

ASFALTATORI

I profili di rischio nei comparti produttivi dell'artigianato, delle piccole e medie industrie e pubblici esercizi

Pubblicazione realizzata da

INAIL

Dipartimento di Medicina, Epidemiologia, Igiene del Lavoro ed Ambientale

AUTORI

Diego De Merich¹, Massimo Olori¹, Piero Emanuele Ciria², Irene Martinotti²

COLLABORAZIONE EDITORIALE

Tiziana Belli³

1 INAIL - Dipartimento di Medicina, Epidemiologia, Igiene del Lavoro ed Ambientale, Roma

2 Centro Italiano Medicina Ambiente Lavoro, Gruppo CIMAL, Milano

3 INAIL - Direzione Centrale Prevenzione, Roma

PER INFORMAZIONI

INAIL - Dipartimento di Medicina, Epidemiologia, Igiene del Lavoro ed Ambientale

Via Fontana Candida, 1 - 00040 Monte Porzio Catone (RM)

dmil@inail.it - d.demerich@inail.it

www.inail.it

© 2015 INAIL

La pubblicazione viene distribuita gratuitamente e ne è quindi vietata la vendita nonché la riproduzione con qualsiasi mezzo. È consentita solo la citazione con l'indicazione della fonte.

ISBN 978-88-7484-435-7

Tipolitografia INAIL - Milano, marzo 2015

Presentazione

Il presente volume intende fornire utili strumenti operativi di supporto al processo di valutazione e gestione dei rischi nelle piccole e medie imprese (PMI) del Comparto "Asfaltatori" che rientra formalmente nel più vasto settore dei lavori edili. Nel presente profilo si analizzano il ciclo di produzione del conglomerato bituminoso ed il ciclo di asfaltatura delle strade.

Generalmente le attività di asfaltatura sono svolte da aziende di piccole (da poche unità ad una decina di operai) o medie dimensioni (30-100 operai). In quest'ultimo caso, tuttavia, le attività svolte dall'impresa non sono limitate alla sola produzione dell'asfalto e pavimentazione ma coprono altri settori dell'edilizia civile: principalmente demolizioni, scavi e movimento terra, opere idrauliche, costruzioni civili (opere di urbanizzazione primaria e secondaria).

I lavoratori del comparto preso in esame sono potenzialmente esposti ad una serie di fattori di rischio così sintetizzabili:

Fattori di rischio infortunistico:

- agenti chimici - esposizioni acute per inalazione o contatto;
- agenti chimici - incendio/esplosione;
- utilizzo di macchine - investimenti, ribaltamenti, contatti, caduta di carichi movimentati ecc.;
- manipolazione di sostanze ad elevata temperatura - ustioni da contatto;
- fattori correlati alle caratteristiche degli ambienti di lavoro - microclima, spazi di lavoro, viabilità interna ed esterna;
- movimentazione carichi manuale - cadute, urti, sforzi eccessivi.

Fattori di rischio per la salute:

- agenti chimici e cancerogeni - esposizione ad Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA);
- utilizzo di macchine - esposizione a rumore e vibrazioni;
- utilizzo di macchine - videoterminale;
- ambiente di lavoro - microclima, polveri, radiazione solare ultravioletta;
- movimentazione carichi manuale - disturbi muscolo-scheletrici;
- organizzazione del lavoro.

Per quanto riguarda il rischio infortunistico si evidenziano in particolare, dai dati relativi alle aziende prese in esame dalla presente ricerca, gli incidenti da investimento e da contatto con macchine a corpo rotante e macchine a piani mobili o con nastro trasportatore e le cadute dal mezzo d'opera. I dati

ricavabili dal Sistema Nazionale di Sorveglianza sugli infortuni mortali consentono di approfondire le dinamiche ed identificare le cause di numerosi eventi occorsi in attività di cantieri di asfaltatura strade (Banca dati Infor.MO - http://ricercascientifica.inail.it/getinf/informo/home_informo.asp).

Le malattie professionali denunciate dalle aziende esaminate nel presente studio, per gli addetti alle opere di asfaltatura negli anni che vanno dal 1994 al 2007 sono state 11. Sono per lo più rappresentate da discopatie da movimentazione manuale di carichi, da alcuni casi di ipoacusia da rumore e da un caso di tumore cutaneo. Tutte interessano personale maschile.

Per quanto riguarda i rischi da esposizione ad agenti chimici è meritevole di ulteriore approfondimento la valutazione delle condizioni di esposizione degli operatori del settore agli Idrocarburi Policiclici Aromatici, soprattutto durante le fasi che si svolgono in ambienti chiusi (ad es. gallerie, garage, ecc.).

È proprio in questa prospettiva che era necessario sviluppare un documento sugli "Asfaltatori" che consentisse un approfondimento delle conoscenze sui rischi al fine di impostare efficaci interventi di prevenzione.

Indice

Introduzione	7
1. IL COMPARTO ASFALTATORI	13
1.1 Individuazione e descrizione generale del comparto	14
1.2 Obiettivo del progetto	16
1.3 Area di riferimento per la ricerca	17
1.4 Localizzazione geografica delle aziende indagate	17
1.5 Il fenomeno infortunistico	18
1.6 Le malattie professionali	23
1.7 Il ciclo lavorativo	23
2. ATTIVITÀ DI PRODUZIONE CONGLOMERATO BITUMINOSO	29
2.1 Descrizione della fase di lavorazione	29
2.2 Attrezzature, macchine, impianti	37
2.3 Fattori di rischio	37
2.4 Danni attesi	40
2.5 Interventi	40
2.6 Appalto a ditta esterna	42
2.7 Riferimenti legislativi	42
2.8 Rischio esterno	42
3. ATTIVITÀ DI ASFALTATURA STRADE	43
3.1 Descrizione della fase di lavorazione	43
3.2 Attrezzature, macchine, impianti	49
3.3 Fattori di rischio	50
3.4 Danni attesi	53
3.5 Interventi	54
3.6 Appalto a ditta esterna	56
3.7 Riferimenti legislativi	57
3.8 Rischio esterno	57

4. ATTIVITÀ DI ASFALTATURA MARCIAPIEDI	58
4.1 Descrizione della fase di lavorazione	58
4.2 Attrezzature, macchine, impianti	62
4.3 Fattori di rischio	62
4.4 Danni attesi	65
4.5 Interventi	65
4.6 Appalto a ditta esterna	67
4.7 Riferimenti legislativi	67
4.8 Rischio esterno	68
Bibliografia	69

Introduzione

Il progetto "Profili di rischio di comparto"

Fondamento per l'impostazione d'interventi appropriati ed efficaci, nell'ambito del sistema della prevenzione, è una corretta e completa conoscenza dei rischi corredata da una loro attenta valutazione. È in quest'ottica che si inserisce la banca dati "Profili di rischio di comparto" che l'INAIL - Settore Ricerca, ex Dipartimento Processi Organizzativi, ora confluito nel Dipartimento di Medicina, Epidemiologia, Igiene del Lavoro ed Ambientale, sviluppa e aggiorna con l'obiettivo di promuovere la cultura della sicurezza nelle piccole e medie imprese (PMI) anche attraverso la realizzazione e l'implementazione di strumenti operativi di supporto al processo di valutazione dei rischi e di gestione degli stessi nel tempo.

Tutte le figure chiave del sistema della prevenzione aziendale (datore di lavoro, addetti e responsabile del servizio di prevenzione e protezione, rappresentanti dei lavoratori per la sicurezza, medico competente, dirigenti, preposti e lavoratori), potranno trarre utile supporto e spunto per svolgere le loro funzioni al meglio nel processo di valutazione del rischio e nell'impostazione di appropriate ed efficaci misure preventive, ai sensi del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i.

Il gruppo di lavoro, che si è avvalso di consolidate e rinnovate esperienze e collaborazioni, nel corso della fase di indagine ha individuato e valutato i rischi in ordine alla sicurezza ed alla salute nella specifica attività lavorativa. Il progetto di ricerca si è caratterizzato per la complessità dell'iniziativa stessa, la quale si è sviluppata e realizzata in un ambito multidisciplinare con il contributo qualificato proveniente da varie realtà istituzionali e private.

A fronte della constatazione che negli anni le condizioni di lavoro sono costantemente migliorate, è parso opportuno mantenere viva ed affinare l'attenzione con strumenti pratici e concreti, così da potere proseguire con efficacia ed efficienza nel migliorare complessivamente le condizioni di lavoro esaminate. In questo senso, nella stesura si sono prese le mosse da valutazioni di ordine tecnico-scientifico e si sono definite indicazioni concrete per l'impostazione di interventi appropriati ed efficaci, cui tutte le imprese potranno attenersi per il rispetto della normativa vigente in materia.

Obiettivi della ricerca

Per il raggiungimento dell'obiettivo finale, i passaggi principali seguiti per il comparto sono stati i seguenti:

- identificazione e schematizzazione delle diverse fasi lavorative,
- revisione della letteratura scientifica nazionale ed internazionale rilevante,

- osservazione diretta dell'attività lavorativa,
- identificazione e valutazione dei rischi,
- raccolta e metanalisi di dati relativi a misurazioni di igiene industriale,
- raccolta e metanalisi di dati relativi al fenomeno infortunistico,
- raccolta e metanalisi di dati relativi alla sorveglianza sanitaria,
- redazione di documento di comparto finale.

Materiali e metodi

Il progetto di ricerca, previsto di durata annuale, si è sviluppato secondo un cronoprogramma che ha permesso di realizzare tutto il contenuto informativo necessario al raggiungimento dell'obiettivo finale di implementare la banca dati "Profili di rischio di comparto" nel settore di interesse, attraverso il seguente percorso:

- Identificazione e schematizzazione mediante *flow-chart* delle diverse *fasi lavorative* del ciclo produttivo del comparto, inteso come insieme delle unità locali dei luoghi di lavoro dove si svolgono cicli di lavorazione simili o affini, avvalendosi di documentazione tecnico-scientifica, contatto con associazioni di categoria nazionali ed internazionali, nonché osservazione diretta in un campione rappresentativo della realtà nazionale. Particolare attenzione è stata posta all'individuazione e descrizione di attrezzature, macchine ed impianti in uso.
- Revisione puntuale della letteratura scientifica nazionale ed internazionale rilevante per l'identificazione e la descrizione dei fattori potenzialmente nocivi (fattori di rischio), dei rischi di alterazione dello stato di salute (compresi quelli esterni), dei danni attesi e degli interventi di prevenzione possibili. Gli articoli/documenti di rilievo sono stati identificati utilizzando il Database PubMed della National Library of Medicine's, mediante l'utilizzo di opportuni termini di ricerca; sono stati inclusi gli articoli in italiano ed in inglese, oltre che quelli in altre lingue se disponibili. Sono stati inclusi anche i più recenti documenti di Enti ed Associazioni nazionali ed internazionali, nonché gli atti di convegni, che sono risultati pertinenti.
- Osservazione diretta dell'attività lavorativa in un campione rappresentativo della realtà nazionale, anche con utilizzo di sistemi di ripresa audio/video, mirata all'identificazione delle sorgenti di rischio, dei conseguenti potenziali rischi di esposizione in relazione allo svolgimento delle lavorazioni (rischi per la salute e rischi per la sicurezza), alla stima dei rischi e all'individuazione degli opportuni interventi di prevenzione necessari. Le valutazioni sono state effettuate separatamente ed "in cieco" da più esperti con diverse competenze; le singole conclusioni, raccolte in forma standardizzata, sono state integrate e ponderate in una valutazione finale, sottoposta ad un'ultima revisione ed approvazione da parte del gruppo valutativo.

- Raccolta in forma standardizzata, verifica della rispondenza ai criteri qualitativi previsti dalla normativa vigente (riferimenti UNI, ecc.) e metanalisi di dati relativi a misurazioni di igiene industriale (esposizione ad agenti chimici, rumore, ecc.), effettuate presso un campione rappresentativo della realtà nazionale. Integrazione con i dati di letteratura scientifica *peer-reviewed* e di misura diretta in idoneo campione (integrazione e/o validazione della stima di esposizione).
- Raccolta in forma standardizzata e metanalisi di dati relativi al fenomeno infortunistico in un campione rappresentativo della realtà nazionale.
- Raccolta in forma standardizzata e metanalisi di dati relativi alla sorveglianza sanitaria attuata in un campione rappresentativo della realtà nazionale.
- Redazione di un documento finale relativo all'intero comparto con specifiche per ogni singola fase di lavorazione che comprendono i seguenti aspetti: fase di lavorazione; attrezzature, macchine, impianti; fattore di rischio; danno atteso; interventi; appalto a ditta esterna; riferimenti legislativi.

Le valutazioni sono state condotte in linea con le specifiche indicazioni contenute nel documento INAIL - Settore Ricerca, "Linee guida per la valutazione del rischio nella piccola e media impresa", con messa a punto di apposite schede di rilevazione dell'organizzazione del lavoro e delle componenti di rischio.

Tra i documenti che è stato possibile consultare durante l'attività di ricerca si ricordano in particolare:

- documenti di valutazione dei rischi,
- manuali per l'esecuzione delle attività di manutenzione,
- manuali d'uso delle attrezzature,
- prontuari per il personale operativo sull'uso dei Dispositivi di Protezione Individuale (DPI),
- procedure operative,
- protocolli di sicurezza,
- indagini di igiene industriale,
- registri infortuni.

Lo sviluppo analitico del ciclo lavorativo proposto (riferimento per la valutazione dei rischi effettuata) si è basato, oltre che su dati di letteratura tecnica e normativa di settore desunti dalla ricerca documentale e su expertise dei componenti del gruppo di lavoro, anche su un approccio "inferenziale", fondato cioè sulla capacità di utilizzare le informazioni acquisite durante i colloqui e quelle rilevate nei sopralluoghi. Occorre in questo senso ricordare che il "modello" proposto non intende stigmatizzare un settore produttivo fortemente influenzato dal contesto operativo, dallo sviluppo tecnologico e dal mercato, ma costituisce un contributo metodologico per l'analisi sul campo dei processi lavorativi, utili ai protagonisti del sistema della prevenzione aziendale.

La banca dati "Profili di rischio di Comparto"

Le strategie prevenzionali volte al supporto informativo/formativo sia del sistema pubblico che di quello privato (piccole e medie imprese) che l'INAIL – Settore Ricerca, ex Dipartimento Processi Organizzativi, ora confluito nel Dipartimento di Medicina, Epidemiologia, Igiene del Lavoro ed Ambientale in collaborazione con le Regioni, ha sviluppato in questi anni si basano su tre aree di attività principali:

- 1) lo sviluppo e la gestione dei sistemi di sorveglianza nazionali degli infortuni e delle malattie professionali;
- 2) l'approfondimento delle conoscenze sui cicli lavorativi delle piccole e medie imprese (PMI), con l'individuazione degli specifici "Profili di rischio di comparto" e delle "Buone Pratiche lavorative";
- 3) la realizzazione di interventi di prevenzione mirati al supporto e monitoraggio organizzativo della PMI mediante le metodologie/strumenti formativi ed informativi a supporto della valutazione e gestione dei rischi nelle aziende.

L'esperienza maturata negli ultimi 15 anni nell'ambito dell'analisi dei cicli lavorativi a scopo di prevenzione, ha portato alla costituzione della Banca dati online "Profili di rischio di comparto" (URL: http://ricercascientifica.inail.it/profili_di_rischio/), che ad oggi conta 115 comparti indagati rappresentativi di un'ampia gamma di realtà produttive nazionali.

Tale banca dati raccoglie le informazioni sui rischi in ogni singola fase del ciclo produttivo direttamente osservato in un insieme di imprese che rappresentano il comparto sul territorio. Il suo contenuto rappresenta una prima base informativa, aperta a tutti i contributi finalizzati all'aggiornamento dei profili esistenti, all'integrazione di nuovi profili nella banca dati, al collegamento con altre sorgenti informative che approfondiscono temi specifici trattati nel profilo.

Ogni singolo profilo è composto da un *flow chart* del ciclo (carta di flusso delle fasi lavorative), da un documento per l'intero comparto e da un documento per ogni singola fase di lavorazione. La descrizione di ogni singola fase è, con alcune limitate eccezioni, composta da otto capitoli così definiti:

Capitolo 1 - La fase di lavorazione

Capitolo 2 - Attrezzature, macchine, impianti

Capitolo 3 - Il fattore di rischio

Capitolo 4 - Il danno atteso

Capitolo 5 - Gli interventi

Capitolo 6 - Appalto a ditta esterna

Capitolo 7 - Riferimenti legislativi

Capitolo 8 - Il rischio esterno.

