonali, marciapiedi ed aree pedonali. Poiché non hanno effetti dannosi sulle piante, questi prodotti sono adatti anche per gli utilizzi in prossimità di impianti ed aree verdi. I prodotti sono molto adatti anche per le zone pedonali, anche per evitare corrosione o irritazioni alle zampe degli animali domestici.

### Classificazione

Il prodotto non è classificato.

### Pronto soccorso

In caso di un contatto con gli occhi, sciacquare subito con abbondante acqua corrente e rivolgersi al medico.

### Produttore/Distributore

Nordisk Aluminat A/S  
Stejlhoej 16, DK-4400 Kalundborg  
E-mail: tko@aluminat.dk (sig.ra Klarskov)

### Proprietà e caratteristiche del prodotto

	ICE & DUST-AWAY	ICE & DUST-AWAY PLUS 50
Densità a 20° C	1.14 g/cm <sup>3</sup>	1.22 g/cm <sup>3</sup>
Viscosità a +5/0/-5/-10/-15 °C	32/37/44/53/- cP	-/28/32/36/43 cP
pH	8.8 ± 0,5	9.0 ± 0,5
Punto di congelamento	-14 °C	-23 °C
Contenuto complessivo di cloruro	< 0.01 peso%	
Aspetto	liquido trasparente	liquido trasparente

## del CMA sull'ambiente

Come prodotto scongelante ICE & DUST-AWAY possiede il contrassegno ambientale nordico „Der Schwan“. Un prodotto con contenuto di formato di potassio KF ha anche il contrassegno ecologico nordico ECO-Label.

I valori ambientali di soglia per l'ottenimento del contrassegno ecologico "ECO" sono indicati sotto. ICE & DUST-AWAY PLUS 50 non è stato ancora sottoposto ai test.

## Valori ecologici di soglia per il contrassegno ECO

Parametro	Valori soglia	ICE & DUST-AWAY
Contenuto di cloruro (Cl <sup>-</sup> )	1,0 p.pon.%	0,006 p.pon.%
Biodegradabilità	min. 70 % in 28 giorni (OECD 301 A)	il 70 % è stato degradato biologicamente in 3 giorni
Consumo di ossigeno	5 g O <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	1,2 g O <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
Ecotossicità (fra 1-100 mg/l la sostanza deve essere facilmente degradabile)		
Pesci	LC50 > 1 mg/l	LD50 > 11,4 g/l
Pulci d'acqua	EC50 > 1 mg/l	EC50 > 1,8 g/l
Alghe	LC50 > 1 mg/l	EC50 = 13 g/l
Elementi nutritivi, azoto totale	1 p.pond.%	0,00008 p.pond.%
Elementi nutritivi, fosforo totale	1 p.pond.%	0,002 p.pond.%
Metalli pesanti		
Arsenico (As)	10 mg/kg sostanza secca (TS)	7,5 mg/kg TS
Cadmio (Cd)	0,8 mg/kg TS	0,1 mg/kg TS
Mercurio (Hg)	0,8 mg/kg TS	0,6 mg/kg TS
Nichel (Ni)	30 mg/kg TS	10 mg/kg TS
Piombo (Pb)	40 mg/kg TS	16 mg/kg TS
Zinco (Zn)	30 mg/kg TS	9,3 mg/kg TS
Cromo (Cr)	40 mg/kg TS	9,1 mg/kg TS
Rame (Copper)	40 mg/kg TS	8,9 mg/kg TS

Test effettuato da Eurofins, Danimarca per Nordisk Aluminat A/S

## Intensità del materiale e potenziale di riscaldamento globale (GWP) del CMA a confronto con il formato di potassio (KF) e il sale stradale (cloruro di sodio)

	CMA 20g/m <sup>2</sup>	CMA 20g/m <sup>2</sup> 1x in 4 giorni	KF 20g/m <sup>2</sup>	Soluzione salina 20g/m <sup>2</sup>	Sale stradale 20g/m <sup>2</sup>
Materiale abiotico [g/m <sup>2</sup> ]	15,3	3,8	70,8	25,0	27,2
Aria [g/m <sup>2</sup> ]	4,6	1,2	39,6	1,6	2,5
Acqua [g/m <sup>2</sup> ]	385	96	3,978	162	356
GWP [g CO <sub>2</sub> equiv./m <sup>2</sup> ]	5,77	1,35	25,73	0,46	0,58

Studio effettuato dall'Istituto di Wuppertal, Germania, nel quadro del progetto Life CMA+

## del CMA come legante per le polveri sottili nel periodo invernale

L'applicazione di CMA su strade asfaltate nel semestre invernale (ottobre-aprile) si basa su un servizio stradale invernale strutturato ed organizzato in maniera dinamica.

## Sono da osservare i seguenti punti:

- Attraverso l'applicazione la superficie stradale può diventare umida anche in luoghi e condizioni in cui normalmente ci si attende una strada asciutta. Non devono essere trattati percorsi stradali con scarsa aderenza o, rispettivamente, con manto altamente usurato o in presenza di solcature dell'asfalto. Sono pertanto consigliate preventive verifiche di aderenza sui vari tratti stradali prima dell'inizio delle applicazioni.
- Con adeguato anticipo sull'inizio delle applicazioni, i tratti stradali o le aree urbane soggette al trattamento devono essere provviste di adeguata segnaletica (per esempi di segnaletica vedi fig. 11, 12, 29 e 30), inoltre la popolazione deve esserne informata attraverso un'adeguata comunicazione mediatica.
- L'applicazione dipende dalle condizioni meteo e dovrebbe essere eseguita solo in presenza di queste condizioni: tempo asciutto, umidità dell'aria inferiore all'80%, nessuna precipitazione in previsione, inquinamento da polveri sottili con tendenza in crescita oppure in presenza o previsione di superamenti dei livelli di soglia ammessi (> 50 µg/m<sup>3</sup>).
- La decisione sull'applicazione dovrebbe essere demandata quotidianamente ad un team di esperti (qualità dell'aria, meteorologo, servizi stradali invernali). Un modello di pianificazione e di prognosi, aggiornato quotidianamente può fungere da direttiva generale per le decisioni di intervento del servizio

stradale invernale (per il modello di previsione e di interpretazione di Lienz vedi fig. 19 in allegato).

- Il dosaggio di una singola applicazione, per ragioni di sicurezza del traffico, non dovrebbe superare i 10g/m<sup>2</sup>. L'applicazione va evitata su incroci, passaggi pedonali, curve, rotatorie e ponti, come pure su tratti stradali con aderenza ridotta.
- L'applicazione andrebbe effettuata una volta al giorno su tratti stradali ad alta frequenza di transiti (più di 7500 DTV pro corsia), in caso di strade ad altissima densità di traffico (> 15000 DTV pro corsia) l'applicazione va effettuata due volte al giorno. Su tratti stradali a ridotta intensità di traffico (< 5000 DTV) è sufficiente un trattamento ogni due giorni, al di sotto dei 2.500 DTW transiti, ogni 3 giorni. In caso di strade scarsamente trafficate (al di sotto dei 1000 DTV pro corsia) l'applicazione non ha ragione di essere effettuata. L'applicazione o lo spargimento del composto liquido dovrebbe avvenire, per quanto possibile, prima delle ore di punta del traffico mattutino (fino al max. alle ore 7).
- Per ottimizzare gli intervalli e la quantità di applicazione, si consiglia una verifica della quantità residua di CMA prima di una successiva applicazione.
- A partire da una temperatura esterna al di sotto dei meno 10 gradi Celsius, è da evitare lo spargimento poiché sussiste il rischio di congelamento del composto.
- Non appena le condizioni meteorologiche lo consentono, i tratti stradali sottoposti ad applicazione andrebbero ripuliti e lavati ogni volta che è possibile (macchine spazzatrici adatte alle PM<sub>10</sub> con possibilità

di impiego fino a meno 5 gradi Celsius, mezzi idropultrici ad alta pressione).

- Per l'impiego ottimale del CMA e per il risparmio di costi e risorse, l'applicazione può avvenire la prima volta sull'intera sede stradale, limitando alternativamente le successive alla sola larghezza delle tracce degli pneumatici. Questo è possibile quando i mezzi di spargimento sono attrezzati in tal senso.
- Secondo le prove di laboratorio, il miglior effetto legante per le polveri sottili si ottiene con l'impiego del prodotto CMA/KF in miscela 50:50. Finora però questa miscela non è stata ancora provata all'aperto e in condizioni di impiego. Con un eguale dosaggio, è possibile ridurre la frequenza di applicazione.
- Per la documentazione delle quantità impiegate ed il mantenimento dei dosaggi applicati, vanno redatti costanti rapporti e dopo ogni passaggio di applicazione vanno indicati i tragitti effettuati e pesate le quantità impiegate (per i protocolli vedi fig. 27 e fig. 28 in allegato).
- L'aggiornamento e la sensibilizzazione dei collaboratori del servizio stradale, in particolare dei conducenti dei veicoli attrezzati per lo spargimento, così come lo scambio di esperienze con i responsabili dei servizi stradali invernali di altri comuni, sono di grande utilità per l'ottenimento di risultati di rilievo.
- Una costante applicazione può portare alla riduzione del 30% dell'inquinamento da polveri sottili a bordo strada riferito ai valori medi giornalieri, del 20% riferito ai valori medi mensili e del 10% su quelli medi annui.

## CMA come fondente chimico

L'effetto scongelante del CMA è stato verificato soprattutto nei parcheggi e sui marciapiedi cittadini così come su tratti stradali sensibili in vicinanza di corsi d'acqua.



**Fig. 5** Applicazione a Lienz, zona pedonale: un effetto di scioglimento del ghiaccio è chiaramente rilevabile fino ad uno strato di ca. 3 cm di neve fresca.