Il comparto è definito come "l'insieme delle unità locali dei luoghi di lavoro dove si svolgono cicli di lavorazione simili o affini" e viene osservato nell'ambito delle piccole e medie imprese, artigianato e pubblici servizi. Nel processo di progressivo aggiornamento della banca dati "Profili di rischio di comparto" sono in corso di sviluppo tre aspetti di miglioramento che integrano nel profilo risultati importanti delle attività di ricerca di questi ultimi anni:

- 1) interfaccia con il Sistema di Sorveglianza infortuni mortali e Malattie professionali, concettualmente collegato al capitolo "Il danno atteso";
- 2) ottimizzazione dell'interfaccia con l'utenza attraverso il miglioramento del recupero delle informazioni online tramite una prima pagina standard, uguale per tutti i profili, dalla quale arrivare rapidamente ai contenuti del profilo e ad una serie di documenti correlati, tra cui le banche dati su infortuni mortali e malattie professionali;
- 3) elaborazione di "schede professionali" di rischio che rappresentano i profili di rischio per mansione correlati ai comparti.

Da un punto di vista comunicativo il testo dei profili è arricchito con sempre maggiore materiale grafico, fotografico e video, per fornire un aiuto anche visivo alla comprensione delle problematiche affrontate.

L'approccio conoscitivo legato alla analisi dei cicli lavorativi ha contribuito alla creazione e allo sviluppo di altre due banche dati collegate, "Soluzioni" e "Buone Pratiche" con l'obiettivo di rendere disponibili, oltre alle informazioni sulla metodologia di valutazione dei rischi, diverse tipologie di interventi migliorativi realizzabili in azienda per elevare gli standard di salute e sicurezza. L'opera di promozione, elaborazione e disseminazione delle Buone Pratiche lavorative si sviluppa in ambito internazionale su impulso dell'Agenzia Europea per la Salute e Sicurezza sul Lavoro di Bilbao per la quale l'INAIL svolge il ruolo di Focal Point Nazionale. A livello nazionale tale azione rientra nei compiti della Commissione Consultiva permanente (D.Lgs. 81/2008, art. 6) che la espleta avvalendosi delle competenze tecniche dell'INAIL, delle Regioni e degli Organismi paritetici. Le Buone Pratiche nazionali raccolte passano al vaglio della Commissione Consultiva Permanente, la quale le valida mediante una istruttoria tecnica (D.Lgs. 81/2008, art. 6, comma 8, lettera D) e la pubblicazione ufficiale sul sito del Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali.

In conclusione, considerando che la quasi totalità delle imprese italiane si colloca nella categoria delle micro e piccole aziende artigianali, il compito istituzionale di fornire supporti informativi e assistenza tecnica a tali organizzazioni nel non facile compito relativo all'attuazione e al monitoraggio nel tempo della valutazione dei rischi può essere svolto più efficacemente se si alimentano ed aggiornano sorgenti informative di tipo tecnico, quali la banca dei "Profili di rischio di comparto", insieme ad altre tipologie di ausili alla valutazione, rendendole fruibili online con

percorsi comunicativi semplici e diretti. Tali contributi risultano altresì strettamente funzionali al percorso identificato all'interno delle procedure standardizzate per la valutazione dei rischi nelle micro e piccole imprese, recepite con Decreto Interministeriale in data 30 novembre 2012 (pubblicato su G.U. n. 285 del 6 dicembre 2012) che si basa proprio sulla struttura standardizzata e sulle informazioni tecniche ricavabili dai Profili di rischio e dagli indici di rischio per tipologia di azienda (D.Lgs. 81/2008, art. 6, comma 8, lettera f).

1. IL COMPARTO "ASFALTATORI"

Tra i lavoratori del settore edile gli addetti alle opere di asfaltatura appaiono costituire un sottogruppo con caratteristiche lavorative e di rischio del tutto peculiari, solo recentemente giunte all'attenzione della ricerca nazionale ed internazionale. Una valutazione integrata che focalizzi l'attenzione sulle principali criticità e traduca in termini applicativi le più recenti nozioni scientifiche, fornendo opportune indicazioni di prevenzione efficaci ed efficienti nonché di pratico utilizzo, è parsa un utile ed agevole strumento di lavoro per la realtà nazionale.

Le descrizioni delle fasi lavorative e del ciclo produttivo sono state predisposte in forma integrata e conforme a recenti "Consensus Document", predisposti in accordo tra associazioni di categoria (European Asphalt Pavement Association - EAPA, Bitumen Waterproofing Association - BWA, European Mastic Asphalt Association - EMAA) ed enti scientifici internazionali (International Agency for Research on Cancer - IARC, National Institute for Occupational Safety and Health - NIOSH).

A supporto dell'attività di ricerca, oltre a consolidati contatti diretti già avviati dai componenti del gruppo di lavoro con le principali associazioni ed enti di ricerca di categoria (Associazione Italiana Bitume Asfalto Strade - SITEB, European Bitumen Association - EUROBITUME, CONCAWE, ecc.), ci si è avvalsi dell'esperienza di sopralluogo diretta in un campione di aziende (circa 50 scelte tra quelle operanti sul territorio della regione Lombardia, pari al 50% del totale), rappresentativo delle diverse tipologie riscontrabili nella realtà nazionale (numero di dipendenti, volume di attività, tipologia di lavorazione).

Con opportuna integrazione e rielaborazione delle informazioni raccolte nell'ambito dello Studio PPTP-Asfalto (Progetto Prevenzione Tumori Professionali – Opere di Asfaltatura), sono state raccolte informazioni relative alla sorveglianza sanitaria, monitoraggi ed infortuni relative a tutte le aziende operanti sul territorio della regione Lombardia (circa 100).

Particolare attenzione è stata rivolta verso le sostanze chimiche (infortuni, effetti tossici, incendio/esplosione), l'utilizzo di macchine (infortuni, rumore, scuotimenti, vibrazioni, videoterminale), l'ambiente di lavoro (infortuni, microclima, polveri, agenti biologici, radiazione solare ultravioletta), la movimentazione di carichi (con macchine, manuale), l'organizzazione del lavoro e gestione delle emergenze.

Attenzione è stata rivolta anche alle interazioni con il contesto circostante lo svolgimento delle lavorazioni specifiche (edifici ed altri cantieri, circolazione e viabilità, inquinamento atmosferico e acustico, sicurezza dei pedoni e segnaletica).

1.1 Individuazione e descrizione generale del comparto

Con il termine "comparto Asfaltatori" si è inteso raggruppare l'insieme delle aziende dedite alla produzione di asfalto, all'asfaltatura di strade ed all'asfaltatura di marciapiedi.

Questo tipo di attività viene generalmente ricompreso tra le attività edili, ma nella realtà è caratterizzata da precise peculiarità che la rendono meritevole di attenzioni particolari ed analisi dei rischi dedicata sia per gli aspetti di salute sia per quelli di sicurezza.

Considerando la classificazione delle attività economiche ISTAT-ATECO2002 (derivata dalla Nace Rev. 1.1), in assenza di una codifica specifica, i codici che meglio possono rappresentare il comparto sono "23.20.4 - Fabbricazioni di emulsioni di bitume, di catrami e leganti per uso stradale" e "45.23.0 - Costruzione di autostrade, strade, campi di aviazione e impianti sportivi". Dall'indagine condotta con questa ricerca appare però evidente che la registrazione del codice attività ISTAT, effettuata dalle aziende presso la camera di commercio, si rivela nei fatti scarsamente specifica e spesso fuorviante (Figura 1).

Necessaria premessa per potere comprendere a pieno i rischi connessi con il comparto asfaltatori, è prestare la giusta attenzione al significato di alcuni termini fondamentali. In particolare per "asfalto" o "conglomerato bituminoso" (*asphalt mix* negli Stati Uniti d'America), si intende una miscela (naturale o artificiale) di bitume ed elementi litici di varia granulometria (materiale inorganico inerte). Il "bitume" (negli Stati Uniti definito *asphalt*), è invece un materiale legante naturalmente presente in natura e ottenuto in raffineria dalla lavorazione del petrolio greggio. Esso contiene composti organici di origine prevalentemente idrocarburica, con tracce di zolfo, azoto, ossigeno, nichel, ferro e vanadio. In particolare tra i composti organici ad alto peso molecolare sono prevalenti gli idrocarburi con un numero di atomi di carbonio maggiore di 25 e con un alto valore del rapporto C/H, tra cui gli Idrocarburi Policiclici Aromatici. Si tratta di un materiale di colore bruno o nerastro, con comportamento termoplastico, solido o semisolido, non volatile a temperatura ambiente, non solubile in acqua. In commercio si trova oltre che in forma semisolida (che è quella più adoperata), anche sottoforma di bitume liquido o emulsione bituminosa. Lo stato di bitume liquido o di emulsione è provvisorio, desiderato per esigenze applicative ed ottenuto lavorando il bitume con acqua alcalinizzata, additivi e solventi. Con il termine "catrame", corrispondente all'inglese *tar*, ci si riferisce invece ad un materiale viscoso che seppur dotato di aspetto simile al bitume, se ne differenzia per origine e composizione chimica. Esso, infatti, è ottenuto tramite un processo industriale di distillazione distruttiva del carbon fossile e rispetto al bitume mostra un contenuto nettamente più elevato di idrocarburi policiclici aromatici (IPA), oltre che numerosi altri composti contenenti ossigeno, azoto e zolfo. In passato, nei paesi sprovvisti di asfalto naturale, come ad esempio l'Inghilterra, il catrame era diffusamente impiegato per la pavimentazione stradale (*tarmacadam*), a volte anche in miscela con il bitume. Tale uso, ora del

tutto cessato e praticamente sconosciuto in Italia, ha favorito l'attuale confusione esistente ancora tra i termini catrame e bitume nel linguaggio comune ed in molti ambiti professionali.

Generalmente le attività di asfaltatura sono svolte da aziende di piccole (da poche unità ad una decina di operai) o medie dimensioni (30-100 operai). In quest'ultimo caso, tuttavia, le attività svolte dall'impresa non sono limitate alla sola produzione dell'asfalto e pavimentazione ma coprono altri settori dell'edilizia civile: principalmente demolizioni, scavi e movimento terra, opere idrauliche, costruzioni civili (opere di urbanizzazione primaria e secondaria). Volendo restringere il conteggio ai soli dipendenti addetti alla specifica attività di asfaltatura, questo è compreso in un intervallo più stretto (3 e 35).

Gli addetti alle opere di asfaltatura sono generalmente lavoratori dipendenti, il cui rapporto di lavoro è regolato dal contratto collettivo nazionale dell'edilizia. In particolare si tratta di operai edili specializzati, affiancati da uno o due operai semplici cui sono affidati i compiti che richiedono le competenze minori (trasporto carriola, utilizzo badile, sbandieratore), che lavorano in squadre di 3-10 persone.

Il carico di lavoro varia nell'arco dell'anno con picchi di attività, che si registrano nei periodi primavera-estate. La dipendenza dalle condizioni meteorologiche comporta un frequente ricorso a periodi di forzata inattività o re-impiego in attività differenti.

Figura 1- Classificazione ATECO2002: codici scelti dalle imprese indagate

Codice ATECO2002	Dizione ATECO2002	Percentuale aziende
01.12.3	Coltivazioni floricole e di piante ornamentali in piena aria	0,5
01.41.1	Esercizio per conto terzi e noleggio di mezzi e di macchine agricole con personale	0,5
23.20.1	Raffinerie di petrolio	0,5
23.20.4	<i>Fabbricazioni di emulsioni di bitume, di catrami e leganti per uso stradale</i>	4,8
26.63.0	Produzione di calcestruzzo pronto per l'uso	0,5
26.82.0	Fabbricazione di altri prodotti in minerali non metalliferi	1,0
45.11.0	Demolizione di edifici e sistemazione del terreno	1,9
45.21.1	Lavori generali di costruzione di edifici	5,5
45.21.2	Lavori di ingegneria civile	9,2
45.23.0	<i>Costruzione di autostrade, strade, campi di aviazione e impianti sportivi</i>	60,2
45.24.0	Costruzione di opere idrauliche	1,0
45.25.0	Altri lavori speciali di costruzione	3,8
45.45.0	Altri lavori di completamento degli edifici	0,5
70.1	Attività immobiliari in conto proprio	1,0
X	Non definito	9,1

1.2 Obiettivo del progetto

Il progetto di ricerca è diretto all'implementazione della banca dati "Profili di rischio di comparto" con i dati relativi al comparto "Asfaltatori". L'obiettivo primo è quello di provvedere ad un'accurata ricostruzione del ciclo produttivo così come osservato in un insieme di imprese che rappresentano il comparto sul territorio nazionale. Quindi, per ogni fase lavorativa individuata, occorre procedere ad identificare i rischi infortunistici, igienico-ambientali e organizzativi, i danni attesi, le possibili soluzioni migliorative.

Il lavoro è composto da un diagramma di flusso del ciclo, da un documento per l'intero comparto e da un documento per ogni singola lavorazione.

1.3 Area di riferimento per la ricerca

L'indagine ha interessato le aziende di asfaltatura presenti sul territorio Italiano, le attività di sopralluogo sono state concentrate in Lombardia.

La metodologia di studio seguita può essere semplificata nei seguenti passaggi:

- 1) raccolta dati,
- 2) verifica delle informazioni raccolte e loro elaborazione e organizzazione,
- 3) presentazione dei risultati al gruppo di lavoro e discussione,
- 4) redazione di documento finale.

In particolare il primo punto ha comportato una serie di attività di ricerca a carattere sia locale che nazionale ed internazionale. È stata infatti eseguita una ricerca bibliografica che ha compreso la consultazione della banca dati PubMed dell'U.S. National Library of Medicine (Medline) e del motore di ricerca Google Scholar, al fine di reperire atti di convegni e seminari nazionali ed internazionali, articoli scientifici nazionali ed internazionali, *position paper* nazionali ed internazionali. Si sono recuperate informazioni da banche dati scientifiche (ad es. International Agency for Research on Cancer - IARC) e del registro delle Imprese della regione Lombardia per la raccolta di dati generali di comparto. Inoltre, sono state valorizzate le informazioni già disponibili presso i servizi PSAL delle ASL competenti per territorio, nonché i dati prodotti nel corso di specifici gruppi di studio (ad es. Studio PPTP-POPA).

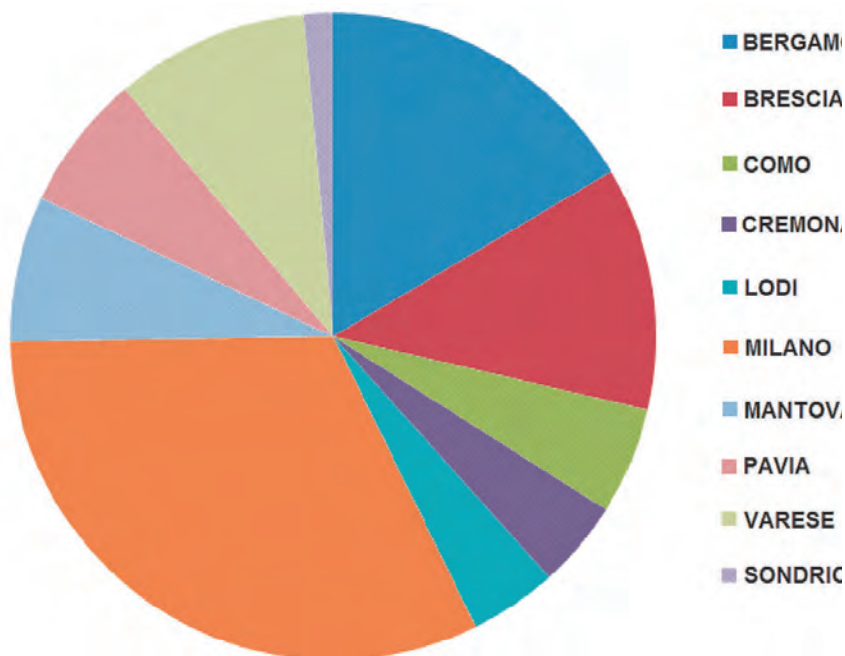
Si è quindi proceduto all'acquisizione diretta sul campo di nuove informazioni, effettuando sopralluoghi e verifiche nelle aziende presenti sul territorio lombardo, recuperando i dati di oltre 200 aziende coinvolte in attività di asfaltatura, sia come primaria sia occasionale.

Le diverse fonti informative sono state integrate ed organizzate in maniera efficace, così da permettere il raggiungimento di valutazioni di rilievo supportate da riscontri obiettivi ed attendibili.

1.4 Localizzazione geografica delle aziende indagate

Il comparto è stato oggetto di un'indagine mirata che ha interessato un ampio campione di aziende (pari a 206) presenti in Lombardia. In particolare la distribuzione territoriale mostra una maggiore concentrazione delle aziende del settore nell'ambito territoriale delle province di Milano, Bergamo e Brescia (Figura 2).

Figura 2 - Aziende indagate: distribuzione percentuale sulla base della provincia lombarda di appartenenza



1.5 Il fenomeno infortunistico

Lo studio del fenomeno infortunistico nel settore non si può avvalere di dati recuperabili da rapporti ufficiali INAIL, poiché non è attualmente presente un codice di attività specifico. È stata quindi condotta un'indagine mirata che ha previsto l'analisi dei registri infortuni delle aziende interessate, relativamente agli anni dal 1994 al 2007.

Poiché molte delle imprese che operano in questo comparto non si limitano alla sola produzione o stesa dell'asfalto ma lavorano anche in altri settori dell'edilizia, si è provveduto ad attività di selezione mirata all'estrazione dei soli infortuni relativi alle attività oggetto di studio. Nel complesso nel periodo sono stati riscontrati 625 eventi. L'indagine è stata quindi strutturata come valutazione qualitativa, con lo scopo di individuare le modalità di accadimento, le lesioni più frequenti e le sedi corporee più colpite, le mansioni e le attività a maggior rischio.

Tutti gli eventi registrati riguardavano lavoratori di sesso maschile di età non inferiore a 18 anni. In particolare la maggior parte degli infortuni (81%) si è verificata nelle fasce di età 18-34 anni e 35-49 anni; ciò trova una possibile spiegazione nel fatto che le medesime classi di età sono quelle più rappresentate in termini di numero di lavoratori del settore (Figura 3).

Figura 3 - Studio del fenomeno infortunistico: distribuzione degli eventi per classi di età

Classe di età	Percentuale di episodi sul totale degli eventi registrati
Fino a 17	0
18-34	39
35-49	42
50-64	13
65 e oltre	6

Nella Figura 4 per ogni tipo d'evento sono mostrate la distribuzione percentuale rispetto al totale dei dati registrati e la gravità espressa come mediana e range dei giorni di assenza. Circa la metà degli infortuni (51%) non risulta peculiare per l'attività di asfaltatura essendo dovuta a caduta da mezzo d'opera o da veicolo per il trasporto promiscuo di persone e cose, scivolamento sul piano di calpestio e schiacciamento di arto; a seguire in termini numerici troviamo l'incidente stradale in itinere (9%) e durante il lavoro (6%), e la collisione con ostacoli fermi (9%). Da sottolineare, poiché possono essere anche molto rilevanti in termini di gravità delle conseguenze, sono gli incidenti in cantiere e la caduta di oggetti dall'alto (che spesso trovano la propria ragione d'essere nella presenza di altre lavorazioni concomitanti), l'intrappolamento di un arto (evenienza che si è tuttavia dimostrata tra le meno rappresentate) e la movimentazione di carichi manuale (relativamente alle operazioni di carico/scarico camion con attrezzature e materiale vario, la movimentazione di cariole riempite con inerti, il sollevamento di chiusini). Tra le modalità di accadimento quella sicuramente più peculiare del settore indagato è il contatto con materiale caldo per la presenza di emulsione e conglomerato bituminosi riscaldati a temperature oltre i 100°C.

Figura 4 - Studio del fenomeno infortunistico: distribuzione degli eventi per tipo e dati di gravità espressi come mediana (range) giorni di assenza per singolo evento e numero di eventi mortali

Tipo di evento	Percentuale di episodi sul totale degli eventi registrati	Giorni di assenza per singolo evento Mediana (min-max)	Numero casi mortali
Caduta da mezzo d'opera/camion	27,7	20 (2-210)	-
Scivolamento sul piano di calpestio	12,6	19 (1-168)	-
Schiacciamento arto	9,9	18 (3-118)	-
Incidente stradale	9,2	15 (3-169)	1
Collisione con ostacolo fermo	9,2	10 (2-187)	-
Incidente in cantiere	6,1	20 (1-301)	-
Colpito da oggetto in caduta	5,6	11 (3-223)	-
Infortunio durante MMC	4,5	10 (2-40)	-
Materiale caldo a contatto	3,8	14 (3-90)	-
Proiezione corpo estraneo	3,8	4 (1-30)	-
Taglio	1,9	11 (3-20)	-
Puntura di insetto	1,3	5 (1-10)	-
Intrappolamento arto	0,8	32 (15-162)	-
Agenti atmosferici	0,5	6 (1-11)	-
Scoppio	0,2	18	-
Contatto con caustici	0,2	19	-
Causa indeterminata	2,7	3 (1-7)	-

Le sedi corporee più colpite sono le estremità inferiori (40%) e superiori (28%), con particolare coinvolgimento di mano e polso, gamba e caviglia, ginocchio e piede. Non trascurabile anche l'interessamento di cranio, volto e occhi (Figura 5).

Figura 5 - Studio del fenomeno infortunistico: distribuzione degli eventi per sede corporea colpita

Sede	Percentuale di episodi sul totale degli eventi registrati
<i>Testa</i>	<i>14,5</i>
Cranio	6,2
Volto, occhi	8,3
<i>Arto superiore</i>	<i>28,2</i>
Cingolo toracico	4,5
Braccio, avambraccio, gomito	5,9
Mano e polso	17,8
<i>Tronco</i>	<i>12,6</i>
Organi interni	0,8
Colonna vertebrale	6,4
Parete toracica	5,4
<i>Arto inferiore</i>	<i>40,2</i>
Cingolo pelvico	2,6
Coscia	1,6
Ginocchio	8,5
Gamba, caviglia	17,3
Piede	10,2
<i>Indeterminata</i>	<i>1,5</i>
<i>Polidistrettuale</i>	<i>3,0</i>

La natura delle lesioni è più spesso traumatica: la distorsione, la frattura, la ferita e la contusione sono ricorse nell'80% dei casi registrati (Figura 6).

Dall'analisi per l'individuazione della mansione (Figura 7) e dell'attività a maggiore rischio (Figura 8) emerge che il 68% del totale degli eventi registrati sono relativi alla figura dell'operaio/asfaltatore e che il 61% sono relativi ad altra attività di cantiere (diversa da quella specifica di asfaltatura). Degli incidenti stradali durante i trasferimenti, il 47% sono riferiti al tragitto casa-lavoro.

Figura 6 - Studio del fenomeno infortunistico: distribuzione degli eventi per natura delle lesioni

<i>Natura</i>	Percentuale di episodi sul totale degli eventi registrati
Contusione	25,1
Lussazione	1,1
Ferita	15,8
Frattura	11,5
Perdita anatomica	0,3
Da corpo estraneo	3,7
Da sforzo	3,8
Ustione	4,3
Puntura di insetto	1,3
Da altri agenti	0,5
Distorsione	27,3
Da schiacciamento	2,4
Da politrauma	1,3
Indeterminata	1,4
Decesso	0,2

Figura 7 - Studio del fenomeno infortunistico: distribuzione degli eventi per mansione del personale coinvolto

Mansione	Percentuale di episodi sul totale degli eventi registrati
Operaio/asfaltatore	68,5
Autista	16,5
Addetto alla vibrofinitrice	2,7
Addetto al rullo	2,9
Altro	1,9
Palista	3,5
Addetto impianto di produzione	4,0

Figura 8 - Studio del fenomeno infortunistico: distribuzione degli eventi per tipo di attività svolta

Attività	Percentuale di episodi sul totale degli eventi registrati
Altre attività in cantiere stradale	60,8
Trasferimenti su viabilità ordinaria	9,4
Stesa di asfalto	7,2
Carico/scarico camion	5,8
Attività di manutenzione	5,3
Compattazione dell'asfalto	3,5
Fresatura/spazzatura/altre operazioni di preparazione piano di posa	2,7
Attività in impianto di produzione	2,6
Spruzzatura emulsione	1,4
Segnaletica stradale e direzione del traffico	1,3

1.6 Le malattie professionali

Le malattie professionali denunciate dalle aziende esaminate per gli addetti alle opere di asfaltatura negli anni che vanno dal 1994 al 2007 sono state 11. Sono per lo più rappresentate da discopatie da movimentazione manuale di carichi, da alcuni casi di ipoacusia da rumore e da un caso di tumore cutaneo. Tutte interessano personale maschile.

1.7 Il ciclo lavorativo

Prima di addentrarsi in una disamina del ciclo tecnologico occorre fare un cenno all'entità intorno a cui ruotano le opere di asfaltatura: la strada. Essa ha una struttura architettonica complessa definita da precise caratteristiche tecniche, costruttive e funzionali. Schematicamente risulta essere costituita da tre strati:

- strato di usura a diretto contatto con le ruote dei veicoli,
- strato di collegamento tra lo strato di usura e la fondazione (base),
- fondazione.

L'insieme di questi strati nelle pavimentazioni in conglomerato bituminoso è chiamato "manto". In particolare gli strati più superficiali sono realizzati con conglomerati bituminosi, mentre le fondazioni possono essere realizzate se rigide con calcestruzzo di cemento, se flessibili con una massicciata di pietrame o con ghiaia cilindrata o con un manto di terra stabilizzata oppure con strati di scorie, macerie, misti di cava, ecc.

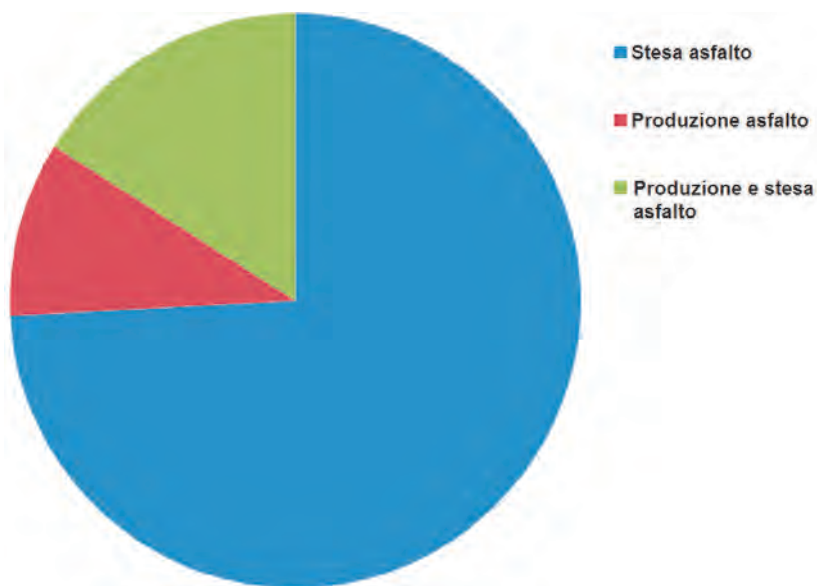
Si definisce sottofondo il terreno sul quale è poggiata la sovrastruttura e il più direttamente interessato dall'azione dei carichi esterni. Esso può essere formato da terreno di scavo o di riporto, spesso trattato allo scopo di ottenere un aumento della capacità portante ed una riduzione della sensibilità all'azione dell'acqua e del gelo. La superficie che delimita superiormente il terreno di sottofondo costituisce il piano di posa della sovrastruttura.

Le operazioni di asfaltatura possono essere distinte in tre lavorazioni principali:

- 1) produzione conglomerato bituminoso,
- 2) asfaltatura strade,
- 3) asfaltature marciapiedi.

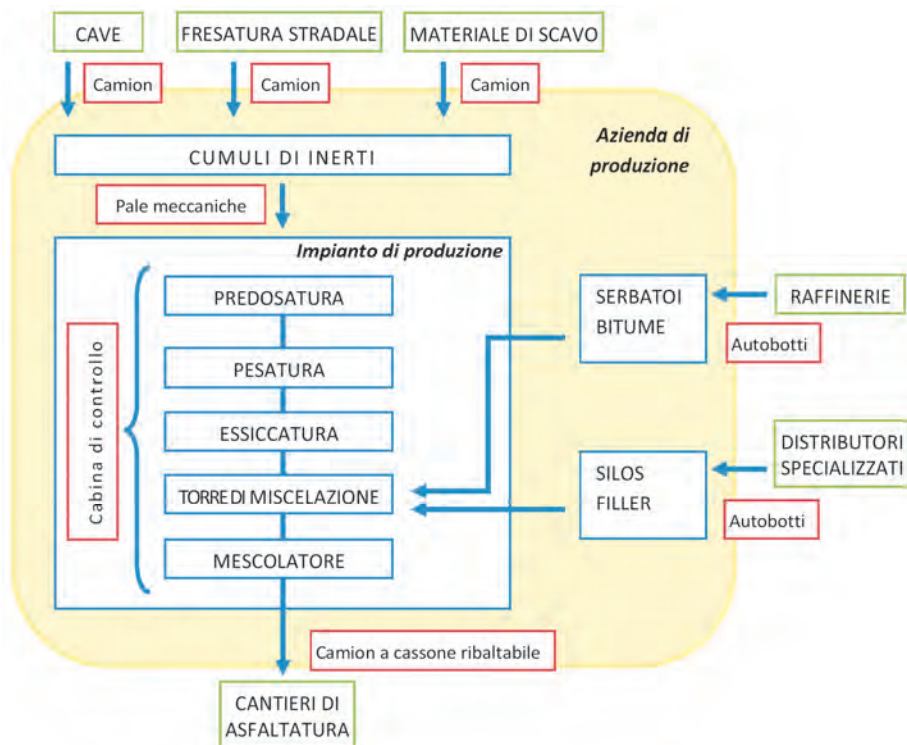
Le tre diverse lavorazioni individuate per il comparto solamente in alcuni casi (circa 20%) coesistono nella stessa azienda (Figura 9).

Figura 9 - Distribuzione percentuale lavorazioni in aziende settore asfaltatura



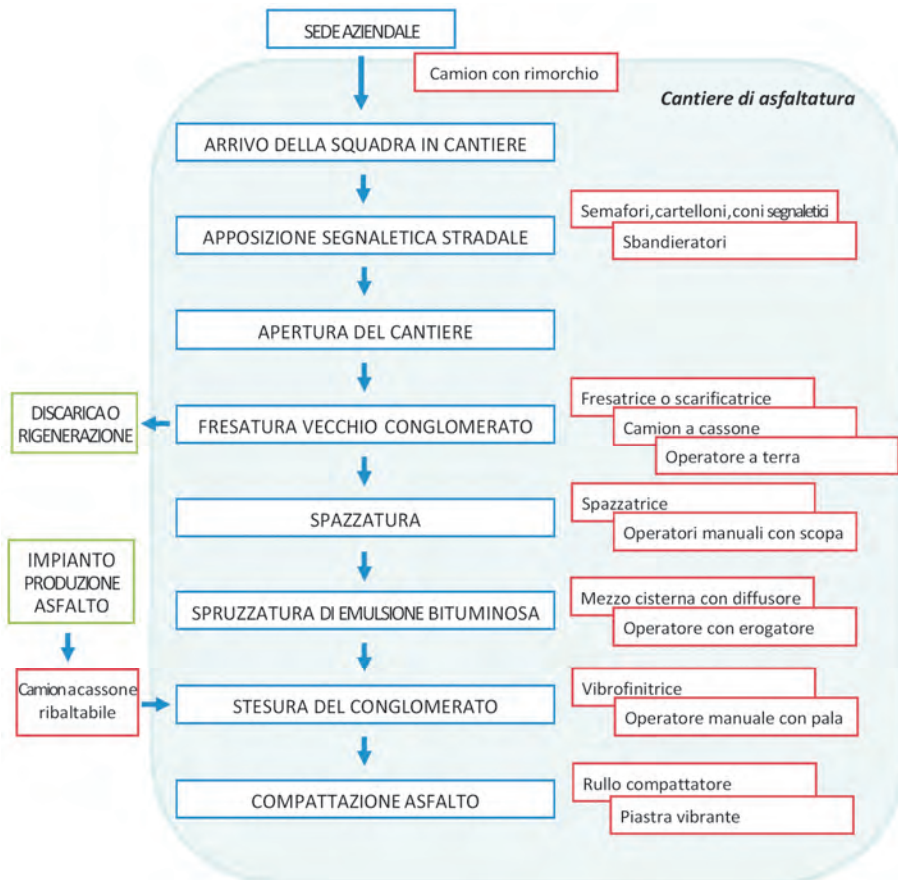
In tutti i casi il ciclo tecnologico è semplice e di facile schematizzazione. In particolare nelle Figure 10-12 viene riportato lo schema delle procedure di lavoro per la produzione di conglomerato bituminoso, l'asfaltatura delle strade e dei marciapiedi.