- In caso di forti nevicate, si registra anche una facilitazione nello sgombero neve conclusivo poiché la massa nevosa non si solidifica in maniera così compatta con il manto stradale, rendendo più semplici i lavori di sgombero.
- L'effetto come „fondente chimico“ è preventivo ed il suo dosaggio, dipendente dalle quantità di precipitazioni nevose che sono attese, fra i 10 e i 40 g/m<sup>2</sup>. Poiché l'efficacia del CMA dura sensibilmente di meno che non quella del sale, non si consiglia un'unica applicazione nel traffico stradale (vedi fig. 25). L'impiego contemporaneo di CMA e di sale stradale non comporta problemi.
- Buone esperienze sono state effettuate nelle aree pedonali e nei parcheggi, anche qui però solo con efficacia preventiva. In caso di forti precipitazioni nevose o di gelate già in atto, si consiglia l'impiego ulteriore del sale stradale o di graniglia smussata.
- Su aree private l'uso che maggiormente si adatta è quello con una tanichetta da 5 litri con irroratori manuali dei tipi che si usano normalmente in giardino. Anche in questi usi c'è da aspettarsi un leggero odore di aceto che potrebbe essere trasportato, attraverso le soles delle scarpe, fino all'interno delle abitazioni. Non crea problemi e soprattutto neppure danno alcuno.
- Il momento ottimale per l'applicazione deriva dall'esperienza singola e generale dei servizi invernali interessati.
- Il fondente chimico che ha dimostrato la migliore efficienza è la miscela di CMA/KF. Quanto maggiore è la percentuale di formato di potassio KF, tanto migliore è l'effetto chimico fondente.



## come legante per polveri su strade sterrate e cantieri

Un effetto legante sulle polveri è ottenibile anche su strade sterrate, con un modesto impegno ma con un aumento dei dosaggi fino a 100-200 g/m<sup>2</sup> rispetto all'impiego invernale.

Il trattamento di strade carrozzabili non asfaltate con il CMA in un dosaggio fino a 200 g/m<sup>2</sup> appare sensato per minimizzare il sollevamento locale di polveri soprattutto nelle aree sensibili vicine (quartieri abitativi ecc.).

La distribuzione del Cma sia su strade sterrate come pure nelle cave può avvenire sostanzialmente attraverso l'impiego degli stessi mezzi di spargimento usati dai servizi invernali oppure è possibile effettuarla anche con idrolance collegate ai fusti del prodotto.

La frequenza delle applicazioni si deve mettere in relazione alle condizioni meteo, alla natura ed alle caratteristiche delle superfici interessate ed alla frequenza dei transiti. Secondo le esperienze finora maturate, la durata degli effetti può protrarsi per diverse settimane ed essere anche verificata in loco, poiché un'eventuale intensificazione della formazione e del sollevamento delle polveri è immediatamente rilevabile.

Prima dell'applicazione il terreno da trattare dovrebbe essere umido, affinché la nebulizzazione del liquido CMA possa sfruttare al meglio la matrice del terreno. Il terreno può essere inumidito naturalmente (pioggia, rugiada o umidità mattutina) oppure irrorato meccanicamente con dell'acqua. In relazione al dosaggio impiegato, nelle aree circostanti è possibile percepire

un leggero odore di aceto, che in ogni caso non ha nessun effetto negativo o inquinante sull'ambiente circostante.

Altrettanto possibile è anche l'impiego nei cantieri, al fine di minimizzare la formazione ed il sollevamento di polveri dovute al traffico fisiologico di cantiere. In questo caso è da osservare che per il forte effetto legante e collante della miscela applicata sul terreno, lo sporco accumulato sulle superfici del cantiere può attaccarsi agli pneumatici dei mezzi pesanti impiegati ed essere trasportato sulle strade asfaltate adiacenti. Per questo, nel caso di applicazione in cantieri, dovrebbe essere predisposto un impianto di lavaggio delle ruote per evitare il trasporto dello sporco su vie adiacenti.



Fig. 6 Tracciato di prova in via Drucker, con stazione di misura della qualità dell'aria, Klagenfurt

### Fattori limitanti

1. Strati di polveri secche alti diversi centimetri impediscono la corretta coesione del liquido irrorato con le aree trattate, a causa della più forte tensione superficiale dell'acqua che ne limita fortemente la penetrazione. Tale effetto si riscontra particolarmente nel cuore delle stagioni estive, con condizioni meteo di sole costante e giornate molto calde.



Fig. 8 Il CMA su strato di polvere asciutta

2. Questo metodo non riesce però ad impedire, in condizioni di vento forte, la dispersione di particelle di polveri secche da grandi aree bianche di scavi a cielo aperto (cave di materie prime a cielo aperto e cave di ghiaia)



Fig. 9 Strada camionabile in cava di ghiaia a Hörtendorf presso Klagenfurt



Fig. 7 Applicazione su piazza Mercato di Stegona, Brunico



# Misurazioni della qualità dell'aria

## per la valutazione dell'efficacia del CMA

### Generalità

L'esecuzione di campagne di rilevamento della qualità dell'aria in conche montane, soprattutto a causa delle particolari condizioni meteorologiche ivi riscontrabili nei periodi invernali (inversione termica, basse velocità dei venti... ) necessita dell'adattamento dei concetti di misurazione. L'impostazione viene perciò modificata nel senso che sono richieste 2 adeguate stazioni di misura accanto alla sede stradale ed una stazione di misura per il rilevamento dei carichi d'inquinamento in posizione non esposta. Su questa base è possibile valutare le differenze dei carichi di sostanze dannose di  $PM_{10}$  (delta  $PM_{10}$ ) e  $NO_x$  (delta  $NO_x$ ), poiché al contrario delle  $PM_{10}$ , le emissioni di  $NO_x$  non sono soggette a forti oscillazioni e, matematicamente, sono assolutamente ben prevedibili. In questo modo, le immissioni causate dal traffico possono essere valutate e registrate nel modo migliore. Per una migliore comprensione, questa impostazione è rappresentata anche visivamente nel grafico che segue.

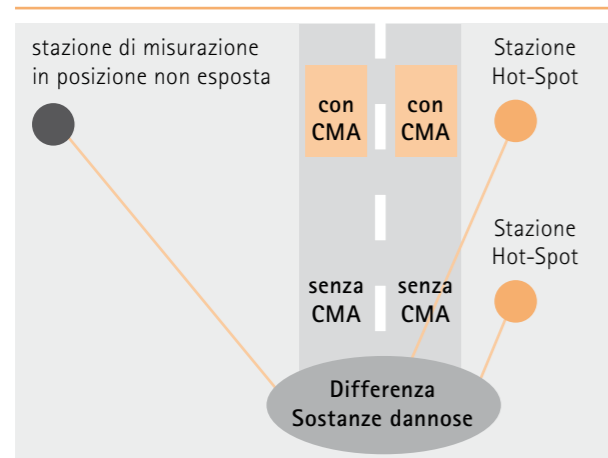


Fig. 10 Schema di collocazione delle stazioni di misura della qualità dell'aria TU Graz

Il calcolo dei contributi di immissioni indotti dalla strada ed un punto di misurazione dei veicoli in transito per

un preciso rilevamento della quota di automobili e di mezzi pesanti in circolazione, costituiscono la base per il successivo passo del calcolo. Con l'aiuto delle singole quote di traffico e dei fattori di emissione di  $NO_x$ , che sono stati calcolati grazie al modello NEMO, può essere definito in  $g/km \cdot veicolo$  il fattore di emissione medio flottante di  $NO_x$ . Questo fattore di emissione medio flottante di  $NO_x$  viene ora moltiplicato per il rapporto fra delta  $PM_{10}$  e delta  $NO_x$ . Come risultato si ottiene il fattore di emissione medio flottante per le  $PM_{10}$  espresso in  $g/km \cdot veicolo$ , che alla stazione di misurazione Hot Spot senza applicazione di CMA risulta più alto che in quella con applicazione di CMA.

$$EF_{PM_{10}} [g/km \cdot Fzg] = EF_{NO_x} \cdot \frac{\text{delta } PM_{10}}{\text{delta } NO_x}$$

Il risultato può così essere ricalcolato come effettivo potenziale di riduzione delle  $PM_{10}$ .

Le giornate con precipitazioni o con un'alta umidità percentuale dell'aria non sono da considerare in questa valutazione. Nel caso si abbia a disposizione solo una stazione di misura in vicinanza della strada, è possibile eseguire anche un confronto episodico con e senza l'impiego di CMA, partendo però dal presupposto che le condizioni meteorologiche delle valutazioni siano simili. Per gli esempi di una valutazione vedi fig. 20 e 21 in allegato.

### Tecnica di misurazione

Per la rilevazione dei carichi locali di inquinamento ambientale da sostanze dannose nel quadro delle campagne per la misurazione della qualità dell'aria, sono misurati tecnicamente i seguenti componenti:  $PM_{10}$  ( $PM_{2.5}$ ,  $PM_{1}$ ),  $NO$ ,  $NO_2$ ,  $NO_x$  così come i parametri meteorologici temperatura, umidità dell'aria, velocità

e direzione del vento. Nelle stazioni di misurazione vicine alla sede stradale vengono inoltre rilevati, con l'aiuto di un radar, i dati del traffico in transito. Per una migliore comparabilità dei risultati delle misure, è consigliabile secondo le possibilità, l'impiego di apparecchiature di misura del medesimo tipo produttivo e che impieghino lo stesso principio di misurazione.

### Campagne di misurazioni invernali

Accanto al traffico, soprattutto la combustione domestica e le industrie dell'area cittadina contribuiscono in maniera consistente al carico inquinante locale da  $PM_{10}$ . Per riuscire a riprodurre il più fedelmente possibile gli effetti del traffico sulla qualità dell'aria, risulta di fondamentale importanza la scelta di una adeguata stazione di misurazione collocata in posizione non esposta. In questo contesto, per la scelta della collocazione andrebbero considerati i seguenti aspetti:

- ridotta componente edificativa
- ridotta influenza di fonti singole (combustione domestica, industria ...)
- ridotto volume di traffico derivante dalle vie adiacenti.

Per essere in grado di valutare gli effetti del traffico e del collante CMA sulla situazione della qualità dell'aria anche attraverso valori medi su brevi periodi, è importante che le misurazioni dell'andamento giornaliero delle concentrazioni di sostanze dannose nell'aria nelle stazioni di misurazione poste in posizione non esposta non si differenzino troppo dai dati di quelle collocate direttamente nelle vicinanze della strada. Nell'ipotesi ideale, la misurazione nelle immediate vicinanze della strada dovrebbe basarsi come minimo sui dati di due stazioni di misura. Nelle vicinanze di una stazione di misura, per 200 m avanti e indietro, la strada viene trattata con il CMA mentre

il tratto nelle vicinanze della seconda stazione di misura non viene trattato con il collante CMA. La distanza fra la fine del tratto di prova dove è stato applicato il CMA e l'inizio dell'altro tratto senza CMA dovrebbe essere di almeno 500 m (ad evitare l'effetto di trasporto degli pneumatici!). Su questa base, grazie al confronto fra le concentrazioni di sostanze dannose con la stazione di misura in posizione non esposta, si dovrebbe riuscire a definire il potenziale di riduzione delle polveri del CMA ed il suo effetto migliorativo sulla qualità dell'aria.

### Campagne di misurazione estive

Lo svolgimento di campagne di misurazione estive si sviluppa in maniera simile a quelle invernali. In ogni caso sono da considerare i seguenti aspetti:

- ridotta concentrazione edilizia
- ridotti influssi di singole fonti di inquinamento casuali (cantieri, altri lavori...)
- un'adeguata mole di traffico stradale (~300 veicoli/giorno)
- strade sterrate / non asfaltate

Per essere in grado di valutare gli effetti del traffico e del collante CMA sulla situazione della qualità dell'aria è importante la scelta di un tratto stradale con una superficie uguale ed omogenea (strada sterrata, fondo in ghiaia o non asfaltato) e con una mole di traffico adeguatamente alta. La misurazione su almeno due stazioni vicine alla strada dovrebbe avvenire come descritto precedentemente. La stazione di misura in posizione non esposta dovrebbe essere collocata anch'essa a distanza sufficientemente alta (>500 m) dalla strada sterrata oggetto di misurazione, proprio per evitare gli eventuali influssi del traffico sui carichi di sostanze dannose nell'aria di tale misurazione.

## del CMA sull'aderenza del fondo stradale e sulla sicurezza del traffico

Nel quadro del progetto sono state eseguite una numerosa serie di prove ed accertamenti degli influssi del materiale sulle condizioni di aderenza e sulla sicurezza stradale in generale:

- prove di frenata e corse comparative sul tracciato di prova del centro di sicurezza stradale e di guida dell'ÖAMTC di Mödling, in Carinzia, nel 2009 e nel 2011.
- prove e test di aderenza e tenuta del Politecnico di Vienna, Istituto di scienza della circolazione stradale, a Klagenfurt, Lienz e Brunico, nel 2010 [6]
- prove ed esami di laboratorio presso l'ACCT
- rilevazioni di incidenti stradali e valutazione delle situazioni conflittuali a Klagenfurt, Lienz e Brunico attraverso il Curatorio per la sicurezza stradale (2009-2012)

Nel momento in cui una carreggiata stradale pulita ed asciutta viene irrorata o comunque a contatto con altre sostanze (acqua, umidità, sporcizia, olio, sabbia, sale, graniglia mobile, CMA ecc.), le sue condizioni di aderenza fra fondo stradale e pneumatici peggiorano. Prove di aderenza e tenuta, test di frenata e corse di prova in pista hanno dimostrato, immediatamente dopo l'applicazione del CMA o del CMA:KF, una diminuzione delle condizioni di presa ed aderenza fino al 25% (a confronto con la carreggiata asciutta). A seconda dei diversi tipi di manto stradale si registra una riduzione dell'aderenza riconducibile alla strada bagnata o di poco inferiore [6]. Un dosaggio di 20g/m<sup>2</sup> porta ad una riduzione di aderenza più elevata rispetto al dosaggio 10g/m<sup>2</sup>.

In caso di temperature dell'aria esterna moderate, in combinazione con l'irraggiamento solare ed il vento, il manto d'asfalto si asciuga comunque abbastanza ra-

pidamente, tornando così alle sue normali condizioni di aderenza. Questo significa che i rapporti di tenuta fra asfalto e pneumatici migliorano di nuovo e ciò che della sostanza resta sulla carreggiata asciutta non influenza il coefficiente di attrito. In un tempo fra i 5 minuti e circa 2 ore (secondo le condizioni meteo) la carreggiata trattata ritorna alle sue caratteristiche asciutte iniziali (e talvolta anche le supera). Dopo tre trattamenti consecutivi con dosaggi a 10 g/m<sup>2</sup> non è stato registrato nessun fenomeno di accumulo.

### Effetto di trascinamento

I mezzi pesanti, con i loro pneumatici, raccolgono le particelle collanti delle polveri dalla superficie dell'asfalto e se le „trascinano“ nella direzione di marcia. A seconda delle condizioni meteo, già dopo 1 ora dall'applicazione, questo può portare ad una riduzione del livello del CMA nelle zone di contatto fra l'asfalto e gli pneumatici (tracce degli pneumatici) fino ad 1/3 rispetto al centro strada ed ai margini della carreggiata (vedi fig. 26). L'effetto trascinamento non conduce comunque a nessuna significativa riduzione del normale livello di aderenza dei tratti stradali non sottoposti a trattamento.

### Sicurezza del traffico

In nessun incidente stradale rilevato come pure nelle situazioni conflittuali osservate in loco, il Curatorio per la sicurezza stradale (Kuratorium für Verkehrssicherheit) non ha registrato o rilevato alcun nesso con il collante per le polveri sottili applicato. Non sono stati riscontrati segnali che il collante CMA possa influenzare la sicurezza stradale. [8]

L'esperienza pratica però insegna che ogni camionista, con maggiore o minore esperienza di guida, è in grado

di adeguare la sua velocità alle condizioni meteo esterne. „Tempo buono“, cioè „temperature miti e condizioni di asciutto“ suggerisce una „strada buona“: già da questa impressione ottica e dalla valutazione soggettiva del conducente derivano lo stile di guida e la velocità scelta.

Dal punto di vista puramente statistico, circa un quarto degli incidenti stradali cittadini, sono i cosiddetti incidenti da sbandata o perdita di aderenza che si registrano con maggiore frequenza in caso di condizioni atmosferiche avverse. In particolare sulle curve e sulle coppe rotatorie si può giungere a situazioni dinamiche critiche dal punto di vista della circolazione che talvolta sopraffanno le normali capacità dei conducenti. Particolarmente critica, in quest'ottica, risulta soprattutto la fase di impostazione di una curva o dell'ingresso in una coppa giratoria. Questo riguarda in particolar modo anche i motociclisti e partendo da queste constatazioni sono state

elaborate delle direttive di applicazione del CMA che puntano ad evitare tali rischi:

- l'esatto ed uniforme dosaggio di max. 10 g/m<sup>2</sup>
- evitare l'applicazione del prodotto su coppe giratorie, incroci, strisce zebbrate, superfici stradali troppo lisce o su strade in cattivo stato di manutenzione. Inoltre l'applicazione deve cessare ca. 20 m prima dei suddetti punti nevralgici individuati sopra.
- le strade trattate con il collante CMA devono essere rese ben visibili ed individuabili da parte degli automobilisti attraverso l'apposizione di adeguata segnaletica stradale.
- preventivamente, i tratti di strada più desolati possono essere anche regolati da adeguata segnaletica stradale di pericolo (come „strada sdruciolevole“, „pericolo generico“) o anche con limiti di velocità.

Esempio di una adeguata segnaletica su un tratto di prova a Klagenfurt vedi fig. 11, 12, 29 e 30.



Fig. 11 Segnaletica del tratto di prova per polveri sottili in via Drucker a Klagenfurt



Fig. 12 Apertura del tratto di prova a Brunico



## Definizione delle quantità residuali

Le misurazioni SOBO-20 vanno adeguate temporalmente alle condizioni locali e sono da organizzare in modo variabile (secondo esperienza ad intervalli di 30 min o di un'ora) fino a quando non vi sia più nessuna traccia di CMA sulla carreggiata.

### Durata e misurazioni

La misurazione trasversale di un tratto di strada chiuso al traffico per un breve periodo (con 1 corsia per ciascuna direzione di marcia) richiede l'impiego di appena pochi minuti di tempo.

### Condizioni di misurazione

Si devono scegliere tratti stradali quanto più possibile orizzontali, continui, omogenei e con fondo intatto.

Poiché il concetto di misurazione del metodo SOBO 20 si basa sulla conducibilità elettrica di una soluzione salina, l'apparecchio è sensibile trasversalmente a tutti gli alcali ed ai sali alcalini della terra ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ). Ciò significa che esso misura di fatto la somma delle conducibilità dei tratti stradali provati.

Residui di CMA o di CMA:KF possono così essere definiti in modo affidabile solo quando l'apparecchio è calibrato sulle sostanze da testare e si è verificato che non si trovi alcun altro tipo di sale stradale sulla carreggiata.

Nelle prove a Klagenfurt è stato determinato che su una carreggiata con un transito di 500 veicoli/h, già dopo 4h non è più riscontrabile nessun residuo di CMA. Nelle scie longitudinali tracciate dagli pneumatici la riduzione è sensibilmente più alta che non al centro della corsia o sui margini della carreggiata (vedi fig. 26 in allegato).