Figura 10 - Diagramma di flusso delle attività di produzione di conglomerato bituminoso



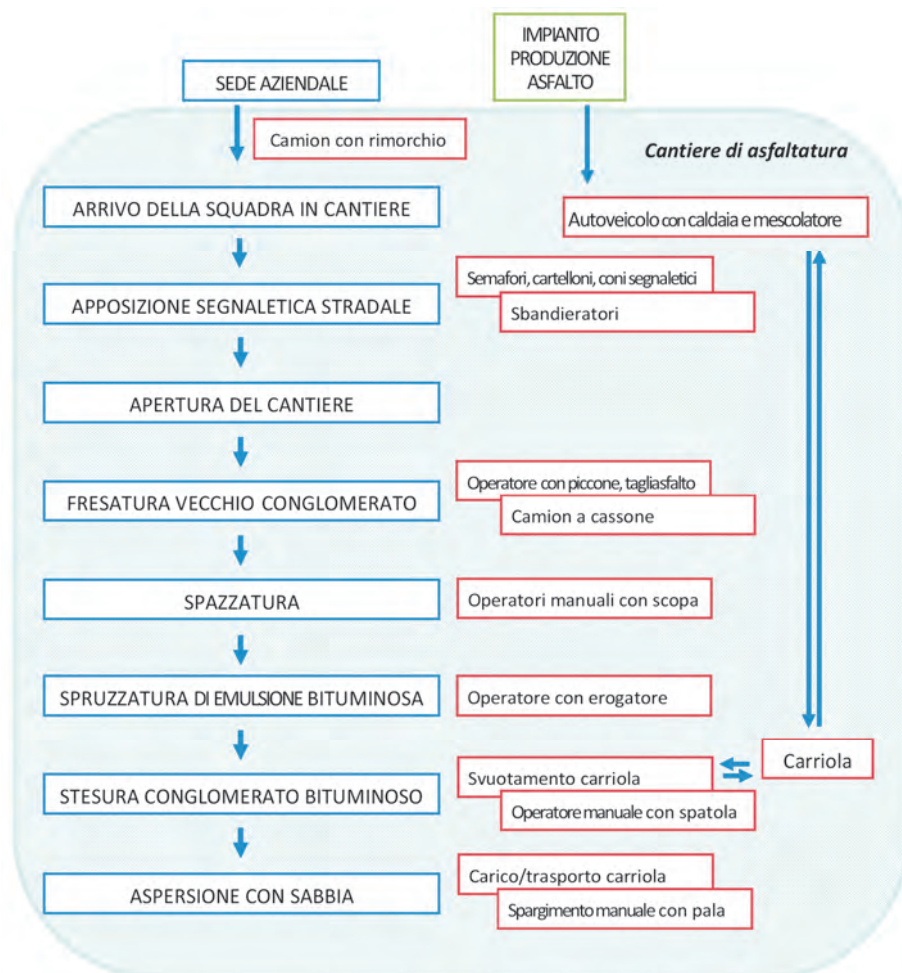
Note: le caselle con bordo verde indicano la provenienza delle materie prime e la destinazione del prodotto finito o di eventuali scarti; le caselle con bordo rosso indicano le attività gestite in modo manuale o automatizzato dal lavoratore (sono definite con il nome del mezzo/attrezzatura utilizzati); le caselle con bordo blu rappresentano le fasi di lavorazione.

Figura 11 - Diagramma di flusso delle attività di asfaltatura strade



Note: le caselle con bordo verde indicano la provenienza delle materie prime e la destinazione del prodotto finito o di eventuali scarti; le caselle con bordo rosso indicano le attività gestite in modo manuale o automatizzato dal lavoratore (sono definite con il nome del mezzo/attrezzatura utilizzati); le caselle con bordo blu rappresentano le fasi di lavorazione.

Figura 12 - Diagramma di flusso delle attività di asfaltatura marciapiedi



Note: le caselle con bordo verde indicano la provenienza delle materie prime e la destinazione del prodotto finito o di eventuali scarti; le caselle con bordo rosso indicano le attività gestite in modo manuale o automatizzato dal lavoratore (sono definite con il nome del mezzo/attrezzatura utilizzati); le caselle con bordo blu rappresentano le fasi di lavorazione.

L'attività di asfaltatura viene svolta in maniera varia durante tutto l'arco dell'anno, con una certa prevalenza durante il periodo estivo. Le lavorazioni di stesa sono svolte al domicilio del cliente nell'arco di tempo compreso tra le ore 6.00 e le ore 17.00, mentre gli impianti di produzione possono iniziare a funzionare anche qualche ora prima. Nelle fasi di asfaltatura di autostrade, con un numero di giorni limitato durante l'anno, sono possibili anche lavorazioni notturne.

Circa il 10% delle aziende svolge attività di asfaltatura solamente in modo saltuario e marginale (per meno di 20 giorni all'anno).

In tutto il ciclo produttivo si possono presentare cadenze operative vincolanti, legate alla necessità di produrre per una certa ora o stendere entro un certo tempo l'intero carico di conglomerato bituminoso giunto in cantiere. In generale, tuttavia, le operazioni vengono pianificate accuratamente il giorno precedente, evitando situazioni stressanti ed impreviste.

Considerato il numero ridotto di personale impegnato nelle opere di asfaltatura e l'affiatamento, che in genere si instaura tra persone che lavorano a stretto contatto da tempo, non sembrano in genere evidenziarsi problemi di conflittualità interpersonale né tra i lavoratori, né con il datore di lavoro. Anche la presenza di nuovi assunti o di personale di nazionalità non italiana in genere non è fonte di conflitto, ma anzi il piccolo gruppo di lavoro e la cooperazione necessaria per il completamento dell'opera sono di forte stimolo per una rapida integrazione.

2. ATTIVITÀ DI PRODUZIONE CONGLOMERATO BITUMINOSO

Per produrre il conglomerato bituminoso si deve procedere alla miscelazione a caldo di bitume e inerti in opportune proporzioni. Più dettagliatamente la ricetta dell'asfalto prevede quantità percentuali in peso di aggregati lapidei pari al 90%, di filler al 3-10%, di bitume al 4-7%, di additivi allo 0-2%.

I materiali litici vengono adoperati sotto forma di elementi frantumati di varie dimensioni, in modo da ottenere un ammasso granulare di elevata densità, ove i vuoti che rimangono tra gli elementi più grossi vengono riempiti da elementi più piccoli. Mediante l'utilizzo di crivelli e setacci, vengono distinti i vari assortimenti granulometrici (ciottolo, ghiaia, ghiaietto, ghiaino, sabbia).

Il filler è il materiale polverulento con granulometria più bassa, inferiore a 0,075 mm; esso all'interno degli asfalti svolge la duplice funzione di completamento del fuso granulometrico (con aumento della stabilità), e di stabilizzazione del legante bituminoso (con riduzione della suscettibilità termica).

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, se aggiunti alla ricetta consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi, modificandone le caratteristiche fisiche e meccaniche. In particolare gli additivi di più comune utilizzo sono polimeri, attivanti di adesione, additivi flussanti, pigmenti.

Variando la granulometria e la natura degli aggregati litici, il contenuto di bitume e aggiungendo additivi è possibile ottenere svariati tipi di conglomerati bituminosi destinati ad impieghi quanto mai vari.

2.1 Descrizione della fase di lavorazione

La prima fase di lavorazione è costituita dall'approvvigionamento e stoccaggio delle materie prime. Gli aggregati lapidei a differente granulometria possono essere acquistati direttamente da cave che estraggono minerali calcarei, oppure sono costituiti dal frantumato di materiale di recupero ottenuto mediante operazioni di fresatura stradale o di scavo. Per il trasporto in azienda degli inerti vengono adoperati camion a cassone ribaltabile (Figura 13), che consentono anche un agevole scarico del materiale nelle apposite aree di stoccaggio. In particolare le scorte degli inerti sono distribuite su di un piazzale, in cumuli separati secondo le varie pezzature (Figura 14).

Figura 13 - Arrivo inerti allo stabilimento di produzione



Figura 14 - Stoccaggio inerti nello stabilimento di produzione



Il filler di nuova produzione giunge in azienda trasportato all'interno di autocisterne, dalle quali viene scaricato tramite condotta e stoccato all'interno di silos dedicati (Figura 15).

Il bitume è acquistato dalle raffinerie che provvedono anche al trasporto mediante autobotti in azienda, dove viene stoccato in serbatoi metallici coibentati e dotati di riscaldamento a circolazione di olio (Figura 16).

Figura 15 - Stoccaggio filler nello stabilimento di produzione



Figura 16 - Stoccaggio bitume nello stabilimento di produzione



Il tipico impianto di produzione di asfalto per strade può essere schematizzato nei seguenti componenti:

- impianto di predosatura ponderale,
- impianto di pretrattamento o essiccazione,
- torre di muscolazione,
- silos di stoccaggio del conglomerato.

L'impianto di predosatura ponderale è costituito da una serie di tramogge, destinate ciascuna ad un diverso aggregato litico (Figura 17); nella parte inferiore di ciascuna tramoggia è posto un sistema dosatore che consente il prelievo automatico della quantità desiderata di materiale (Figura 18). Con l'ausilio di pale meccaniche l'aggregato viene prelevato dai cumuli presenti nelle aree di stoccaggio e caricato nella serie di tramogge (Figura 19). Il sistema dosatore pesa e seleziona le quantità desiderate di inerti che, passati per caduta attraverso una porta di scarico, pervengono all'impianto di pretrattamento o essiccatore mediante un nastro trasportatore (Figura 20).

Figura 17 - Tramogge di predosatura ponderale



Figura 18 - Tramogge di predosatura ponderale: particolare



Figura 19 - Pala per movimentazione inerti



Figura 20 - Impianto di pretrattamento (essiccatore)



L'essiccatore (impianto di pretrattamento) è un forno a tamburo ruotante in acciaio leggermente inclinato nel senso di avanzamento del materiale. Esso è munito all'interno di alette sporgenti, che sono sagomate in modo tale da permettere l'avanzamento dell'aggregato e da effettuare un suo movimento di sollevamento-caduta attraverso la corrente di gas caldi. Il riscaldamento a temperature di 150-160 °C consente la perfetta asciugatura degli elementi litici che si possono così legare in modo più saldo al bitume. Sui fumi prodotti dall'essiccatore uno sgrossatore opera un abbattimento delle particelle con diametro compreso tra 0,075 mm e 2 mm, che vengono recuperate e utilizzate come sabbia. I filtri a manica, tramite lunghi tubi di tela consentono un ulteriore abbattimento con recupero di particelle con diametro inferiore a 0,075 mm, poi utilizzate come filler.

Gli aggregati, una volta essiccati, devono essere nuovamente vagliati, allo scopo di assicurare il raggiungimento delle granulometrie finali, e pesati, per ottenere un esatto rapporto di miscela. Essi quindi, man mano che fuoriescono dall'essiccatore, giungono alla torre di miscelazione (tramite un elevatore a tazze o altro idoneo dispositivo), dove un rielezionatore li vaglia e riclassifica, quindi per caduta pervengono nelle tramogge del sistema di pesatura, ed infine vengono immessi nel mescolatore (Figura 21).

Figura 21 - Torre di miscelazione



Il filler, conservato all'interno di silos, viene avviato tramite coclee ad un elevatore a tazze, che lo trasporta verticalmente fin sulla torre di mescolazione, dove viene raccolto direttamente all'interno della tramoggia del sistema dosatore specifico. Le polveri fini di recupero, provenienti dai filtri dell'impianto, vengono reintrodotte nel ciclo di produzione tramite coclee. Il filler è aggiunto sempre freddo agli altri componenti.

Il bitume, riscaldato all'interno dei serbatoi tramite calore ceduto da olio circolante in serpentine, è immesso previa pesatura nella zona di mescolazione attraverso gli ugelli della barra di spruzzatura ad una temperatura di 150-160 C°. Esistono impianti con lavorazione in continuo, che sono dotati di un meccanismo automatizzato per la regolazione della portata a seconda della quantità di inerti inviata al miscelatore.

Gli inerti a granulometria voluta, il bitume, il filler ed eventuali additivi (provenienti con ciclo chiuso da silos dedicati) confluiscono all'interno di un mescolatore in acciaio a forma di trogolo con fondo apribile, dotato di alberi rotanti sui quali sono montati bracci e palette. I due alberi paralleli, con palette sfalsate, ruotano in senso contrario muovendosi secondo superfici parzialmente compenetranti.

Conclusa la fase di mescolamento il prodotto finito può essere scaricato dal mescolatore, posto in posizione sollevata dal suolo, direttamente sugli autocarri addetti al trasporto.

L'impianto descritto, di tipo tradizionale possiede uno specifico essiccatore per gli aggregati distinto dal mescolatore. Nelle apparecchiature tipo *Drum Mixer* (impianti di non recente concezione e piuttosto imprecisi, ma ancora utilizzati perché semplici e poco costosi), l'intero ciclo produttivo avviene invece in una sola unità rappresentata dal cilindro rotante, il quale provvede sia alla fase d'essiccazione/riscaldamento degli aggregati, sia a quella di miscelazione. I vantaggi di questi impianti rispetto ai tradizionali risiedono nel maggiore rendimento termico e nel minor numero di macchine presenti nell'impianto con ridotte necessità d'energia elettrica e di manutenzioni.

In alcune ricette è previsto l'utilizzo anche di fresato (fino al 30% in peso), che viene frantumato con mulino, possibilmente vagliato per distinguerne la granulometria e mescolato agli altri aggregati già caldi.

Gli impianti moderni possono essere gestiti da sole due persone: un addetto al controllo del processo produttivo automatico ed un addetto al carico dei predosatori con pala meccanica. Tutte le apparecchiature di comando e controllo, che concorrono al funzionamento dell'impianto, sono centralizzate in una cabina collocata in posizione strategica. Dalla sua postazione l'operatore può, per mezzo delle strumentazioni disposte su di una consolle, impostare tutte le grandezze fisiche necessarie al processo produttivo e determinare il ritmo di produzione, la quantità e qualità di prodotto e la temperatura finale degli aggregati.

L'impianto di produzione di asfalto per marciapiedi, detto anche "asfalto colato" (conglomerato contenente legante in quantità pari all'8-11% in peso e notevolmente ricco di frazioni fini) è del

tutto simile a quelli descritti per il conglomerato bituminoso per strade. Le peculiarità consistono nel fatto che l'essiccatore deve consentire il riscaldamento dell'aggregato ad una temperatura superiore a quella necessaria per gli altri conglomerati (200-220 C°), inoltre deve essere presente un'apposita caldaia con mescolatore. Se il conglomerato da produrre è il *gussasphalt* si può fare a meno di quest'ultimo accorgimento.

In alcuni casi la ricetta del conglomerato per marciapiedi prevede l'utilizzo fra gli ingredienti di polvere asfaltica: in tal caso è possibile adottare un essiccatore a doppio tamburo coassiale dove nel tamburo interno circolano fiamma e gas di combustione, mentre la polvere asfaltica passa tra i due tamburi senza subire contatti diretti con i gas caldi e con la fiamma la cui azione produrrebbe un violento indurimento del bitume.

In altri casi è prevista l'aggiunta di alcuni pani di polvere asfaltica direttamente al termine della lavorazione.

Il bitume viene sempre aggiunto alla miscela mediante un sistema di spruzzatura a pressione allo scopo di assicurare un intimo rivestimento delle frazioni fini, più abbondanti rispetto all'asfalto per strade. Il tempo di miscelazione è più lungo (alcune ore), rispetto a quello richiesto per i normali conglomerati (20-40 secondi).

2.2 Attrezzature, macchine, impianti

Camion a cassone ribaltabile (Figura 13) utilizzato per il trasporto di inerti di varia granulometria dalla cava all'impianto di produzione, di asfalto fresato dal cantiere all'impianto di produzione, di conglomerato bituminoso dall'impianto di produzione al cantiere di stesa.

Trattore con cisterna utilizzato per il trasporto di filler o di bitume all'impianto di produzione.

Pala gommata (Figura 19) per la movimentazione di inerti sul piazzale di stoccaggio e dal piazzale di stoccaggio alle tramogge dell'impianto di produzione asfalto. Possono essere coperte o scoperte. Hanno capacità di carico variabile a seconda delle dimensioni dell'impianto di produzione.

Impianto di produzione (Figura 17-21) costituito da impianto di predosatura ponderale (tramogge, predosatori e nastro trasportatore), impianto di pretrattamento o essiccazione (forno a tamburo rotante), torre di mescolazione (con eventuale elevatore a tazze), silos di stoccaggio del conglomerato (con eventuale benna di traslazione).

Videoterminale nella cabina di comando per la gestione e la conduzione dell'impianto.

2.3 Fattori di rischio

Agenti chimici e cancerogeni: è previsto l'utilizzo di sostanze o preparati attualmente non classificati come cancerogeni o pericolosi per l'uomo (bitume, conglomerato bituminoso), tuttavia i lavoratori possono venire a contatto con sostanze chimiche che si liberano proprio durante la

lavorazione: gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), alcuni dei quali sono riconosciuti come cancerogeni o pericolosi. Attualmente non è tecnicamente possibile la sostituzione di tali materie prime nel ciclo produttivo con altre meno pericolose e la lavorazione è a ciclo chiuso (ad eccezione della fase di carico del conglomerato sul camion a cassone ribaltabile destinato al cantiere di stesa). La metanalisi dei risultati di monitoraggio ambientale e della letteratura ha evidenziato livelli di IPA ben al di sotto di vari ordini di grandezza rispetto ai valori limite professionali e paragonabili a quelli riscontrabili in ambiente urbano. In particolare l'esposizione a benzo(a)pirene, inteso come tracciante degli IPA altobollenti cancerogeni, solo in limitate situazioni si è mostrato superiore al valore guida indicato in Italia per la popolazione generale (1 ng/m^3), ma ogni singolo caso è meritevole di appropriata valutazione: valore mediano di $0,4 \text{ ng/m}^3$, 5° percentile di $0,1 \text{ ng/m}^3$ e 95° percentile di $5,6 \text{ ng/m}^3$. L'esposizione ad agenti chimici può avvenire anche in occasione delle opere di manutenzione di attrezzi e mezzi giornaliera (benna, scoli, ecc.); la manutenzione ordinaria e straordinaria, che riguarda soprattutto i motori e gli organi di lavoro soggetti ad usura, viene svolta con periodicità programmata ed in caso di necessità da tecnici specializzati di officine autorizzate.

Agenti chimici - infortuni: l'asfalto è commercializzato a temperature superiori ai 100°C : le temperature più elevate si hanno nell'asfalto modificato (fino a 200°C) e nel colato (fino a 260°C). Risulta possibile la formazione di idrogeno solforato nei siti di stoccaggio del bitume.

Agenti chimici - incendio/esplosione: il rischio di incendio non coinvolge direttamente il conglomerato bituminoso, che è da ritenersi fondamentalmente non combustibile, bensì il bitume che comunque è considerabile un combustibile a basso rischio, privo di reattività pericolosa, che può formare miscela infiammabile e bruciare con fiamma viva solamente se riscaldato a temperatura superiore al punto di infiammabilità (maggiore di $200\text{-}250^\circ\text{C}$). Né l'asfalto, né il bitume sono dotati di proprietà esplosive. Impianti di gas combustibile sono presenti per alimentare sistemi di riscaldamento (forno rotante, cisterna). Le aziende sono generalmente dotate di una cisterna per il gasolio dalla quale si attinge per il rifornimento dei veicoli aziendali. Nel complesso il rischio di incendio può essere considerato a livello basso o medio.

Utilizzo di macchine - infortuni: l'utilizzo di macchine a corpo rotante, macchine a piani mobili o con nastro trasportatore è comune; particolare attenzione meritano le operazioni di manutenzione durante le quali vengono utilizzati una serie di attrezzi, più o meno semplici, anche con organi in movimento o alimentati elettricamente.

Utilizzo di macchine - rumore: il rischio è stato sensibilmente ridotto con l'introduzione di macchinari di nuova concezione dotati di sistemi fonoassorbenti. I livelli equivalenti riscontrati nelle postazioni di carico inerti variano da 84 a 88 dBA e nelle postazioni di controllo produzione tra 77 e

89 dBA. L'esposizione quotidiana dei lavoratori risulta nella maggior parte dei casi compresa tra 75 e 88 dBA, ma ogni singolo caso è meritevole di appropriata valutazione.

Utilizzo di macchine - scuotimenti: il rischio si può presentare generalmente nella conduzione di pala e camion; tuttavia anche in alcuni impianti "compatti", soprattutto per la produzione del colato, è possibile una consistente esposizione dell'operatore. I valori di accelerazione ponderata in frequenza delle vibrazioni equivalente a 8 ore di lavoro $A(8)$ applicata alle moderne macchine oggi utilizzate sono in genere inferiori a $0,5 \text{ m/s}^2$, ma ogni singolo caso è meritevole di appropriata valutazione. In particolare i range del vettore massimo (A_{Wmax}) del valore quadratico medio dell'accelerazione ponderata in frequenza, riscontrabili utilizzando pala gommata su sterrato e su asfalto sono rispettivamente di $0,3-1,0 \text{ m/s}^2$ e $0,4-1,1 \text{ m/s}^2$.

Utilizzo di macchine - videoterminale: i tempi effettivi di utilizzo del videoterminale da parte dell'addetto alla conduzione dell'impianto generalmente superano le 20 ore settimanali, perché nei moderni impianti buona parte di tempo è dedicata all'effettiva interazione uomo-macchina.

Ambiente di lavoro - infortuni: costituiscono elementi di criticità la pavimentazione, le zone di passaggio, le aree di lavoro, i movimenti di mezzi e gli impianti elettrici.

Ambiente di lavoro - microclima: le lavorazioni che si svolgono nell'unità produttiva prevedono la permanenza di un operatore in ambiente confinato (cabina di controllo) non sempre rispondente ai criteri ergonomici (dimensioni ridotte, pareti in metallo, ampie fenestrate, spesso inserita direttamente nel contesto dei macchinari). I mezzi d'opera sono in genere dotati di impianto di climatizzazione o condizionamento.

Ambiente di lavoro - polvere: polverosità nell'aria si può presentare sia durante il carico degli inerti nelle tramogge, sia per dispersioni accidentali di filler dalle tubazioni di raccordo (soprattutto durante le operazioni di riempimento dei silos). La metanalisi dei risultati di monitoraggio ambientale e della letteratura ha evidenziato livelli di polvere inalabile al di sotto di un ordine di grandezza rispetto ai valori limite professionali suggeriti da enti internazionali per polveri non altrimenti classificate: valore mediano $0,90 \text{ mg/m}^3$, range $0,01-1,90 \text{ mg/m}^3$.

Ambiente di lavoro - agenti biologici: durante le operazioni che si svolgono in ambiente esterno è possibile contatto in particolare con *Clostridium Tetani*, le cui spore sono ubiquitariamente diffuse nel suolo, nelle acque e nel pulviscolo atmosferico.

Ambiente di lavoro - radiazione solare ultravioletta: relativamente al lavoro all'aperto gli operatori sono esposti alla radiazione solare.

Ambiente di lavoro - punture di insetti: soprattutto relativamente al lavoro nel piazzale di stoccaggio gli operatori agiscono in campo aperto scarsamente urbanizzato, con possibilità di venire punti da insetti ed in particolare da imenotteri.

Movimentazione carichi con macchine: il carico delle tramogge e la movimentazione degli inerti nel piazzale vengono effettuate con utilizzo di macchine di sollevamento. Il sollevamento di carichi in altezza è possibile anche nella movimentazione con benna del conglomerato bituminoso diretto al silos di stoccaggio.

Organizzazione del lavoro: le lavorazioni sono svolte con cadenze operative vincolanti, monotonia e ripetitività. In genere le operazioni vengono pianificate accuratamente il giorno precedente, evitando situazioni stressanti ed impreviste.

2.4 Danni attesi

Considerato l'utilizzo di macchine, l'ambiente di lavoro e la movimentazione di carichi con macchine sono attesi danni acuti conseguenti ad infortunio: urti, impatti, compressioni, cesoiamento e stritolamento, investimento di pedone, scivolamento, caduta a livello, caduta di gravi dall'alto, elettrocuzione.

La presenza di materiale ad alta temperatura rende possibile ipotizzare danni acuti da getti e schizzi con ustione conseguente.

Considerata la possibile esposizione ad agenti chimici irritanti sono ipotizzabili danni a carico dell'apparato respiratorio (particolare attenzione all'idrogeno solforato per la possibilità di avvelenamento acuto).

Considerata la possibile esposizione ad agenti cancerogeni chimici (IPA) e fisici (radiazione solare UV) è ipotizzabile l'insorgenza di tumori con probabilità paragonabile o meno alla popolazione generale secondo le singole situazioni.

Considerato l'utilizzo di macchine con produzione di rumore sono ipotizzabili danni a carico dell'apparato uditivo con probabilità variabile secondo le singole situazioni.

Considerato l'utilizzo di macchine e attrezzature, che comportano la presenza di scuotimenti e di videoterminale, sono ipotizzabili danni a carico dell'apparato muscolo-scheletrico con probabilità variabile secondo le singole situazioni.

2.5 Interventi

- Prestare cautela in caso di apertura dei passi d'uomo di serbatoi di bitume o quando si acceda all'interno degli stessi assicurando un'adeguata ventilazione o aspirazione.

- Tenere i fusti di emulsione bituminosa in zone fresche e ventilate, lontano da sorgenti di calore, fiamme libere ed ogni altra sorgente di accensione.
- Separare i percorsi dei pedoni dalle piste per i veicoli; se non fosse possibile collocare gli opportuni segnali di avvertimento e garantire un numero adeguato di attraversamenti pedonali.
- Tenere ordinate le aree di lavoro e di stoccaggio dei materiali.
- Realizzare gli impianti elettrici secondo norma (collegamento a terra, ecc.) e mantenerli in modo da prevenire contatti accidentali con elementi sotto tensione, incendi o scoppi.
- Verificare la presenza di parapetti di trattenuta applicati a tutti i lati liberi di piattaforme, passerelle e luoghi di lavoro sopraelevati.
- Utilizzare scale a gradini o a pioli munite di parapetti per l'accesso alle parti sopraelevate dell'impianto di produzione; dotare le scale verticali di gabbia di protezione ed eventuali pianerottoli di riposo.
- Tenere a disposizione imbracature di sicurezza per eventuali interventi d'emergenza o soccorso.
- Realizzare la cabina di controllo separata dall'impianto di produzione vero e proprio, progettata ergonomicamente e dotata di impianto di condizionamento o climatizzazione inserito nel contesto in maniera corretta.
- Procedere ad un'accurata pianificazione giornaliera e settimanale della attività, che tenga in considerazione l'impegno fisico richiesto e le cadenze operative vincolanti, provvedendo ad una adeguata distribuzione dei compiti lavorativi.
- Mettere a disposizione dei lavoratori idonei ambienti di ristoro riparati, freschi o riscaldati, in base alle diverse situazioni climatiche.
- Non mangiare cibi e bevande e non fumare durante la produzione di conglomerato bituminoso.
- Organizzare l'orario di lavoro, ove possibile, in maniera tale da ridurre l'esposizione ai raggi ultravioletti durante le ore della giornata in cui sono più intensi (12.00 – 14.00).
- Assicurare ai lavoratori la disponibilità di spogliatoi appropriati ed adeguati, nonché di armadietti individuali a doppio scomparto (separare indumenti privati e di lavoro), programmando periodica pulizia ed eventuale sostituzione.
- Equipaggiare i lavoratori con idonei Dispositivi di Protezione Individuale (DPI) quali: indumenti protettivi (tute da lavoro complete, oppure pantaloni lunghi con maglietta o camicia a maniche lunghe), che devono assicurare una idonea protezione dagli agenti atmosferici (abbinare un giubbotto); calzature antinfortunistiche con suola antiscivolo; guanti.
- Controllare ed eventualmente implementare stato di copertura vaccinale antitetanica.

- Predisporre postazioni ergonomiche (videoterminale).
- Attuare formazione.
- La sorveglianza sanitaria eseguita in maniera mirata è un utile ausilio soprattutto per escludere condizioni di ipersuscettibilità che potrebbero predisporre a danni per la salute, nonché per monitorare condizioni di rischio con il monitoraggio biologico.

2.6 Appalto a ditta esterna

Le attività di manutenzione ordinaria e straordinaria di macchine e impianti sono gestite direttamente da personale di officine specializzate.

2.7 Riferimenti legislativi

D.Lgs. 9 aprile 2008 n. 81 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro" e successive modifiche ed integrazioni.

2.8 Rischio esterno

Non sono riscontrabili situazioni di rischio esterno interferenti con la lavorazione.

3. ATTIVITÀ DI ASFALTATURA STRADE

3.1 Descrizione della fase di lavorazione

Questo tipo di lavorazione può essere eseguita in modo continuo durante l'anno; viene tuttavia sospesa in caso di condizioni meteorologiche avverse in grado di compromettere la qualità della stesa (pioggia, temperatura inferiore a 10 °C).

La squadra di intervento, composta da 3-10 persone (asfaltatore manuale, autista del rullo, autista vibrofinitrice, autista camion), raggiunge la zona di lavoro a mezzo di camion, dotati di rimorchi idonei al trasporto di attrezzature e macchine operatrici. L'apertura del cantiere è sempre preceduta da apposizione sul luogo di lavoro di tutta la necessaria segnaletica stradale (semafori, cartelloni e coni segnaletici), per la chiusura del tratto al traffico automobilistico o per la deviazione del flusso veicolare su vie o corsie alternative. Nel caso invece di strade a scorrimento veloce, oltre alla cartellonistica, sono necessarie due persone che segnalano manualmente il pericolo per l'esistenza del cantiere.

Per quanto riguarda le operazioni di stesa, è necessario distinguere le opere di rifacimento di una pavimentazione preesistente da quelle per l'edificazione di nuove pavimentazioni.

Nel primo caso, infatti, è necessario procedere preventivamente alla fresatura del vecchio conglomerato, alla spazzatura e raccolta del fresato, quindi alla spruzzatura di emulsione bituminosa ed infine alla stesa e compattazione del conglomerato bituminoso.

La fresatura, consistente nella rimozione della parte superficiale della vecchia pavimentazione, ha lo scopo di favorire l'aderenza del nuovo strato a quello sottostante e di impedire sopraelevamenti del piano stradale rispetto alla situazione precedente. Essa viene condotta con macchine fresatrici o scarificatrici, dotate di corpi cilindrici rotanti con utensili da taglio e di un nastro trasportatore, tramite il quale il materiale asportato viene caricato su automezzi da trasporto (Figura 22). Per questa fase lavorativa sono necessari un addetto alla macchina fresatrice, un operatore a terra, che coordini le operazioni di carico del camion trasportatore, e l'autista del camion.

Figura 22 - Fresatrice o scarificatrice



Alla fresatura segue la spazzatura e raccolta del fresato, cioè la rimozione di tutto quel materiale che non è stato asportato direttamente dalla fresatrice. Ciò può avvenire sia meccanicamente mediante spazzatrici, sia manualmente mediante scope e pale. Le spazzatrici sono macchine semoventi dotate di due o più piastre rotanti con spazzole in ferro, di un potente sistema di aspirazione e di un serbatoio raccogliitore che viene successivamente svuotato sui mezzi di trasporto. Se la rimozione avviene meccanicamente è sufficiente un operatore, se avviene manualmente sono necessarie almeno due persone. Il materiale raccolto può essere smaltito in opportuna discarica, rigenerato oppure trasportato in azienda e confinato in un'apposita area, dalla quale in occasione di scavi verrà prelevato e adoperato come materiale di riempimento.

Dopo l'operazione di spazzatura, la superficie di stesa, se costituita da calcestruzzo, deve essere trattata mediante applicazione di emulsioni bituminose, allo scopo di garantire un'adeguata adesione all'interfaccia tra fondazione e nuovo manto d'usura. Questa operazione non è necessaria se il nuovo manto d'usura va apposto su vecchi strati in conglomerato bituminoso. L'emulsione bituminosa può essere spruzzata a caldo o a freddo sul fondo stradale, sia meccanicamente mediante apposito diffusore posto dietro ad un mezzo-cisterna (Figura 23), sia manualmente mediante erogatore (Figura 24). Sono necessarie una o due persone: un operatore che regge ed indirizza l'erogatore ed uno che sposta la cisterna dell'erogatore in caso di erogazione manuale, un autista in caso di spargimento tramite mezzo-cisterna. In alcuni casi è necessaria la presenza di un operatore addetto alla protezione di eventuali cordoli.

Figura 23 - Applicazione emulsione bituminosa automatica



Figura 24 - Applicazione emulsione bituminosa manuale



L'asfalto deve essere acquistato in impianti di produzione in genere non troppo distanti dal cantiere di stesa. La distanza tra impianto di confezionamento e cantiere è vincolata dal fatto che la temperatura del conglomerato, che all'uscita dall'impianto è di 150-170°C, alla stesa deve essere di almeno 120 °C (le temperature sono superiori di almeno 20°C quando vengono adoperati i bitumi modificati). Esso viene generalmente trasportato a mezzo di autocarri a cassone posteriore ribaltabile forniti di copertura allo scopo di evitare raffreddamenti superficiali eccessivi. In una stessa giornata vengono effettuati più carichi in base alla dimensione della superficie da asfaltare.

Le operazioni di stesa consistono nell'applicazione di più strati di conglomerato bituminoso mediante macchina vibrofinitrice stradale (Figura 25). Solamente in prossimità di incroci e di tombini, oppure in caso di piccoli interventi di ripristino del manto, si rende necessario l'utilizzo di attrezzi per la finitura a mano quali pale e rastrelli.

Figura 25 - Stesa asfalto con vibrofinitrice



La finitrice stradale è fornita di un vano anteriore di carico, che può appoggiare su cingoli o ruote gommate, e l'avanzamento è ottenuto mediante un motore diesel. Gli autocarri che trasportano l'asfalto, procedendo a marcia indietro, si devono collocare in posizione tale da poter provvedere al carico diretto della finitrice, ribaltando posteriormente il cassone e rovesciando il conglomerato all'interno della tramoggia. Questa lo immette tramite un movimento di scorrimento del fondo, in un distributore posto verso l'estremità posteriore della vibrofinitrice. È lì che sono collocate le coclee, che hanno la funzione di spandere in maniera uniforme il conglomerato su tutta la larghezza prefissata. Quindi il conglomerato appena distribuito sul piano di posa viene disteso omogeneamente e addensato da opportuni organi di livellamento. Gli operatori coinvolti nelle operazioni distesa sono almeno tre, di cui uno a bordo e due a terra. Quelli a terra effettuano anche le operazioni di rifinitura: infatti, ai margini della strada o in situazioni particolari, che limitino l'impiego di macchine, si dovrà finire la stesa dell'asfalto a mano, prelevando il conglomerato con l'ausilio di pala in prossimità delle coclee e spargendolo dove necessario (Figura 26).

Figura 26 - Stesa asfalto manuale



Segue a questo punto la fase di compattazione del conglomerato bituminoso, ancora caldo, mediante rulli compattatori con operatore a bordo (Figura 27). Essi hanno un peso non inferiore a 2 tonnellate (in genere tra 8 e 10 tonnellate) e sono dotati di uno o più corpi cilindrici.