Fig. 13 Sistema di misurazione Sobo



Fig. 14 Immagine di una misura trasversale della strada

## Equipaggiamento

per l'utilizzatore del CMA

### 3 materiali diversi in una sola macchina spargitrice



Fig. 15 Macchina spargitrice a Lienz

### CMA applicato con sistema di spargimento a piatto rotante

Con il sistema di spargimento a piatto rotante il CMA viene sparso sulla carreggiata con una larghezza costante di 3 m e con un dosaggio di 10 grammi per  $\text{m}^2$ . In questa modalità il dosaggio non può essere modificato manualmente e così si esclude la possibilità di errori di manipolazione. Il conducente deve azionare solo ed unicamente un tasto on / off per l'avvio o l'arresto dello spargimento del CMA, specialmente in prossimità di incroci e di coppe giratorie. Lo spargimento avviene in maniera completamente corrispondente alla strada, ciò significa che il dosaggio si adatta del tutto automaticamente alla velocità del veicolo stendendo in tal modo un film costante di 10 grammi per  $\text{m}^2$  di CMA dietro alla macchina spargi-

trice. (consolle di comando e istruzioni del sistema di spargimento Springer vedi fig. 23 e 24)

In caso di mancato uso del sistema per più di due giorni, i condotti dalle pompe fino al piatto di spargimento sono da pulire con acqua (è possibile l'incollaggio delle valvole).



Fig. 16 Piatto della spargitrice



### CMA Sistema con barre ad ugelli

Il sistema con barre orientabili ad ugelli rende possibile lo spargimento mirato del CMA sulle tracce degli pneumatici. Tutto ciò per il fatto che spesso la superficie della carreggiata si presenta in diverse tonalità di grigio, indicandone il maggior consumo. I punti della carreggiata dove è rimasto del CMA ancora dallo spargimento precedente appaiono scuri (per lo più ai margini della carreggiata ed al centro delle corsie) mentre i punti dove generalmente passano gli pneumatici dei veicoli appaiono molto più chiari poiché a causa dei molti passaggi ripetuti, resta ancora pochissimo CMA ancorato all'asfalto a fare da legante per le polveri sottili. Per questa ragione, in tali situazioni ha sicuramente un senso poter spargere nuovamente del CMA solo sulle parti più chiare della carreggiata. Su una corsia di tre metri di larghezza, è possibile suddividere le parti chiare e le parti scure nel rapporto di ca. 1/3 contro 2/3. Il sistema di lavoro dello spargitore di CMA che consente di spargere il collante solo sulle aree più chiare della corsia, permette così di spargere e quindi di consumare 2/3 in meno di CMA per il medesimo tragitto.



Fig. 17 Ugello

Per questo, davanti al sistema di spargimento a piatto rotante, è stata montata a sbalzo una barra ad ugelli, precisamente dove di solito si trovano tendenzialmente anche le corsie di scorrimento delle ruote. La barra ad ugelli è regolabile a seconda delle esigenze e la sua posizione è modificabile a piacere. Ciascun ugello spruzzatore copre con il cono di irrorazione una superficie a terra di ca. 50 cm sulla corsia. Il risultato di questo spargimento è di 2 strisce di CMA, ciascuna di 50 cm di larghezza. Il dosaggio, come per lo spargimento a piatto rotante, risulta di 10 grammi per metro quadrato.

### Magazzinaggio del CMA

Il magazzino del CMA può avvenire sia in spazi all'aperto, con stoccaggio uno sull'altro in Intermedie Bulk Container (IBC) da 1000 litri di capacità ciascuno oppure essere effettuato in cisterne più grosse. In alternativa, da parte del produttore del CMA, vi è anche la possibilità di una fornitura o un riempimento successivo a mezzo autocisterna, con un sistema che diventa anche una questione di prezzo. Il servizio stradale comunale della città di Klagenfurt ha realizzato un punto di magazzino coperto, per lo stoccaggio uno sull'altro dei container IBC.



Fig. 18 Magazzino deposito CMA a Klagenfurt

Generalmente (vale per il servizio invernale e per quello estivo): camion e spargitore di CMA, per un prezzo base valutato di 51 €/h per il camion e di 10 €/h per lo spargitore CMA e con una velocità di spargimento di 20 km/h (1 km in ca. 3 min) generano dei costi chilometrici valutati nell'ordine di 3,05 €

### Costi del materiale

Per il servizio invernale con l'impiego del CMA, i costi chilometrici calcolati per il materiale d'uso ammontano a 13,50 euro. 1 km di strada, con un dosaggio di 10 g/m<sup>2</sup> e 3 m di larghezza di spargimento, corrispondono a 3.000 m<sup>2</sup> di superficie trattata e, rispettivamente, 30 kg di consumo di soluzione di CMA.

Con l'applicazione di miscele di CMA:KF i costi materiali aumentano a seconda del prezzo del prodotto (1 ton di CMA costa ca. 520 € lordi compreso il trasporto; 1 ton CMA:KF 880 € lordi compreso il trasporto), ma possono essere compensati dalla minore frequenza di applicazione con il sistema di spargimento a piatto rotante. Con l'impiego delle barre ad ugelli (cioè con il trattamento delle sole superfici di rotolamento delle ruote) è possibile una riduzione dei costi chilometrici del materiale che raggiunge i 2/3.

A Klagenfurt, dall'uso su superfici molto ampie nell'inverno 2012, consistito in 30 giornate di applicazione per 164 km di tracciati trattati, sono stati generati costi materiali che ammontano a ca. 84.000 €

Su strade sterrate, i costi del materiale per chilometro ammontano a 270€

1 km di strada sterrata, con un dosaggio di spargimento di 200 g CMA/m<sup>2</sup> e 3 m di larghezza di spargi-

mento, corrisponde ad un superficie trattata di 3.000 m<sup>2</sup> con, rispettivamente, un consumo di 600 kg di soluzione CMA.

Città	Start Applicazione Anno	Applicazione Tracciato di prova [km]	Risultati Riduzione PM <sub>10</sub>	Risultati Sicurezza del traffico	Letteratura Fonti
Klagenfurt (A)	2006	fino a 164 km	-10% (episodica)	nessuna influenza	8
Lienz (A)	2010	fino a 12 km	-30% (24h)	nessuna influenza	8
Brunico (I)	2010	fino a 12 km		nessun effetto negativo	8
Wolfsberg (A)	2010	25		nessuna influenza	9
Londra (U.K.)	2010	City of London, 3 km	-14% (episodica)	nessuna influenza	10
Stockholm (S)	2005-2008, 2011-2012	alcune strade nel centro città e autostrade	-20-50% (24h)	ridotta aderenza con alto dosaggio di CMA. Nulla con dosaggio 10-15 g/m <sup>2</sup> .	11-14
Göteborg (S)	2005-2008	alcune strade in centro città	-20-40% (24h)	ridotte condizioni di aderenza con alto dosaggio di CMA.	15
Norrköping (S)	2006-2010	alcune strade in centro città		ridotte condizioni di aderenza con alto dosaggio di CMA.	
Linköping (S)	2006	strade sterrate o rurali	-35-40% (24h)		16
Stoccarda (D)	2010-2011	1,2 km B 14 Neckartor	nessuna riduzione notata	nessuna influenza	7, 17-19

## e suggerimenti

Con l'aiuto del presente manuale d'impiego del CMA+ è possibile, grazie ad una coerente applicazione di CMA come collante per le polveri sottili, ottenere una riduzione delle PM<sub>10</sub> consistente e misurabile nelle stazioni di misurazione della qualità dell'aria a bordo strada (fino al 30% riferito al valore medio giornaliero, del 10-20% nei mesi invernali e fino al 5-10% della media generale annuale).

Sulle strade di uso pubblico non vi sono effetti collaterali sulla sicurezza del traffico e non vi è il rischio di danni conseguenti all'impiego del CMA, a patto che venga rispettato il dosaggio esatto, uniforme e controllato di max. 10 g/m<sup>2</sup> e non siano effettuate applicazioni in punti sensibili come curve, coppe gire, aree d'incrocio, passaggi pedonali o zebra, in presenza di manti stradali lisci o scivolosi o strade in cattivo stato di costruzione o manutenzione.

E' anche necessario considerare che le strade soggette al trattamento con il CMA devono essere dotate di apposita segnaletica informativa e che la popolazione ne deve anche essere informata con i mezzi a disposizione.

Il momento ottimale per le applicazioni del CMA, così come la frequenza delle stesse, dipendono dai carichi di inquinamento da polveri sottili, dalla temperatura e dall'umidità dell'aria così come dalle precipitazioni e dall'intensità del traffico. In caso di livelli di polveri sottili ben al di sotto dei valori limite, con alti valori di umidità dell'aria (oltre 80%) o nella previsione di precipitazioni meteo, non è necessario effettuare l'applicazione di collante CMA sulla sede stradale. Il

CMA ha una buona efficacia anche come fondente chimico, che però è solo preventiva. E' quindi possi-

bile un'applicazione combinata sia come collante per polveri sottili che come fondente chimico così come ne è possibile l'impiego in concorso anche con il sale stradale.

L'applicazione come fondente chimico è inoltre consigliata per le aree pedonali e per altre aree sensibili, per evitare i danni ambientali derivanti dallo spargimento di sale stradale.

Le miscele di CMA:KF hanno maggiore efficacia ed anche durata temporale degli effetti, sia dal punto di vista dell'effetto chimico fondente come pure da quello del collante per le polveri sottili, rispetto al puro prodotto CMA. L'efficacia ottimale della miscela CMA:KF si ottiene nel rapporto 50:50.

Come collante per le polveri sullo sterrato e su strade sterrate, un effetto molto buono (min -50%) e assai resistente anche dal punto di vista della durata si ottiene applicando il CMA con un dosaggio di almeno 100 / 200 g/m<sup>2</sup>.