Figura 27 - Compattazione asfalto con rullo



La cilindratura viene eseguita da un operatore alla guida del rullo, procedendo dai fianchi della pavimentazione verso la mezzera e per strisce successive sempre parzialmente sovrapposte. Dopo la normale cilindratura in senso longitudinale si agisce tuttavia anche secondo le diagonali e quando possibile anche in senso trasversale. L'operazione di compattamento ha lo scopo di addensare lo strato di conglomerato appena steso rendendo la superficie stradale omogenea e priva di irregolarità, di prevenire eventuali scorrimenti di uno strato rispetto al sottostante e di evitare la comparsa di fessurazioni.

Per compattare il manto ai suoi margini, in prossimità del marciapiede, si utilizza una piastra vibrante (Figura 28) controllata da un operatore in piedi (chiamata dagli operatori anche "talpa" o "rana").

Al termine dell'attività di pavimentazione, che può durare per un numero variabile di giornate lavorative, si chiude il cantiere, rimuovendo la segnaletica e le macchine operatrici.

Figura 28 - Compattazione asfalto con piastra vibrante



Nel caso di edificazione di nuove pavimentazioni, invece, si rende necessaria una preventiva opera di spianamento tramite ruspe, seguita dal livellamento ad opera di mezzi livellatrici e dalla compattazione del rilevato con rullo. Realizzato così il sottofondo, si procede alla produzione di strati di fondazione in misto cementato valutandone la corrispondenza ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

A questo punto si prosegue con operazioni del tutto simili a quelle già descritte per il rifacimento di pavimentazione: infatti, dopo avere sparso sabbia a protezione dello strato in misto cementato, si procede alla stesura di una mano di ancoraggio mediante applicazione di emulsione bituminosa acida, rimozione della sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione, e solo dopo queste operazioni stesa del conglomerato e sua compattazione.

3.2 Attrezzature, macchine, impianti

Camion a cassone ribaltabile: utilizzato per il trasporto di conglomerato bituminoso dall'impianto di produzione al cantiere di stesa; i mezzi una volta giunti in cantiere, procedendo a marcia indietro, si devono collocare in posizione tale da poter provvedere al carico diretto della finitrice, ribaltando posteriormente il cassone e rovesciando il conglomerato all'interno dell'apposita tramoggia. Il cassone generalmente è dotato di telo di copertura, con sistema più spesso automatico (talvolta però ancora manuale), ai fini di evitare dispersioni e mantenere la temperatura del conglomerato durante il tragitto impianto-cantiere.

Macchine fresatrici o scarificatrici: si tratta di macchine dotate di corpi cilindrici rotanti con utensili da taglio e di un nastro trasportatore, tramite il quale il materiale asportato (precedente pavimentazione stradale) viene caricato su automezzi da trasporto a cassone ribaltabile (Figura 22).

Macchine spazzatrici: utilizzate per la spazzatura e raccolta del fresato, cioè la rimozione di tutto quel materiale che non è stato asportato direttamente dalla fresatrice; si tratta di macchine semoventi dotate di due o più piastre rotanti con spazzole in ferro, di un potente sistema di aspirazione e di un serbatoio raccogliitore che viene successivamente svuotato sui mezzi da trasporto a cassone ribaltabile.

Mezzo-cisterna: si tratta di mezzo di trasporto dotato di cisterna (riscaldata o meno a seconda delle esigenze), che permette di spruzzare a caldo o a freddo sul fondo stradale l'emulsione bituminosa mediante apposito diffusore posto sul lato posteriore (Figura 23).

Vibrofinitrice stradale: utilizzato nell'applicazione di strati di conglomerato bituminoso, è fornita di un vano anteriore di carico, che può appoggiare su cingoli o ruote gommate, e avanza mediante un motore diesel (Figura 24). Gli autocarri che trasportano l'asfalto, procedendo a marcia indietro, si collocano in posizione tale da poter provvedere al carico diretto della finitrice, ribaltando posteriormente il cassone e rovesciando il conglomerato all'interno della tramoggia. Nella parte posteriore viene trascinata una piastra vibrante riscaldata che permette di appianare il conglomerato appena steso; la larghezza della stesa e lo spessore sono regolati da un operatore sulla base delle caratteristiche della strada da asfaltare.

Rullo compattatore: utilizzato per compattare il conglomerato bituminoso, ancora caldo, ha un peso non inferiore a 2 tonnellate (in genere tra 8 e 10 tonnellate) ed è dotato di uno o più corpi cilindrici (Figura 27).

Erogatore a spruzzo: si tratta di attrezzatura manuale collegata a cisterna (riscaldata o meno a seconda delle esigenze), che viene utilizzata per spruzzare manualmente a caldo o a freddo sul fondo stradale l'emulsione bituminosa mediante apposito erogatore a lancia (Figura 24).

Piastra vibrante: chiamata dagli operatori anche "talpa" o "rana", viene utilizzata per compattare il manto ai suoi margini, in prossimità del marciapiede o di chiusini, e viene controllata da un operatore in piedi (Figura 28).

Tagliasfalto a disco: attrezzo a lama rotante utilizzato per sezionare piccole porzioni di manto stradale in occasione di lavori che necessitano un interessamento parziale del piano stradale.

Scopa: utilizzata per la spazzatura e raccolta del fresato residuo, cioè la rimozione di tutto quel materiale che non è stato asportato direttamente dalla fresatrice e non è stato raccolto dalla spazzatrice.

Pala: utilizzata per la spazzatura e raccolta del fresato residuo, cioè la rimozione di tutto quel materiale che non è stato asportato direttamente dalla fresatrice e non è stato raccolto dalla spazzatrice, o per la stesa manuale di asfalto in prossimità di incroci e di tombini oppure in caso di piccoli interventi di ripristino del manto stradale.

Rastrello: utilizzato per la stesa manuale di asfalto in prossimità di incroci e di tombini oppure in caso di piccoli interventi di ripristino del manto stradale.

3.3 Fattori di rischio

Agenti chimici e cancerogeni: è previsto l'utilizzo di sostanze o preparati attualmente non classificati come cancerogeni o pericolosi per l'uomo (emulsione bituminosa, conglomerato bituminoso), tuttavia i lavoratori possono venire a contatto con sostanze chimiche che si liberano proprio durante la lavorazione: gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), alcuni dei quali sono riconosciuti come cancerogeni o pericolosi. Attualmente non è tecnicamente possibile la sostituzione di tali materie prime nel ciclo produttivo con altre meno pericolose e la lavorazione non è a ciclo chiuso. La metanalisi dei risultati di monitoraggio ambientale e della letteratura ha evidenziato livelli di IPA ben al di sotto di vari ordini di grandezza rispetto ai valori limite professionali e paragonabili a quelli riscontrabili in ambiente urbano. In particolare l'esposizione a benzo(a)pirene, inteso come tracciante degli IPA altobollenti cancerogeni, solo in limitate situazioni si è mostrato superiore al valore guida indicato in Italia per la popolazione generale (1 ng/m^3), ma ogni singolo caso è meritevole di appropriata valutazione: valore mediano di $0,4 \text{ ng/m}^3$,

5° percentile di 0,1 ng/m³ e 95° percentile di 1,1 ng/m³; non sono state evidenziate differenze significative tra i diversi addetti (asfaltatore manuale, autista, addetto alla vibrofinitrice, addetto al rullo). Sono meritevoli di particolare attenzione le lavorazioni in ambienti chiusi o semi-chiusi (garage, gallerie, ecc.). Durante la stesa di emulsione bituminosa effettuata manualmente è consistente la condizione di imbrattamento cutaneo a causa della nebulizzazione della stessa. L'esposizione ad agenti chimici può avvenire anche in occasione delle opere di manutenzione di attrezzi e mezzi giornaliera; la manutenzione ordinaria e straordinaria, che riguarda soprattutto i motori e gli organi di lavoro soggetti ad usura, viene svolta con periodicità programmata ed in caso di necessità da tecnici specializzati di officine autorizzate.

Agenti chimici - infortuni: l'asfalto è commercializzato a temperature superiori ai 100°C: le temperature di stesa più elevate si hanno nell'asfalto modificato (fino a 140°C). Risulta possibile la formazione di idrogeno solforato nelle cisterne dell'emulsione bituminosa.

Agenti chimici - incendio/esplosione: il rischio di incendio non coinvolge direttamente il conglomerato bituminoso, che è da ritenersi fundamentalmente non combustibile, bensì l'emulsione bituminosa che comunque è considerabile un combustibile a basso rischio, privo di reattività pericolosa, che può formare miscela infiammabile e bruciare con fiamma viva solamente se riscaldato a temperatura superiore al punto di infiammabilità (maggiore di 200-250°C). Né l'asfalto, né l'emulsione bituminosa sono dotati di proprietà esplosive. Impianti di gas combustibile sono presenti per alimentare sistemi di riscaldamento (piastra vibrofinitrice, cisterne emulsione bituminosa). Nel complesso il rischio di incendio può essere considerato a livello basso o medio.

Utilizzo di macchine - infortuni: l'utilizzo di macchine a corpo rotante, macchine a piani mobili o con nastro trasportatore è comune. Inoltre, poiché le macchine da lavoro vengono utilizzate in aree in cui operano anche operatori a piedi, è possibile incorrere in investimenti.

Utilizzo di macchine - rumore: il rischio è stato sensibilmente ridotto con l'introduzione di macchinari di nuova concezione dotati di sistemi fonoassorbenti. I livelli equivalenti riscontrati nelle postazioni di guida di autocarri variano da 75 a 83 dBA, durante l'allestimento del cantiere da 59 a 70 dBA, durante la fresatura del manto da 85 a 94 dBA, durante l'uso di tagliasfalto a disco da 93 a 103 dBA, al posto di guida della vibrofinitrice da 87 a 90 dBA, al posto di controllo della piastra della vibrofinitrice da 89 a 92 dBA, nella postazione dell'operatore manuale nei pressi della vibrofinitrice da 83 a 86 dBA, al posto di guida del rullo da 86 a 89 dBA e durante l'uso della piastra vibrante manuale ("talpa", "rana") da 71 a 92 dBA. L'esposizione quotidiana dei lavoratori risulta compresa nella maggior parte dei casi per l'asfaltatore autista tra 79 e 84 dBA, per l'asfaltatore manuale tra 78 e 85 dBA, per l'addetto al rullo tra 84 e 90 dBA, per l'addetto alla vibrofinitrice tra 85 e 90 dBA, ma ogni singolo caso è meritevole di appropriata valutazione.

Utilizzo di macchine - scuotimenti: il rischio si può presentare generalmente nella conduzione di fresatrice, camion, vibrofinitrice e rullo. I valori di accelerazione ponderata in frequenza delle vibrazioni equivalente a 8 ore di lavoro $A(8)$ applicata alle moderne macchine oggi utilizzate sono in genere inferiori a $0,5 \text{ m/s}^2$, ma ogni singolo caso è meritevole di appropriata valutazione. In particolare i range del vettore massimo (A_{Wmax}) del valore quadratico medio dell'accelerazione ponderata in frequenza, riscontrabili sono utilizzando fresatrice di $0,3-1,1 \text{ m/s}^2$, camion su asfalto di $0,3-0,5 \text{ m/s}^2$, camion su strada sterrata di $0,4-1,7 \text{ m/s}^2$, vibrofinitrice al posto di guida di $0,3-0,6 \text{ m/s}^2$ e rullo di $0,3-0,6 \text{ m/s}^2$.

Utilizzo di macchine - vibrazioni: il rischio si può presentare limitatamente ad alcune fasi lavorative specifiche che prevedono l'utilizzo di strumenti vibranti (piastra vibrante manuale, tagliasfalto a disco), per altro dotati di accorgimenti progettuali atti a minimizzare la trasmissione delle vibrazioni al sistema mano-braccio dei lavoratori. I valori di accelerazione ponderata in frequenza delle vibrazioni equivalente a 8 ore di lavoro $A(8)$ applicata alle moderne macchine oggi utilizzate sono in genere inferiori a $2,5 \text{ m/s}^2$. In particolare i range del vettore massimo (A_{Wmax}) del valore quadratico medio dell'accelerazione ponderata in frequenza, riscontrabili sono utilizzando piastra vibrante manuale ("talpa", "rana") di $1,8-7,2 \text{ m/s}^2$ e tagliasfalto a disco di $2,2-4,3 \text{ m/s}^2$.

Ambiente di lavoro - infortuni: costituiscono elementi di criticità la pavimentazione, le zone di passaggio, le aree di lavoro, i movimenti di mezzi e gli impianti elettrici.

Ambiente di lavoro - microclima: le lavorazioni si svolgono sia in ambiente confinato (guida di mezzi con cabina) che in ambienti esterni (esposizione ad agenti atmosferici). I mezzi d'opera sono in genere dotati di impianto di climatizzazione o condizionamento. In particolare in estate ci si trova di fronte alla situazione più pericolosa: la combinazione delle temperature stagionali elevate, con la temperatura radiante e con l'intenso lavoro possono arrecare non solo *discomfort*, ma rischi per la salute più importanti.

Ambiente di lavoro - polvere: polverosità nell'aria si può presentare soprattutto durante la fresatura, dove possono essere raggiunti anche livelli di polverosità molto rilevanti ma sempre per tempi contenuti. Per quanto riguarda le fasi di stesa la metanalisi dei risultati di monitoraggio ambientale e della letteratura ha evidenziato livelli di polvere inalabile al di sotto di un ordine di grandezza rispetto ai valori limite professionali suggeriti da enti internazionali per polveri non altrimenti classificate, senza differenze significative tra i diversi operatori (autisti, asfaltatore manuale, addetto alla vibrofinitrice, addetto al rullo): valore mediano $0,50 \text{ mg/m}^3$, range $0,01-2,50 \text{ mg/m}^3$.

Ambiente di lavoro - agenti biologici: durante le operazioni che si svolgono in ambiente esterno è possibile contatto in particolare con Clostridium Tetani, le cui spore sono ubiquitariamente diffuse nel suolo, nelle acque e nel pulviscolo atmosferico.

Ambiente di lavoro - radiazione solare ultravioletta: relativamente al lavoro all'aperto gli operatori sono esposti alla radiazione solare.

Ambiente di lavoro - punture di insetti: soprattutto relativamente al lavoro all'aperto gli operatori agiscono in campo aperto scarsamente urbanizzato, con possibilità di venire punti da insetti ed in particolare da imenotteri.

Movimentazione carichi con macchine: sollevamento di carichi in altezza mediante macchine è possibile durante le operazioni di scarico/carico delle attrezzature in cantiere.

Movimentazione carichi manuale: la movimentazione di carichi manuale si presenta nell'asfaltatore manuale impegnato nell'utilizzo di pale; tali lavorazioni sono in genere diluite durante la giornata e solitamente non comportano un sollevamento di pesi superiori ai 20 Kg per persona. Maggiori carichi sono movimentati in relazione ai fusti di emulsione bituminosa.

Organizzazione del lavoro: le lavorazioni sono svolte con cadenze operative vincolanti, monotonia e ripetitività. In genere le operazioni vengono pianificate accuratamente il giorno precedente, evitando situazioni stressanti ed impreviste. Considerato il numero ridotto di personale impegnato nel singolo cantiere e l'affiatamento che in genere si instaura tra persone che lavorano a stretto contatto da tempo, non sembrano in genere evidenziarsi problemi di conflittualità interpersonale né tra i lavoratori, né con il datore di lavoro. Anche la presenza di nuovi assunti o di personale di nazionalità non italiana in genere non è fonte di conflitto, ma anzi il piccolo gruppo di lavoro e la cooperazione necessaria per il completamento dell'opera sono un forte stimolo alla rapida integrazione.

3.4 Danni attesi

Considerato l'utilizzo di macchine, l'ambiente di lavoro e la movimentazione di carichi con macchine sono attesi danni acuti conseguenti ad infortunio: urti, impatti, compressioni, cesoiamento e stritolamento, investimento di pedone, scivolamento, caduta a livello, caduta di gravi dall'alto.

La presenza di materiale ad alta temperatura rende possibile ipotizzare danni acuti da getti e schizzi con ustione conseguente.

Considerata la possibile esposizione ad agenti chimici irritanti sono ipotizzabili danni a carico dell'apparato respiratorio (particolare attenzione all'idrogeno solforato per la possibilità di avvelenamento acuto ed alle polveri durante alcune fasi lavorative).

Considerata la possibile esposizione ad agenti cancerogeni chimici (IPA) e fisici (radiazione solare UV) è ipotizzabile l'insorgenza di tumori con probabilità paragonabile o meno alla popolazione generale secondo le singole situazioni.

Considerato l'utilizzo di macchine con produzione di rumore sono ipotizzabili danni a carico dell'apparato uditivo con probabilità variabile secondo le singole situazioni.

Considerato l'utilizzo di macchine e attrezzature che comportano la presenza di scuotimenti e vibrazioni nonché la presenza di movimentazione manuale di carichi, sono ipotizzabili danni a carico dell'apparato muscolo-scheletrico con probabilità variabile secondo le singole situazioni.