1. WHO-Luftgüterichtlinie für Feinstaub, Ozon, Stickstoffdioxid und Schwefeldioxid, Zusammenfassung der Risikobewertung, Global gültige Aktualisierung, 2005
2. Amato F, Querol X, Johansson C, Nagl C, Alastuey A. A review on the effectiveness of street sweeping, washing and dust suppressants as urban PM control methods. *Science of the Total Environment* 2010; 408: 3070–3084.
3. Furusjö E, Sternbeck J, Cousins AP. PM<sub>10</sub> source characterization at urban and highway roadside locations. *Science of the Total Environment* 2007; 387: 206–219.
4. Gustafsson M, Bennet C, Blomqvist G, Johansson C, Norman M, Sjövall B. Utvärdering av städmaskiners förmåga att minska PM<sub>10</sub>-halter. VTI Rapport 707 2011. In Swedish with English abstract.
5. Kupiainen K. Road dust from pavement wear and traction sanding. Department of Biological and Environmental Sciences. Ph.D. University of Helsinki, Faculty of Biosciences, Helsinki, 2007, pp. 50.
6. Kirchmaier L. u. Blab R., Projektbericht Nr. 0925E, Griffigkeitsmessungen im Rahmen des EU-LIFEplus-Projektes CMA+ mit dem Messsystem GripTester, Institut für Verkehrswissenschaften, Forschungsbereich Straßenwesen, TU Wien, Juli 2010
7. Wittstock, J., Forum Kommunalen Verkehrswegebau in Baden-Württemberg, Feinstaubbindung durch CMA – Erfahrungsbericht (Referat in Bruneck/1), 16.06.2010
8. <http://www.life-cma.at>
9. <http://www.kleinezeitung.at/kaernten/wolfsberg/2502264/heuer-kommt-kleber-gegen-den-feinstaub.story>, [http://www.krone.at/Kaernten/Feinstaubkleber-Teststrecke\\_im\\_Lavanttal-Pilotprojekt-Story-224551](http://www.krone.at/Kaernten/Feinstaubkleber-Teststrecke_im_Lavanttal-Pilotprojekt-Story-224551)
10. URS Transport for London: Targeted Application of Calcium Magnesium Acetate (CMA) Pilot Study Monitoring Report, August 2011, Final, 49306764/LERP0002
11. Johansson C, Norman M, Westerlund K-G. Försök med dammbindning längs E4-Vallstanäs och i Norrmalm i Stockholms innerstad. SLB 10:2005, SLB analys, Stockholm, 2005. Available at [http://slb.nu/slb/rapporter/pdf8/slb2005\\_010.pdf](http://slb.nu/slb/rapporter/pdf8/slb2005_010.pdf)
12. Johansson C, Norman M, Westerlund K-G. Försök med dammbindning längs E4 och i Stockholms innerstad 2006. SLB 6:2006, SLB analys, Stockholm, 2006. Available at [http://slb.nu/slb/rapporter/pdf8/slb2006\\_H06.pdf](http://slb.nu/slb/rapporter/pdf8/slb2006_H06.pdf)
13. Norman M, Johansson C. Försök med dammbindning längs E4/E20 vid L:a Essingen 2007. SLB 3:2007, SLB analys, Stockholm, 2007. Available at [http://slb.nu/slb/rapporter/pdf8/slb2007\\_003.pdf](http://slb.nu/slb/rapporter/pdf8/slb2007_003.pdf)
14. Norman M. Försök med dammbindning med CMA mot höga partikelhalter i Stockholms innerstad 2007 och 2008. SLB-analys, Miljöförvaltningen, Stockholm, 2008. Available at [http://slb.nu/slb/rapporter/pdf8/slb2008\\_004.pdf](http://slb.nu/slb/rapporter/pdf8/slb2008_004.pdf)
15. Bäck E.: Utvärdering av partikeldämpande åtgärder våren 2008, Miljöförvaltningen i Göteborgs stad, Uppdragsrapport 2008:16. Available at [http://www5.goteborg.se/prod/Miljo/Miljohandboken/dalis2.nsf/vyFilArkiv/N800\\_2008\\_16.pdf/\\$file/N800\\_2008\\_16.pdf](http://www5.goteborg.se/prod/Miljo/Miljohandboken/dalis2.nsf/vyFilArkiv/N800_2008_16.pdf/$file/N800_2008_16.pdf)

22. Guidance on assessing the contribution of winter-sanding and -salting under the EU Air Quality Directive, draft, European Commission, DG Environment, July 2009.

16. Gustafsson M, Blomqvist G, Jonsson P, Ferm M. Effekter av dammbindning av belagda vägar, VTI Rapport 666. VTI, Linköping, 2010. Available with English abstract at <http://www.vti.se/sv/publikationer/pdf/effekter-av-dammbindning-av-belagda-vagar.pdf>

17. Pressemitteilung Regierungspräsidium Stuttgart, vom 27.09.2011.

18. Luftreinhalte-/Aktionsplan für den Regierungsbezirk Stuttgart, Teilplan Landeshauptstadt Stuttgart, Regierungspräsidium Stuttgart, Baden-Württemberg, Februar 2010

19. Reuter U.: Mit CMA gegen Feinstaub? Beispiel Stuttgart. Vortrag beim internationalen Kongress „Innovativer Winterdienst-Feinstaubreduktion“ am 30.09.2010 in Lienz.

20. Hausmann G., Einsatz von Straßenbewässerung im Winterdienst zur Minderung der PM<sub>10</sub>-Belastung, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 1036, 2010.

21. C. Nagl C., Moosmann L., and Schneider J. ASSESSMENT OF PLANS AND PROGRAMMES REPORTED UNDER 1996/62/EC – FINAL REPORT, Wien, 2006



	FREITAG, 24.2.2012	SAMSTAG, 25.2.2012	SONNTAG, 26.2.2012	MONTAG, 27.2.2012
Wetterzustand				
Niederschlag	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Regen <input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Schnee	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Regen <input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Schnee	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Regen <input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Schnee	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Regen <input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Schnee
Luftfeuchtigkeit (Mittagszeit)	45%	50%	60%	40%
Temperatur (Tiefst-/Höchstwert)	Min/Max -1/14°	Min/Max 0/14°	Min/Max 1/11°	Min/Max -1/13°
Wind	Mäßig bis lebhaft	Mäßig bis lebhaft	Mäßig bis lebhaft	Leicht bis mäßig
Wichtige Hinweise	-	-	-	-

Fig. 19 Modello di previsione e interpretazione Lienz (Grafica: Meteo Experts, Lienz, 2012)

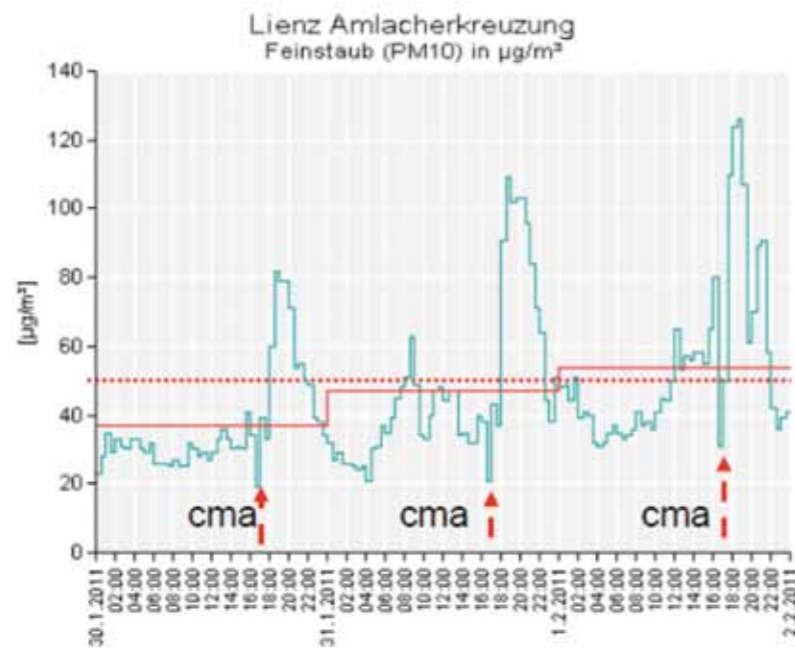


Fig. 20 Relazione fra l'applicazione del collante CMA e la generazione di polveri sottili, fonte Ufficio governativo per l'Ambiente e la qualità dell'aria, periodo 2011

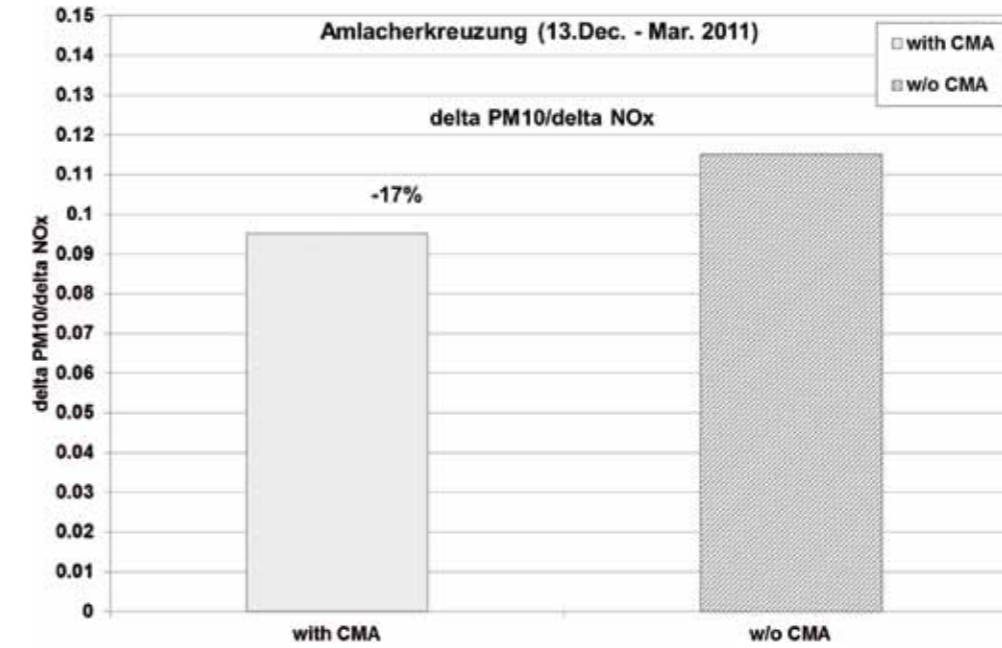


Fig. 21 Potenziale di riduzione del CMA in relazione al fattore di emissione medio flottante di PM<sub>10</sub> all'incrocio di Amlach a Lienz (inverno 2011)