Considerato che l'attività è svolta in condizioni microclimatiche non agevoli e con impegno fisico notevole, è ipotizzabile il concretizzarsi di situazioni che vadano oltre il *discomfort*.

Considerate le caratteristiche dell'ambiente di lavoro (microclima, macroclima, radiazione solare, punture di insetti), sono ipotizzabili episodi di colpi di sole, colpi di calore, prostrazione da calore, nonché l'occorrenza di punture di insetti con possibile reazione allergica.

I ritmi di lavoro imposti potrebbero portare a situazioni di scompenso, accompagnate eventualmente da possibili manifestazioni somatiche da stress.

3.5 Interventi

- Per quanto riguarda in particolare gli attrezzi e mezzi d'opera sono indicate le seguenti misure generali di prevenzione: possedere i requisiti di sicurezza stabiliti dalla Comunità Europea (marchio "CE"); essere dotati di idonei sistemi che impediscono l'accesso a organi mobili se non in condizioni di sicurezza; avere motori manovrabili nella messa in moto e nell'arresto con facilità e sicurezza (comandi chiaramente visibili, identificabili ed ergonomici) e dotati di dispositivi contro l'avvio accidentale; essere provvisti di involucri o schermi protettivi, atti a trattenere elementi proiettati durante il funzionamento o ad impedire la diffusione di polvere; essere sottoposti a regolare e periodica manutenzione; essere sottoposti a controlli di sicurezza preliminari prima di ogni turno lavorativo (cavi, freni, luci, ecc.); essere dotati di sistemi visivi e acustici appropriati per la segnalazione dei movimenti, anche in situazioni di scarsa visibilità del conducente (un utile ausilio in questo senso può essere dato anche dall'utilizzo di sistemi di comunicazione locali via radio); essere acquistati privilegiando la minore emissione di rumore, vibrazioni e scuotimenti; essere dotati di cabine ergonomiche, climatizzate o condizionate e con sedili dotati di sistemi di ammortizzamento.
- Prestare cautela in caso di apertura di fusti di emulsione bituminosa assicurando un'ideale ventilazione.

- Tenere i fusti di emulsione bituminosa in zone fresche e ventilate, lontano da sorgenti di calore, fiamme libere ed ogni altra sorgente di accensione.
- Durante la stesa di asfalto cercare di lavorare sopravvento.
- Nelle lavorazioni entro ambienti chiusi (gallerie, ecc.) utilizzare opportuni sistemi di estrazione (aspirazione) oppure di diluizione dell'aria (ventilazione forzata).
- Tenere a disposizione nelle immediate vicinanze delle zone di lavoro estintori portatili in numero sufficiente.
- Utilizzare erogatori a spruzzo automatici montati su mezzo d'opera per la spruzzatura dell'emulsione bituminosa.
- Allestire il cantiere studiando una via di accesso, un percorso ed una via di uscita percorribili senza dover eseguire manovre pericolose con mezzi (compresa la retromarcia).
- Allestire il cantiere predisponendo piste di transito adatte ai tipi e alla quantità di veicoli che le utilizzano, di ampiezza sufficiente, con il fondo mantenuto in buone condizioni e la velocità forzatamente limitata dalla presenza di impedimenti fisici (dossi artificiali).
- Chiudere al traffico della normale viabilità l'area di lavoro; se non fosse possibile prevedere opportuni mezzi di separazione e protezione dal traffico veicolare (segnaletica, barriere in calcestruzzo o plastica riempita di acqua tipo New Jersey, ecc.).
- Utilizzare, per le operazioni di carico e scarico, personale qualificato diverso dai conducenti dei mezzi; se non fosse possibile, prevedere congrui periodi di riposo per i conducenti.
- Coordinare il lavoro con le altre ditte appaltatrici eventualmente presenti nello stesso cantiere (rumore, carichi sospesi, ecc.).
- Regolamentare l'accesso al cantiere.
- Assicurare un'illuminazione adeguata all'area di lavoro.
- Trasportare i fusti di emulsione bituminosa mediante specifici carrelli a due (carico massimo 50-100 Kg) o a quattro ruote (carico massimo 250 Kg) e attrezzi girafusti.
- Utilizzare attrezzi per la stesa manuale in buono stato di conservazione (lame non piegate, ecc.), maneggevoli e adatti al lavoro da eseguire (pale e badili con lame in lega di alluminio e manici in legno leggero).
- Tenere ordinate le aree di lavoro e di stoccaggio transitorio dei materiali.
- Procedere ad un'accurata pianificazione giornaliera e settimanale della attività, che tenga in considerazione l'impegno fisico richiesto e le cadenze operative vincolanti, provvedendo ad una adeguata distribuzione dei compiti lavorativi.
- Mettere a disposizione dei lavoratori idonei ambienti di ristoro riparati, freschi o riscaldati, in base alle diverse situazioni climatiche.
- Non mangiare cibi e bevande e non fumare durante la stesa di conglomerato bituminoso.

- Organizzare l'orario di lavoro, ove possibile, in maniera tale da ridurre l'esposizione ai raggi ultravioletti durante le ore della giornata in cui sono più intensi (12.00 – 14.00).
- Assicurare ai lavoratori la disponibilità presso la sede aziendale di spogliatoi appropriati ed adeguati, nonché di armadietti individuali a doppio scomparto (separare indumenti privati e di lavoro), programmando periodica pulizia ed eventuale sostituzione.
- Mettere a disposizione dei lavoratori servizi igienici in numero sufficiente, dotati di lavabi con acqua calda e fredda, mezzi detergenti e per asciugarsi.
- Equipaggiare i lavoratori con idonei Dispositivi di Protezione Individuale (DPI) quali: indumenti protettivi (tute da lavoro complete, oppure pantaloni lunghi con maglietta o camicia a maniche lunghe), che devono assicurare una idonea protezione dagli agenti atmosferici (abbinare un giubbotto); calzature antinfortunistiche con suola antiscivolo e anticalore; guanti resistenti al calore; indumenti ad alta visibilità quando la stesa avviene in prossimità di traffico veicolare; tuta monouso in tyvek durante la spruzzatura manuale di emulsione bituminosa; cappello a tesa larga durante la stesa in presenza di sole; casco durante l'attività di sollevamento carichi con mezzi; occhiali con protezione laterale durante la spruzzatura manuale di emulsione bituminosa; occhiali anti-UV durante la stesa in presenza di sole; facciale filtrante antipolvere di classe 1 (FFP1) durante la fresatura e spazzatura di asfalto; facciale filtrante antipolvere di classe 2 con filtro in carbone attivo (FFP2SL) durante la spruzzatura manuale di emulsione bituminosa e la stesa di asfalto in particolari condizioni (gallerie, sottopassi, ecc.); protezione auricolare nei lavoratori secondo livello di esposizione giornaliera; prodotti antisolari con filtri UVA-UVB (fattore di protezione solare almeno 20 ed adeguato al fototipo) durante la stesa in presenza di sole.
- Controllare ed eventualmente implementare stato di copertura vaccinale antitetanica.
- Attuare formazione.
- Cercare di stimolare l'affiatamento degli operai, che si trovano a stretto contatto per tutta la giornata, smorzando sul nascere eventuali problemi di conflittualità interpersonale.
- Favorire l'inserimento di nuovo personale, specialmente se di nazionalità non italiana, mediante l'affiancamento di un tutor.
- La sorveglianza sanitaria eseguita in maniera mirata è un utile ausilio soprattutto per escludere condizioni di ipersuscettibilità che potrebbero predisporre a danni per la salute, nonché per monitorare condizioni di rischio con il monitoraggio biologico.

3.6 Appalto a ditta esterna

Non sono previsti appalti a ditte esterne.

3.7 Riferimenti legislativi

D.Lgs. 9 aprile 2008 n. 81 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro" e successive modifiche ed integrazioni.

3.8 Rischio esterno

Sono possibili interferenze con altre lavorazioni qualora si operi in cantiere di opere civili od edili articolato.

Non è da dimenticare che i lavoratori addetti alla stesura di asfalto, qualora non operino in zone chiuse al traffico, possono correre anche il rischio di rimanere vittime di incidenti stradali causati dai veicoli di passaggio, rischio che risulta superiore laddove i conducenti non rispettino i segnali di avvertenza per lavori in corso, i limiti di velocità, le deviazioni o la segnaletica di controllo del traffico. Una buona pianificazione e progettazione del cantiere deve prestare notevole riguardo a questo aspetto, considerate le gravissime conseguenze, e deve sicuramente fare riferimento alle precise indicazioni presenti nel Codice della Strada.

4. ATTIVITÀ DI ASFALTATURA MARCIAPIEDI

4.1 Descrizione della fase di lavorazione

La posa in opera di asfalto su marciapiede può avvenire tutto l'anno, anche nella stagione fredda, con esclusione solo dei periodi di gelo. Essa è realizzata tramite stesura manuale di asfalto colato in spessori sottili.

I manti in asfalto colato presentano, rispetto a quelli realizzati con altri tipi di conglomerato, maggiori praticità di stesa ed elasticità, che si accentua nella stagione estiva. Al fine di evitare rotture o fissurazioni tali manti vengono posati su uno strato rigido e robusto quale quello di calcestruzzo con spessore pari a 8-10 cm. Questa base consente anche un facile recupero del colato per il suo successivo reimpiego.

L'asfalto colato è acquistato presso impianti di produzione e, poiché necessita di essere steso ad una temperatura di 230-260 °C, è trasportato al luogo di stesa all'interno di opportuni autoveicoli dotati di caldaia e mescolatore, detti "bonze" (Figura 29 e 30).

Figura 29 - Carico di "bonza" per trasporto asfalto colato



Figura 30 - Carico di "bonza" per trasporto asfalto colato: particolare



Prima di iniziare i lavori si provvede all'apposizione di opportuna segnaletica e quando necessario, alla deviazione del traffico veicolare dalla carreggiata adiacente al marciapiede, dove viene collocata e via via fatta avanzare la bonza.

Il colato viene prelevato tramite apertura di una porta di scarico posta sulla parete posteriore della bonza (Figura 31), raccolto all'interno di una carriola e con essa trasportato fino al punto di stesa (Figura 32). Quindi inclinando la carriola il materiale di stesa viene rovesciato sul marciapiede (Figura 33) e steso a mano (Figura 34). Vengono utilizzate allo scopo spatole di legno, provviste di una lunga impugnatura e manovrate dall'operatore in posizione eretta, fino ad ottenere uno strato, caratterizzato da spessore di 1,5-2 cm e da superficie regolare. L'asfalto steso, mentre è ancora caldo, va cosparso con sabbia. Essa è contenuta in un apposito vano della "bonza" e, viene caricata manualmente tramite una pala in una carriola, è trasportata sul luogo di stesa, quindi viene prelevata con l'ausilio di pala e lanciata sul marciapiede (Figura 35).

A lavoro ultimato si procede alla chiusura del cantiere, con rimozione della segnaletica, e quindi si rientra in azienda.

Figura 31 - Prelevamento di asfalto colato da "bonza"



Figura 32 - Trasporto di asfalto colato con carriola



Figura 33 - Stesa di asfalto colato su marciapiede



Figura 34 - Stesa di asfalto colato su marciapiede



Figura 35 - Spargimento di sabbia su marciapiede



4.2 Attrezzature, macchine, impianti

Camion con cisterna e mescolatore (bonza): utilizzato per il trasporto di asfalto colato dall'impianto di produzione al cantiere di stesa; il mezzo una volta giunto in cantiere viene parcheggiato e l'asfalto colato viene prelevato dalla parte posteriore con meccanismo a ghigliottina. La cisterna è riscaldata e dotata di mescolatore ai fini di mantenere la temperatura e le caratteristiche del conglomerato bituminoso (Figura 29-31).

Tagliasfalto a disco: attrezzo a lama rotante utilizzato per sezionare piccole porzioni di manto stradale in occasione di lavori che necessitano un interessamento parziale del piano stradale.

Carriola: utilizzata per trasportare l'asfalto colato dalla "bonza" alla sede di stesa (Figura 32 e 33).

Spatola: utilizzata per la stesa manuale di asfalto (Figura 34).

Pala: utilizzata per spargere sabbia al termine della stesa di asfalto colato (Figura 35).

4.3 Fattori di rischio

Agenti chimici e cancerogeni: è previsto l'utilizzo di sostanze o preparati attualmente non classificati come cancerogeni o pericolosi per l'uomo (emulsione bituminosa, conglomerato bituminoso), tuttavia i lavoratori possono venire a contatto con sostanze chimiche che si liberano proprio durante la lavorazione: gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), alcuni dei quali sono

riconosciuti come cancerogeni o pericolosi. Attualmente non è tecnicamente possibile la sostituzione di tali materie prime nel ciclo produttivo con altre meno pericolose e la lavorazione non è a ciclo chiuso. La metanalisi dei risultati di monitoraggio ambientale e della letteratura ha evidenziato livelli di IPA ben al di sotto di vari ordini di grandezza rispetto ai valori limite professionali e paragonabili a quelli riscontrabili in ambiente urbano. In particolare l'esposizione a benzo(a)pirene, inteso come tracciante degli IPA altobollenti cancerogeni, in alcune situazioni si è mostrato superiore al valore guida indicato in Italia per la popolazione generale (1 ng/m^3), ma ogni singolo caso è meritevole di appropriata valutazione: valore mediano di $1,7 \text{ ng/m}^3$, 5° percentile di $0,2 \text{ ng/m}^3$ e 95° percentile di $31,1 \text{ ng/m}^3$. Sono meritevoli di particolare attenzione le lavorazioni in ambienti chiusi o semi-chiusi (garage, gallerie, ecc.).

Agenti chimici - infortuni: l'asfalto colato è commercializzato a temperature superiori ai 200-250°C.

Agenti chimici - incendio/esplosione: il rischio di incendio non coinvolge direttamente il conglomerato bituminoso, che è da ritenersi fundamentalmente non combustibile. L'asfalto colato non è dotato di proprietà esplosive. Impianti di gas combustibile sono presenti per alimentare sistemi di riscaldamento (cisterne emulsione bituminosa). Nel complesso il rischio di incendio può essere considerato a livello basso o medio.

Utilizzo di macchine - infortuni: l'utilizzo di macchine a corpo rotante è marginale. Le macchine da lavoro nel cantiere sono per lo più parcheggiate.

Utilizzo di macchine - rumore: il rischio è marginale poiché generalmente non sono previste attività con macchinari in movimento. I livelli equivalenti riscontrati in area di cantiere variano da 60 a 80 dBA, durante l'uso di tagliasfalto a disco da 93 a 103 dBA. L'esposizione quotidiana dei lavoratori risulta compresa nella maggior parte dei casi tra 70 e 82 dBA.

Utilizzo di macchine - scuotimenti: il rischio si può presentare generalmente nella conduzione della "bonza". I valori di accelerazione ponderata in frequenza delle vibrazioni equivalente a 8 ore di lavoro $A(8)$ applicata alle moderne macchine oggi utilizzate sono in genere inferiori a $0,5 \text{ m/s}^2$.

Utilizzo di macchine - vibrazioni: il rischio si può presentare limitatamente ad alcune fasi lavorative specifiche che prevedono l'utilizzo di strumenti vibranti (tagliasfalto a disco), per altro dotati di accorgimenti progettuali atti a minimizzare la trasmissione delle vibrazioni al sistema mano-braccio dei lavoratori. I valori di accelerazione ponderata in frequenza delle vibrazioni equivalente a 8 ore di lavoro $A(8)$ applicata alle moderne macchine oggi utilizzate sono in genere inferiori a $2,5 \text{ m/s}^2$. In particolare i range del vettore massimo (A_{Wmax}) del valore quadratico medio dell'accelerazione ponderata in frequenza, riscontrabili utilizzando il tagliasfalto a disco sono di 2,2-4,3 m/s^2 .

Ambiente di lavoro - infortuni: costituiscono elementi di criticità la pavimentazione, le zone di passaggio, le aree di lavoro.

Ambiente di lavoro - microclima: le lavorazioni si svolgono sia in ambiente confinato (guida di mezzi con cabina) che in ambienti esterni (esposizione ad agenti atmosferici). I mezzi d'opera sono in genere dotati di impianto di climatizzazione o condizionamento. In particolare in estate ci si trova di fronte alla situazione più pericolosa: la combinazione delle temperature stagionali elevate, con la temperatura radiante e con l'intenso lavoro possono arrecare non solo *discomfort*, ma rischi per la salute più importanti.

Ambiente di lavoro - polvere: polverosità nell'aria si può presentare soprattutto durante l'uso del tagliASFALTO a disco e nella stesa di sabbia. Per quanto riguarda le fasi di stesa la metanalisi dei risultati di monitoraggio ambientale e della letteratura ha evidenziato livelli di polvere inalabile al di sotto di un ordine di grandezza rispetto ai valori limite professionali suggeriti da enti internazionali per polveri non altrimenti classificate: valore mediano 1,30 mg/m³, range 0,40-4,00 mg/m³.