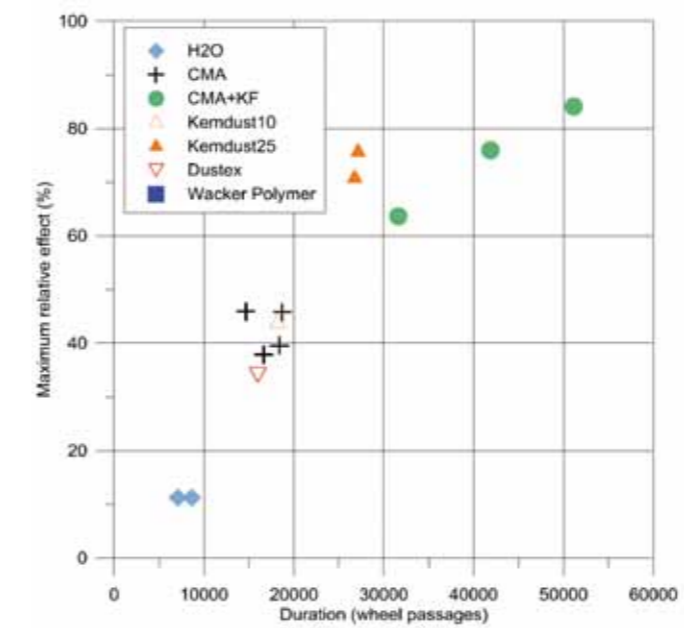


Fig. 22 Comparazione dell'efficacia di diversi leganti per polveri

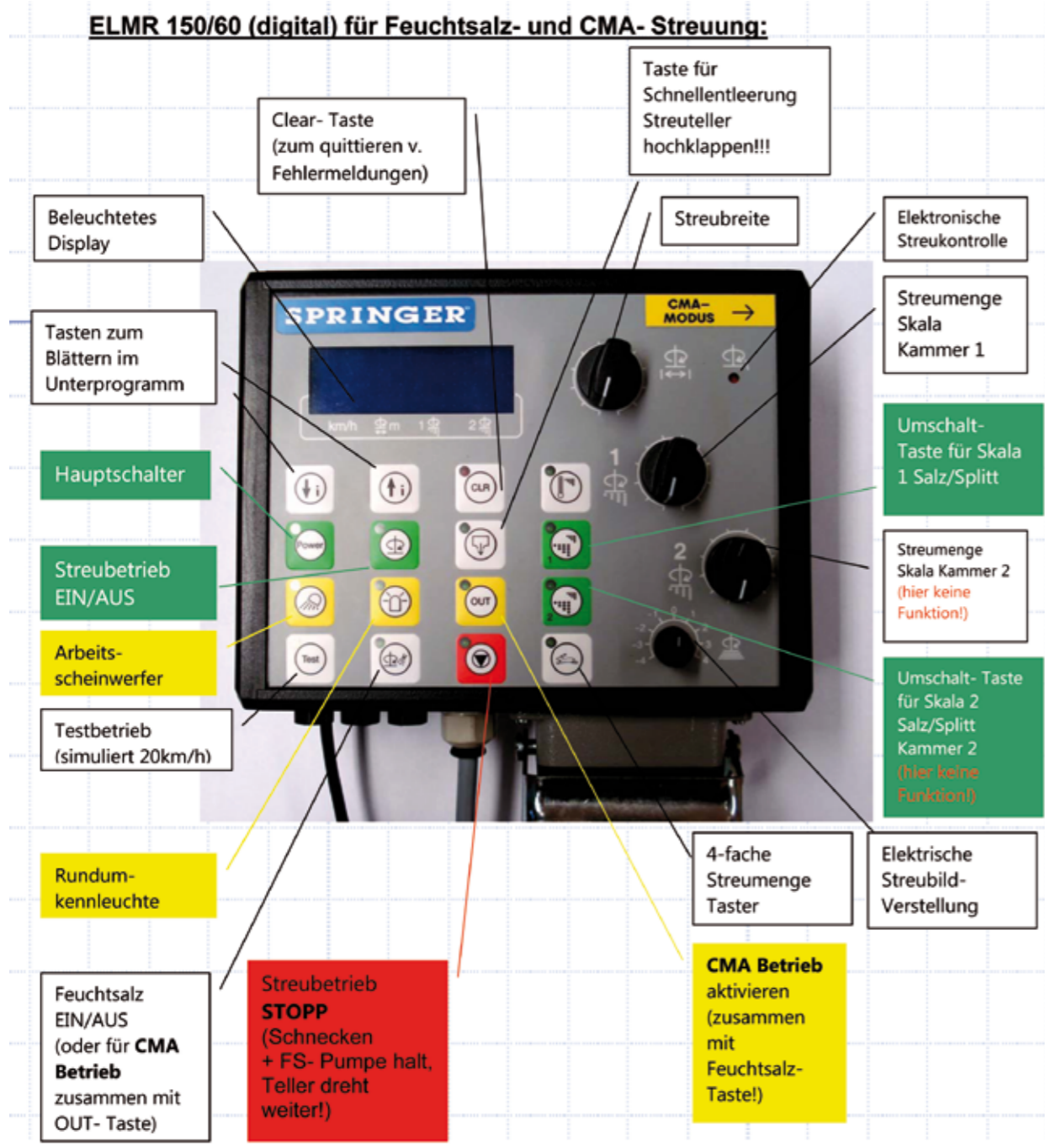


Fig. 23 Consolle di comando della spargitrice della ditta Springer

## Bedienung: Vorgangsweise im Streubetrieb

### 1. Streubetrieb Salz/Feuchtsalz:

Hauptschalter betätigen – LED brennt – Bedienpult bereit (beleuchtet).

Welches Medium ist in Kammer geladen?  
**Salz** – LED brennt nicht (Salzskala 0-40g/m<sup>2</sup>)!  
**Splitt** die Taste betätigen – LED brennt (Splittskala 0-240 g/m<sup>2</sup>)

Wenn alle Vorbereitungen ordnungsgemäß durchgeführt wurden und keine Mängel festgestellt wurden, kann der Streueinsatz aufgenommen werden.

Streubetrieb EIN – LED brennt. (Teller dreht sich und sobald sich das Fahrzeug in Bewegung setzt wird der eingestellte Wert – sprich g/m<sup>2</sup> - voll wegabhängig ausgebracht). Streubetrieb AUS – LED brennt nicht.

Streumenge Kammer 1 kann beliebig eingestellt werden. Die eingestellte Menge wird rechts unten am Display angezeigt (hier im Bild 12 g. Menge 2 hat hier keine Funktion!). Auch die Streubreite ist beliebig mit einem eigenen Drehschalter verstellbar und am Display (siehe links) unten dargestellt.

Zur Feuchtsalzsteuerung Feuchtsalztaste betätigen – LED brennt – Feuchtsalzsteuerung  
 – LED brennt nicht – Trockensalz-Steuerung.

### 2. CMA Steuerung:

Hauptschalter betätigen – LED brennt – Bedienpult bereit (beleuchtet).

OUT Taste **und** dann Feuchtsalz- Taste betätigen – beide LEDs brennen (unten am Display erscheint CMA) - nun sind die fixen Werte für die CMA Steuerung übernommen und können nicht mehr über die Drehschalter verändert werden (Streubreite 3 m | Streumenge 10g / m<sup>2</sup>).

(Zum Ausschalten **OUT** Taste ausschalten. Beide LEDs brennen nicht. CMA am Display erlischt. Streuer befindet sich im Streumodus zur Trockensalzsteuerung.)

Streubetrieb EIN – LED brennt. (Teller dreht sich und sobald sich das Fahrzeug in Bewegung setzt wird der CMA- FIXWERT voll wegabhängig ausgebracht). Streubetrieb AUS – LED brennt nicht.

Um den Streubetrieb/CMA Betrieb kurzzeitig zu unterbrechen wird dieser Knopf betätigt (LED blinkt und Steuerung piepst fünfmal). Um wieder in den Streubetrieb zu gehen, den Knopf noch mal betätigen – LED erlischt.

Fig. 24 Istruzioni d'uso per la spargitrice Springer



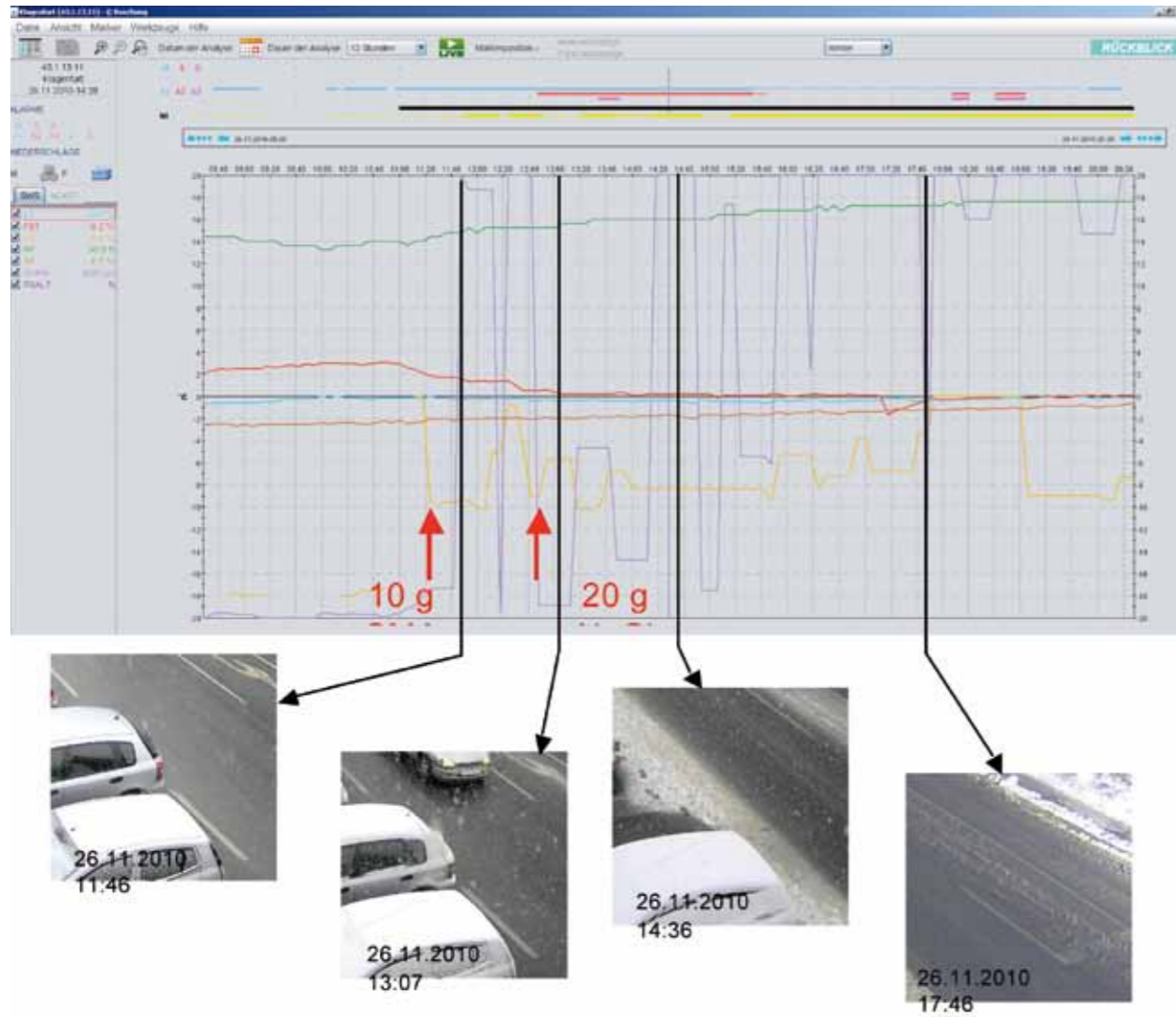


Fig. 25 Sonda al suolo del sistema di misurazione online della ditta Boschung; tracciato di prova Rudolfsbahngürtel, confronto sull'abbassamento del punto di congelamento fra 10 g di CMA e 20 g di NaCl

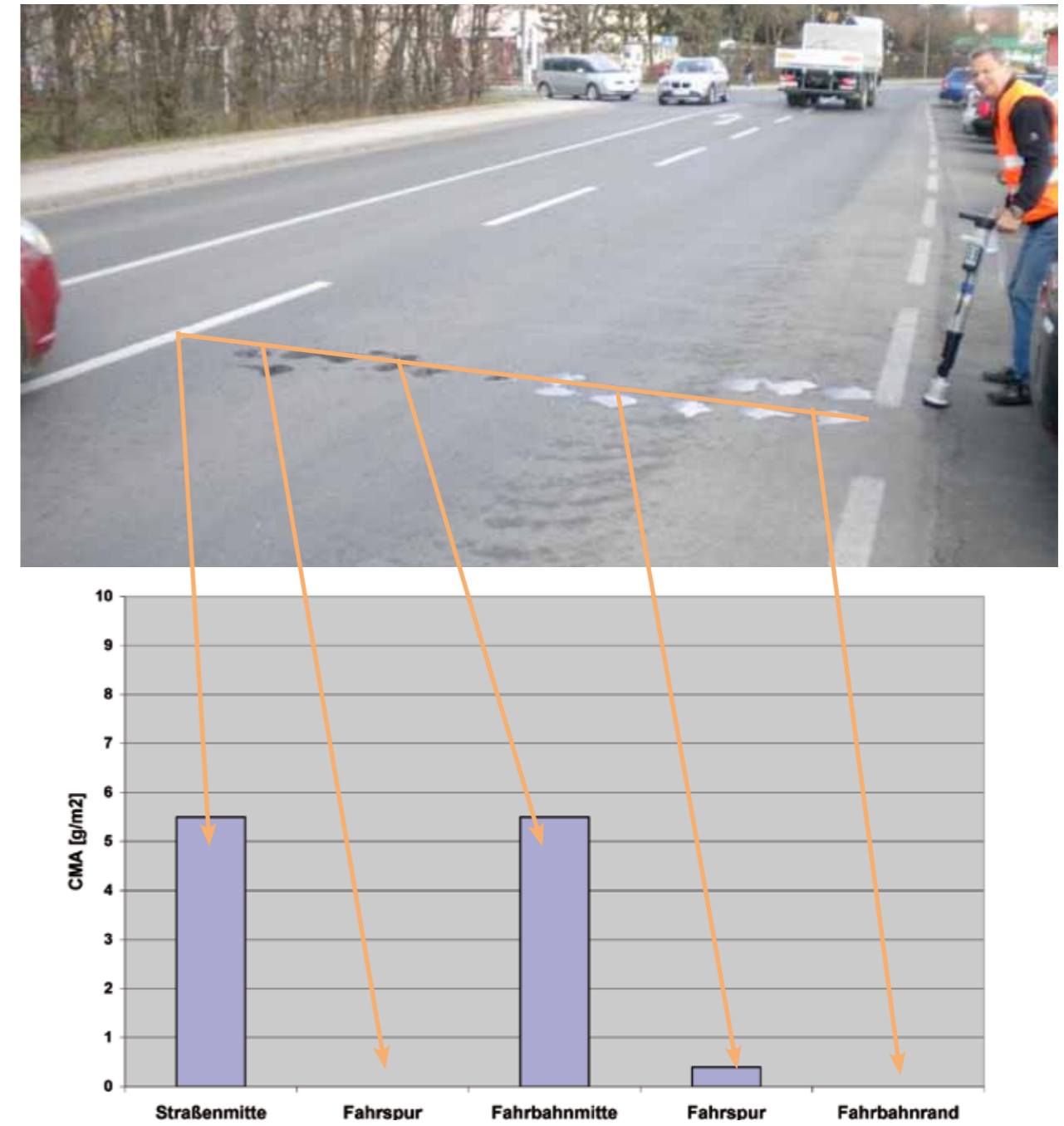


Fig. 26 Tracciato di prova Rudolfsbahngürtel, misurazione trasversale (con grafico dati); valori medi a 4 ore dall'applicazione di 10 g/m² CMA e 2000 veicoli transitati.



Bezeichnung	Auftraggeber	FA. Privat	Neuer Platz	Alter Platz + Fußgängerzone	Div. Streuaufträge	Druckerweg 480 m	Testgebiet 92,000 Km	Menge	Lieferscheinnummer
<b>2012</b>									
CMA	Auftrag Abt.US						2475,00	kg	10817
CMA	Auftrag Abt.US						500,00	kg	10818
CMA	Auftrag Abt.US						2600,00	kg	10819
CMA	Auftrag Abt.US						2500,00	kg	10820
CMA	Auftrag Abt.US						2500,00	kg	10821
CMA	Auftrag Abt.US					700,00		kg	10822
CMA	Auftrag Abt.US						500,00	kg	10823
CMA	Auftrag Abt.US	6000,00						kg	11177
CMA	Auftrag Abt.US			50,00				kg	11289
CMF	Auftrag Abt.US						2420,00	kg	10824
CMA	Auftrag Abt.US						2520,00	kg	10824
CMA	Auftrag Abt.US		25,00					kg	12505
CMA	Auftrag Abt.US						2600,00	kg	10833
CMA	Auftrag Abt.US	6000,00						kg	11191
CMA	Auftrag Abt.US		20,00	60,00				kg	12507
CMA	Auftrag Abt.US						2600,00	kg	10849
CMA	Auftrag Abt.US						800,00	kg	10850
CMA	Auftrag Abt.US						2650,00	kg	13351
CMA	Auftrag Abt.US						2630,00	kg	13352
CMA	Auftrag Abt.US		45,00	45,00				kg	12537
CMA	Auftrag Abt.US						890,00	kg	13353
CMA	Auftrag Abt.US						2600,00	kg	13354
CMA	Auftrag Abt.US						850,00	kg	13355
CMA	Auftrag Abt.US						1800,00	kg	13357
CMA	Auftrag Abt.US						1450,00	kg	13360
CMA	Auftrag Abt.US	5000,00						kg	13362
<b>CMA</b>	<b>Summe:</b>	<b>17000,00</b>	<b>90,00</b>	<b>155,00</b>	<b>0,00</b>	<b>700,00</b>	<b>34885,00</b>	<b>kg</b>	