Ambiente di lavoro - agenti biologici: durante le operazioni che si svolgono in ambiente esterno è possibile contatto in particolare con *Clostridium Tetani*, le cui spore sono ubiquitariamente diffuse nel suolo, nelle acque e nel pulviscolo atmosferico.

Ambiente di lavoro - radiazione solare ultravioletta: relativamente al lavoro all'aperto gli operatori sono esposti alla radiazione solare.

Ambiente di lavoro - punture di insetti: soprattutto relativamente al lavoro all'aperto gli operatori agiscono in campo aperto scarsamente urbanizzato, con possibilità di venire punti da insetti ed in particolare da imenotteri.

Movimentazione carichi manuale: la movimentazione di carichi manuale si presenta nell'ASFALTATORE nel trasporto dell'ASFALTO colato e sabbia con carriola, nell'utilizzo di pale e spatole; tali lavorazioni pur prevedendo periodi di pausa comportano un certo sovraccarico della colonna e del sistema mano-braccio.

Organizzazione del lavoro: le lavorazioni sono svolte con cadenze operative vincolanti, monotonia e ripetitività. In genere le operazioni vengono pianificate accuratamente il giorno precedente, evitando situazioni stressanti ed impreviste. Considerato il numero ridotto di personale impegnato nel singolo cantiere e l'affiatamento che in genere si instaura tra persone che lavorano a stretto contatto da tempo, non sembrano in genere evidenziarsi problemi di conflittualità interpersonale né tra i lavoratori, né con il datore di lavoro. Anche la presenza di nuovi assunti o di personale di nazionalità non italiana in genere non è fonte di conflitto, ma anzi il piccolo gruppo di lavoro e la cooperazione necessaria per il completamento dell'opera sono un forte stimolo alla rapida integrazione.

4.4 Danni attesi

Considerato l'utilizzo di macchine, l'ambiente di lavoro e la movimentazione meccanica di carichi sono attesi danni acuti conseguenti ad infortunio: urti, impatti, compressioni, cesoiamento e stritolamento, investimento di pedone, scivolamento, caduta a livello, caduta di gravi dall'alto.

La presenza di materiale ad alta temperatura rende possibile ipotizzare danni acuti da getti e schizzi con ustione conseguente.

Considerata la possibile esposizione ad agenti chimici irritanti sono ipotizzabili danni a carico dell'apparato respiratorio (particolare attenzione alle polveri durante alcune fasi lavorative).

Considerata la possibile esposizione ad agenti cancerogeni chimici (IPA) e fisici (radiazione solare UV) è ipotizzabile l'insorgenza di tumori con probabilità paragonabile o meno alla popolazione generale secondo le singole situazioni.

Considerato l'utilizzo di macchine con produzione di rumore sono ipotizzabili danni a carico dell'apparato uditivo con probabilità variabile secondo le singole situazioni.

Considerato l'utilizzo di macchine e attrezzature che comportano la presenza di scuotimenti e vibrazioni nonché la presenza di movimentazione manuale di carichi, sono ipotizzabili danni a carico dell'apparato muscolo-scheletrico con probabilità variabile secondo le singole situazioni.

Considerato che l'attività è svolta in condizioni microclimatiche non agevoli e con impegno fisico notevole, è ipotizzabile il concretizzarsi di situazioni che vadano oltre il discomfort.

Considerate le caratteristiche dall'ambiente di lavoro (microclima, macroclima, radiazione solare, punture di insetti), sono ipotizzabili episodi di colpi di sole, colpi di calore, prostrazione da calore, nonché l'occorrenza di punture di insetti con possibili reazioni allergiche.

I ritmi di lavoro imposti potrebbero portare a situazioni di scompenso, accompagnate eventualmente da possibili manifestazioni somatiche da stress.

4.5 Interventi

- Per quanto riguarda in particolare gli attrezzi e mezzi d'opera sono indicate le seguenti misure generali di prevenzione: possedere i requisiti di sicurezza stabiliti dalla Comunità Europea (marchio "CE"); essere dotati di idonei sistemi che impediscono l'accesso a organi mobili se non in condizioni di sicurezza; avere motori manovrabili nella messa in moto e nell'arresto con facilità e sicurezza (comandi chiaramente visibili, identificabili ed ergonomici) e dotati di dispositivi contro l'avvio accidentale; essere provvisti di involucri o schermi protettivi, atti a trattenere elementi proiettati durante il funzionamento; essere sottoposti a regolare e periodica manutenzione; essere sottoposti a controlli di sicurezza preliminari prima di ogni turno lavorativo (cavi, freni, luci, ecc.); essere dotati di sistemi visivi e acustici appropriati per la segnalazione dei movimenti, anche in situazioni di scarsa

- visibilità del conducente (un utile ausilio in questo senso può essere dato anche dall'utilizzo di sistemi di comunicazione locali via radio); essere acquistati privilegiando la minore emissione di rumore, vibrazioni e scuotimenti; essere dotati di cabine ergonomiche, climatizzate o condizionate e con sedili dotati di sistemi di ammortizzamento.
- Durante le fasi di stesa del colato su marciapiedi dotare le "bonze" di bocche di scarico a ghigliottina (comandate a distanza con leve di lunghezza adeguata) ed evitare il completo riempimento delle carriole per il trasporto della massa fusa.
 - Durante la stesa di asfalto cercare di lavorare sopravvento.
 - Appena steso il colato sul marciapiede e sparsa la sabbia provvedere a spargere acqua per raffreddare rapidamente la superficie.
 - Nelle lavorazioni entro ambienti chiusi (gallerie, ecc.) utilizzare opportuni sistemi di estrazione (aspirazione) oppure di diluizione dell'aria (ventilazione forzata).
 - Tenere a disposizione nelle immediate vicinanze delle zone di lavoro estintori portatili in numero sufficiente.
 - Allestire il cantiere studiando una via di accesso, un percorso ed una via di uscita percorribili senza dover eseguire manovre pericolose con mezzi (compresa la retromarcia).
 - Chiudere al traffico della normale viabilità l'area di lavoro; se non fosse possibile prevedere opportuni mezzi di separazione e protezione dal traffico veicolare (segnaletica, barriere in calcestruzzo o plastica riempita di acqua tipo New Jersey, ecc.).
 - Coordinare il lavoro con le altre ditte appaltatrici eventualmente presenti nello stesso cantiere (rumore, carichi sospesi, ecc.).
 - Regolamentare l'accesso al cantiere.
 - Assicurare un'illuminazione adeguata all'area di lavoro.
 - Utilizzare attrezzi per la stesa manuale in buono stato di conservazione (lame non piegate, ecc.), maneggevoli e adatti al lavoro da eseguire (pale con lama in lega di alluminio e manici in legno leggero).
 - Spingere la carriola durante la stesa di asfalto colato su marciapiede evitando di inarcare la schiena all'indietro e facendo invece leva sulle gambe con la schiena dritta.
 - Tenere ordinate le aree di lavoro e di stoccaggio transitorio dei materiali.
 - Procedere ad un'accurata pianificazione giornaliera e settimanale della attività, che tenga in considerazione l'impegno fisico richiesto e le cadenze operative vincolanti, provvedendo ad una adeguata distribuzione dei compiti lavorativi.
 - Mettere a disposizione dei lavoratori idonei ambienti di ristoro riparati, freschi o riscaldati, in base alle diverse situazioni climatiche.
 - Mettere a disposizione dei lavoratori servizi igienici in numero sufficiente, dotati di lavabi con acqua calda e fredda, mezzi detergenti e per asciugarsi.

- Non mangiare cibi e bevande e non fumare durante la stesa di conglomerato bituminoso.
- Organizzare l'orario di lavoro, ove possibile, in maniera tale da ridurre l'esposizione ai raggi ultravioletti durante le ore della giornata in cui sono più intensi (12.00 - 14.00).
- Assicurare ai lavoratori la disponibilità presso la sede aziendale di spogliatoi appropriati ed adeguati, nonché di armadietti individuali a doppio scomparto (separare indumenti privati e di lavoro), programmando periodica pulizia ed eventuale sostituzione.
- Equipaggiare i lavoratori con idonei Dispositivi di Protezione Individuale (DPI) quali: indumenti protettivi (tute da lavoro complete, oppure pantaloni lunghi con maglietta o camicia a maniche lunghe), che devono assicurare una idonea protezione dagli agenti atmosferici (abbinare un giubbotto); calzature antinfortunistiche con suola antiscivolo; guanti resistenti al calore; indumenti ad alta visibilità quando la stesa avviene in prossimità di traffico veicolare; cappello a tesa larga durante la stesa in presenza di sole; occhiali anti-UV durante la stesa in presenza di sole; facciale filtrante antipolvere di classe 2 con filtro in carbone attivo (FFP2SL) durante la stesa di asfalto in particolari condizioni (gallerie, sottopassi, ecc.); protezione auricolare nei lavoratori secondo livello di esposizione giornaliera; prodotti antisolarari con filtri UVA-UVB (fattore di protezione solare almeno 20 ed adeguato al fototipo) durante la stesa in presenza di sole.
- Controllare ed eventualmente implementare stato di copertura vaccinale antitetanica.
- Attuare formazione.
- Cercare di stimolare l'affiatamento degli operai, che si trovano a stretto contatto per tutta la giornata, smorzando sul nascere eventuali problemi di conflittualità interpersonale.
- Favorire l'inserimento di nuovo personale, specialmente se di nazionalità non italiana, mediante l'affiancamento di un tutor.
- La sorveglianza sanitaria eseguita in maniera mirata è un utile ausilio soprattutto per escludere condizioni di ipersuscettibilità che potrebbero predisporre a danni per la salute, nonché per monitorare condizioni di rischio con il monitoraggio biologico.

4.6 Appalto a ditta esterna

Non sono previste attività in appalto a ditta esterna.

4.7 Riferimenti legislativi

D.Lgs. 9 aprile 2008 n. 81 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n.123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro" e successive modifiche ed integrazioni.

4.8 Rischio esterno

Sono possibili interferenze con altre lavorazioni qualora si operi in cantiere di opere civili od edili articolato.

Non è da dimenticare che i lavoratori addetti alla stesura di asfalto, qualora non operino in zone chiuse al traffico, possono correre anche il rischio di rimanere vittime di incidenti stradali causati dai veicoli di passaggio, rischio che risulta superiore laddove i conducenti non rispettino i segnali di avvertenza per lavori in corso, i limiti di velocità, le deviazioni o la segnaletica di controllo del traffico. Una buona pianificazione e progettazione del cantiere deve prestare notevole riguardo a questo aspetto, considerate le gravissime conseguenze, e deve sicuramente fare riferimento alle precise indicazioni presenti nel Codice della Strada.

Bibliografia

AAVV. Atti del Convegno "Salute e sicurezza nelle opere di asfaltatura", Milano, 28 ottobre 2004. Milano: Ed ASLE; 2004.

AAVV. Vademecum per il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori nelle opere di asfaltatura. Regione Lombardia; 2006.

Agazzi M, Ariano E, Astori D, Bonelli G, Cantoni S, Cirila PE, De Michele E, Filipponi A, Foà V, Joli A, Mariani LM, Martinotti I, Prandi E, Roderi G, Zito E. Il cantiere stradale: salute e sicurezza nelle opere di asfaltatura (a cura di Cirila PE). Borgone Susa: Ed ASLE; 2004.

Beeck R, Hermans V. Work-related Low Back Disorders. Ed. European Agency for Safety and Health at Work. Lussemburgo: 2000.

Bianco P, Anzelmo V, Lista A, Di Stefano C, Cristiano A, Mercuri MA. Tetano e ambiente di lavoro: dati INAIL 1987-1995. *Acta Medica Mediterranea*; 1997; 13:683-685.

Boffetta P, Burstyn I. Cancer mortality among european asphalt workers: selected papers from a study of cancer risk in the european asphalt industry coordinated by the International Agency for Research on Cancer. *American Journal of Industrial Medicine*; 2003;43.

Bolis B, Di Renzo A. Pavimentazioni stradali. Milano: Ed Ulrico Hoepli; 1949.

Buratti M, Campo L, Fustinoni S, Valla C, Martinotti I, Cirila PE, Cavallo D, Foà V. Application of ultraviolet spectrophotometry to estimate occupational exposure to airborne polyaromatic compounds in asphalt pavers. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*; 2007; 4:412-419.

Buratti M, Campo L, Fustinoni S, Cirila PE, Martinotti I, Cavallo D, Foà V. Urinary hydroxylated metabolites of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons as biomarkers of exposure in asphalt workers. *Biomarkers*; 2007; 12(3):221-239

Burstyn I, Boffetta P, Jarvholm B, Partanen T, Svane O, Langard S, Kauppinen T, Stucker I, Shaham J, Heederik D, Ahrens W, Bergdahl I, Cenée S, Hooiveld M, Randem BG, Johansen C,

Ferro G, Kromhout H. Risk of fatal industrial accidents and death from other external causes among asphalt workers. *Occupational and environmental medicine*; 2004; 61:86-88.

Buscema G. *La pratica delle moderne pavimentazioni stradali*. Milano: Ed Ulrico Hoepli; 1952.

Campo L, Addario L, Buratti M, Scibetta L, Longhi O, Valla C, Cirila PE, Martinotti I, Foà V, Fustinoni S. Biological monitoring of exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons by determination of unmetabolized compounds in urine. *Toxicology Letters*; 2006; 162:132-138.

Campo L, Buratti M, Fustinoni S, Cirila PE, Martinotti I, Longhi O, Cavallo D, Foà V. Evaluation of Exposure to PAHs in Asphalt Workers by Environmental and Biological Monitoring. *Annals of the New York Academy of Sciences*; 2006; 1076:405-420.

Cirila PE, Martinotti I e Gruppo PPTP-POPA. *Salute e Sicurezza: Opere di asfaltatura* (a cura di Cirila PE e Martinotti I). Milano: Ed INAIL; 2004.

Cirila PE, Martinotti I. Rischi per la salute e la sicurezza nelle opere di asfaltatura: focus sull'esposizione ad idrocarburi policiclici aromatici (IPA). *Rassegna del bitume*; 2005; 49:33-38.

Cirila PE, Martinotti I, Buratti M, Fustinoni S, Zito E, Prandi E, Longhi O, Cavallo D, Foà V. Assessment of Exposure to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) in Italian Asphalt Workers. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*; 2007; 4(S1):87-99.

Cirila PE, Martinotti I, Zito E, Prandi E, Buratti M, Longhi O, Fustinoni S, Cavallo D, Ariano E, Cantoni S, Foà V. Valutazione dell'esposizione a composti organici aromatici e IPA nelle opere di asfaltatura: i risultati dello Studio PPTP-POPA. *Giornale Italiano di Medicina del Lavoro ed Ergonomia*; 2005; 27(3):299-303.

CONCAWE. *Bitumens and Bitumen Derivates (Product dossier 92/104)*. Brussels: Concawe's Petroleum Products and Health Management Groups; 1992.

Discacciati M, Filippucci G. *Le strade: progettazione, costruzione, manutenzione*. Roma: Ed La Nuova Italia Scientifica; 1995.

Martinotti I, Cirila PE, Zito E, Prandi E, Buratti M, Longhi O, Fustinoni S, Cavallo D, Ariano E, Cantoni S, Foà V. Valutazione dell'esposizione a composti organici aromatici e IPA nelle opere di

asfaltatura mediante lo studio della contaminazione cutanea. Atti Congresso Nazionale SIMLII 2005; Parma: 2005.

Minoia C, Magnaghi S, Micoli G, Fiorentino ML, Turci R, Angeleri S, Berri A. Determination of environmental reference concentration of six PAHs in urban areas (Pavia, Italy). *Science of the Total Environment*; 1997; 198:33-41.

National Institute for Occupational Safety and Health. Asphalt fume exposures during the manufacture of asphalt roofing products: current practices for reducing exposure. Ed. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention DHHS (NIOSH) Publication No. 2001-127, Cincinnati; 2001.

Occhipinti E, Colombini D, Cantoni S, Menoni O, Grillo S, Molteni G, Grieco A. Alterazioni del rachide nei conducenti di automezzi pesanti. *Medicina del Lavoro*; 1986; 77: 280-292.

Petrini N. L'impiego delle fibre nella fotoprotezione. Atti del Forum Internazionale Tessile e Salute Biella 17-19 gennaio 2001: 100-102.

Szaniszlò J, Ungvary G. Polycyclic aromatic hydrocarbon exposure and burden of outdoor workers in Budapest. *Journal of Toxicology and Environmental Health*; 2001; 62:297-306.

Watts RR, Wallingford KM, Williams RW, House DE, Lewtas F. Airborne exposure to PAH and PM2.5 particles for road paving workers applying conventional asphalt and crumb rubber modified asphalt. *Journal of Exposure, Analysis and Environmental Epidemiology*; 1998; 8:213-229.

Zardini M. *Asfalto: il carattere della città*. Milano: 2003.

The Asphalt Institute USA. *Il manuale del bitumen*. Traduzione del testo: *The Asphalt Handbook, Manual Series n. 4* (a cura di Shell Italiana SpA); Milano: 1965.