Fig. 27 Verbale di spargimento Klagenfurt

Fahrer	Baustelle	Datum	Abteilung	Partie/Firma	Bezeichnung	KFZ	Zeit	KS	Bemerkung	Stunden
<b>2012</b>										
W. Z.	Testgebiet / 2012	11.01.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMA	K 903 CZ	0,00 - 8,00	615	Streuteller	8,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	12.01.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMA	K 903 CZ	0,00 - 7,00	615	Sprühdüsen	7,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	13.01.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMA	K 903 CZ	0,00 - 7,00	615	Streuteller	7,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	16.01.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMA	K 903 CZ	0,00 - 7,00	615	Streuteller	7,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	18.01.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMA	K 903 CZ	0,00 - 8,00	615	Streuteller	8,00
W. Z.	Schotterstraßen	18.01.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMA	K 903 CZ	9,00 - 12,00	615	Streuteller	3,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	19.01.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMA	K 903 CZ	0,00 - 7,00	615	Sprühdüsen	7,00
J. Z.	Lieferung Fa. Stark	18.01.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMA	K 904 CZ	9,00 - 12,00	615	Lieferung	3,00
G. L.	Testgebiet / 2012	19.01.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMA	K 149 EK	4,00 - 8,00	615	Streuteller	4,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	20.01.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMF	K 903 CZ	0,00 - 7,00	615	Streuteller	7,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	26.01.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMF	K 903 CZ	0,00 - 7,00	615	Streuteller	7,00
G. L.	Testgebiet / 2012	01.02.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMA	K 149 EK	11,00 - 12,00	615	Streuteller	1,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	02.02.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMF	K 903 CZ	0,00 - 7,00	615	Streuteller	7,00
J. Z.	Lieferung Fa. Stark	03.02.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMA	K 904 CZ	6,30 - 9,00	615	Lieferung	2,50
G. L.	Testgebiet / 2012	03.02.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMF	K 149 EK	4,00 - 6,00	615	Streuteller	2,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	22.02.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMF	K 904 CZ	0,00 - 7,00	615	Streuteller	7,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	23.02.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMF	K 904 CZ	0,00 - 7,00	615	Sprühdüsen	7,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	24.02.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMF	K 904 CZ	0,00 - 7,00	615	Streuteller	7,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	27.02.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMF	K 904 CZ	0,00 - 7,00	615	Streuteller	7,00
P. D.	Testgebiet / 2012	27.02.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMF	K 149 EK	4,00 - 12,00	615	Streuteller	8,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	28.02.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMF	K 904 CZ	0,00 - 7,00	615	Sprühdüsen	7,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	29.02.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMF	K 904 CZ	0,00 - 7,00	615	Streuteller	7,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	01.03.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMF	K 904 CZ	0,00 - 7,00	615	Sprühdüsen	7,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	07.03.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMF	K 904 CZ	0,00 - 5,00	615	Streuteller	5,00
W. Z.	Testgebiet / 2012	09.03.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMF	K 904 CZ	0,00 - 5,00	615	Streuteller	5,00
W. Z.	Lieferung Fa. Stark	09.03.2012	Straßenbau und Verkehr	Straßenreinigung	CMA	Selbstabholung				
<b>Jahr</b>	<b>2012</b>	<b>52830,00</b>							<b>Stunden:</b>	<b>147,50</b>
<b>Jahr</b>	<b>2011</b>	<b>58049,00</b>							<b>Stunden:</b>	<b>186,00</b>
<b>Jahr</b>	<b>2010</b>	<b>11872,00</b>							<b>Stunden:</b>	<b>125,00</b>
<b>Jahr</b>	<b>2009</b>	<b>60680,00</b>							<b>Stunden:</b>	<b>350,00</b>
<b>Gesamt [kg]:</b>	<b>183431,00</b>								<b>Gesamt [h]:</b>	<b>808,50</b>



Partnerstadt: Wolfsberg  
Ansprechperson: Hr. Vallant

Datum	Ausbringung		Teststrecke	Fahrweglänge [m]	Maßnahme	Menge [l/d] bzw. [kg/d]	Straßenzustand bei Aufbringung
	Beginn	Ende					
29.11.2011	11:45	12:45	Frantschach - St. Gertraud	1900/1900	CMA	48/42	nebelig
29.11.2011	11:00	12:38	Wolfsbg. Süd - Wolfsbg. Nord	3800/3800	CMA	144/118	nebelig
11.01.2012	12:46	12:54	Frantschach - St. Gertraud	1900/1900	CMA	34/38	sonnig
11.01.2012	12:36	13:20	Wolfsbg. Süd - Wolfsbg. Nord	3800/3800	CMA	127/160	sonnig
12.01.2012	06:07	06:24	Frantschach - St. Gertraud	1900/1900	CMA	29/28	klar
12.01.2012	06:35	07:15	Wolfsbg. Süd - Wolfsbg. Nord	3800/3800	CMA	82/100	klar
13.01.2012	06:06	06:35	Frantschach - St. Gertraud	1900/1900	CMA	79/37	heiter
13.01.2012	06:04	06:50	Wolfsbg. Süd - Wolfsbg. Nord	3800/3800	CMA	82/78	heiter
16.01.2012	07:42	07:54	Frantschach - St. Gertraud	1900/1900	CMA	37/37	klar
16.01.2012	07:57	08:22	Wolfsbg. Süd - Wolfsbg. Nord	3800/3800	CMA	119/93	klar
17.01.2012	07:51	08:05	Frantschach - St. Gertraud	1900/1900	CMA	40/38	bewölkt
17.01.2012	08:08	08:25	Wolfsbg. Süd - Wolfsbg. Nord	3800/3800	CMA	86/75	bewölkt
26.01.2012	10:27	10:35	Frantschach - St. Gertraud	1900/1900	CMA	46/51	sonnig
26.01.2012	10:37	10:50	Wolfsbg. Süd - Wolfsbg. Nord	3800/3800	CMA	110/95	sonnig
31.01.2012	08:04	08:15	Frantschach - St. Gertraud	1900/1900	CMA	60/44	heiter
31.01.2012	08:20	08:40	Wolfsbg. Süd - Wolfsbg. Nord	3800/3800	CMA	60/55	heiter
01.02.2012	09:20	09:30	Frantschach - St. Gertraud	1900/1900	CMA	48/44	bewölkt
01.02.2012	09:25	09:40	Wolfsbg. Süd - Wolfsbg. Nord	3800/3800	CMA	112/90	bewölkt
23.02.2012	09:45	09:55	Frantschach - St. Gertraud	1900/1900	CMA	38/39	bewölkt
23.02.2012	09:20	10:15	Wolfsbg. Süd - Wolfsbg. Nord	3800/3800	CMA	74/101	bewölkt
27.02.2012	10:10	10:30	Frantschach - St. Gertraud	1900/1900	CMA	45/45	wolkenlos
27.02.2012	10:35	10:55	Wolfsbg. Süd - Wolfsbg. Nord	3800/3800	CMA	90/90	wolkenlos
29.02.2012	11:06	11:16	Frantschach - St. Gertraud	1900/1900	CMA	46/46	sonnig
29.02.2012	10:45	11:38	Wolfsbg. Süd - Wolfsbg. Nord	3800/3800	CMA	154/104	sonnig
07.03.2012	10:05	10:13	Frantschach - St. Gertraud	1900/1900	CMA	38/40	sonnig
07.03.2012	10:02	10:32	Wolfsbg. Süd - Wolfsbg. Nord	3800/3800	CMA	128/108	sonnig

Fig. 28 Verbale di spargimento Wolfsberg



Fig. 29 Segnaletiva verticale area di prova CMA



Fig. 30 Area di prova CMA (164 km) a Klagenfurt al Wörthersee con punti di collocazione della segnaletica verticale.

### Gefrierpunktverlauf von CMA:KF Mischungen

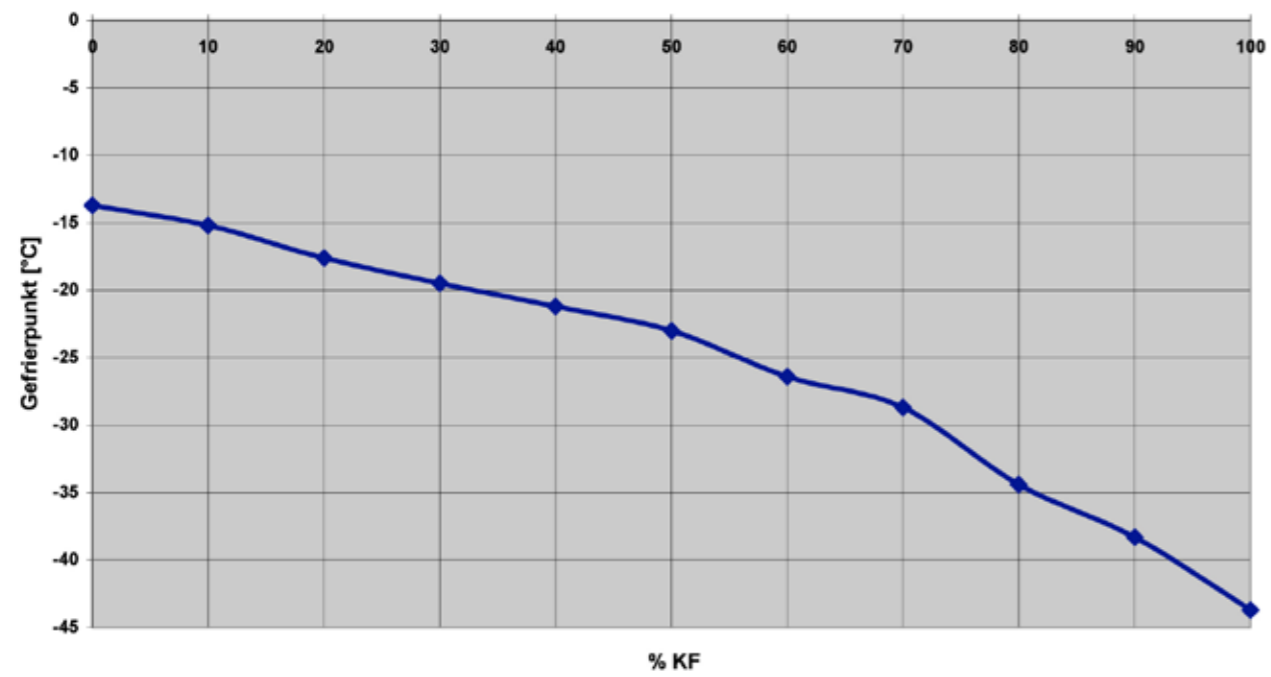


Fig. 31 Punti di congelamento del CMA, delle miscele CMA:KF (w/w %) e del KF in soluzione acquosa rilevate secondo il metodo ASTM D 1177 da Saybolt, Danimarca, rapporto di analisi nr. 102/11639-0/11 del 19.9.2011, incarico di Nordisk Aluminat, DK.



[www.life-cma.at](http://www.life-cma.at)



**FEIN! Staub frei.**

