

■ Immobiliare Centro Nord S.p.A., 37050 Belfiore (VR), Italie

Technologie innovante dédiée à la fabrication de planchers préfabriqués en béton précontraint

Le seul site de production offrant la fabrication et la découpe de planchers préfabriqués en béton précontraint avec des épaisseurs comprises entre 160 et 1200 mm: nous parlons de l'usine de

fabrication innovante du groupe «Gruppo Centro Nord» située près de Vérone en Italie, dont le site d'exploitation couvre 90 000 mètres carrés.

Dès la mise en service en septembre 2003, le nouveau site de production atteignait en moins d'un mois, dans un premier temps, la capacité de production requise d'environ 1400 mètres carrés par jour, permettant de faire face à la demande du marché (1050 mètres carrés de planchers préfabriqués standard en béton précontraint et 350 mètres carrés en grande dimension). Pour atteindre la capacité finale prévue, il suffira d'installer un deuxième mélangeur et un convoyeur à bennes, tous deux figurant d'ores et déjà sur les plans de l'usine.

Les innovations principales introduites sur le site de production comprennent toute une série d'aspects technologiques, productifs et écologiques:

- fabrication de planchers préfabriqués en béton précontraint et de poutres d'épaisseurs allant jusqu'à 1000 mm
- Tôles d'assise en acier mobiles
- Poste de découpe fixe équipé de scies doubles

- Système de précontrainte, système de filage, système de prédécoupe et nouveau système de précontrainte à commande
- Système d'évacuation, de recyclage et de traitement des eaux résiduaires

En comparaison avec les usines traditionnelles, l'étape la plus importante en matière de qualité réside dans la variété des innovations intégrées dans le cycle de fabrication: les étapes de fabrication menées jusqu'ici en parallèle et sur l'ensemble de la zone, sont à présent disposées à d'autres endroits.

Il en résulte des économies de coûts remarquables en ce qui concerne les coûts de main-d'œuvre et des avantages en matière d'écologie et de santé, une diminution des coûts de nettoyage due au fait que les étapes de fabrication «sales» se déroulent dans des zones limitées, alors que, jusqu'ici, toute l'usine devait être nettoyée. Tous les processus sont de plus entièrement automatisés.



La hauteur des éléments fabriqués peut s'élever jusqu'à 1000 mm

Produits

Les planchers préfabriqués en béton précontraint traditionnels ont, comme chacun sait, une épaisseur comprise entre 16 et 50 cm. Le déroulement de la production nécessaire requiert la fabrication de six bancs de précontrainte (soit plus de 1000 m²/jour).

Les grands éléments FORAP, PAV et MAGNUM, dont les épaisseurs varient entre 60 et 100 cm, sont utilisés comme éléments de ponts avec des portées de 14 à 24 mètres pour des charges lourdes et pour la construction de routes (viaducs et tunnels artificiels), pour les bâtiments industriels et pour les ouvrages de construction souterrains (par ex. garages souterrains et infrastructures de travaux publics). Ces éléments sont fabriqués avec une nouvelle machine à coffrage glissant pour planchers préfabriqués en



La nouvelle usine de la société Immobiliare Gruppo Nord S.p.A.

béton précontraint spéciaux d'une épaisseur de 1000 mm, qui a été livrée par Nordimpianti.

Les éléments FORAP sont rectangulaires et sont caractérisés par trois grands évidements, pour des raisons d'économie de poids. Ces évidements leur confèrent une plus grande flexibilité en cas de charges importantes. Ces planchers sont fréquemment utilisés dans les travaux publics.

Les poutres en T tournées PAV pour ponts et viaducs sont, depuis de nombreuses années, la spécialité de Gruppo Centro Nord dans le secteur de la construction de routes.

Les éléments MAGNUM sont caractérisés par une zone de petite dimension en «U» qui est précontrainte. Sur la partie supérieure, cette zone est fermée par une plaque d'acier ondulée facilitant la mise en oeuvre de béton coulé sur place. Ceci permet d'obtenir des portées allant jusqu'à 18 m pour un poids propre réduit, sans toutefois permettre des charges de service trop importantes. Ces éléments trouvent par exemple une application idéale dans la construction de grands centres commerciaux et de parcs de stationnement à plusieurs étages.

Entretemps, la société fabrique ces éléments avec des épaisseurs pouvant s'élever jusqu'à un mètre et avec une précontrainte plus importante, ce qui a augmenté sensiblement leur performance et les a rendus beaucoup plus intéressants d'un point de vue économique.

Deux de ces bancs d'éléments sont produits par jour, ce qui correspond à un volume d'environ 350 m³/jour, soit 40% de la production totale en termes de chiffre d'affaires – un excellent exemple de la rentabilité élevée du produit.

La gamme de produits décrite ci-dessus nécessite un volume de béton quotidien moyen de 240 à 260 m³, de classe R 60 MPa.

Déplacement en longueur des produits à l'aide de tôles d'assise mobiles

D'une longueur de 350 mètres, le bâtiment est divisé en deux sections dédiées à des phases de fabrication différentes.



La halle de 350 m de long est divisée en zone de fabrication (au premier plan, sur la photo) et en zone de séchage (arrière-plan)

Dans la première section, sont installées sept lignes de fabrication d'une longueur de 150 mètres. Aux extrémités se trouvent des massifs d'ancrage pour membrures de précontrainte, conçus chacun pour supporter des efforts de traction pouvant aller jusqu'à 500 tonnes. La deuxième section du bâtiment est équipée de sept lignes de durcissement d'une longueur de 150 mètres également et conçues en fonction des lignes de fabrication.

La tôle d'assise mobile et le dispositif spécial de séparation qui sépare la tôle de la ligne de fabrication des produits, constituent le coeur de l'installation et sont protégés par des brevets internationaux qui sont la propriété de la société Gruppo Centro Nord.

Les opérations de séparation, de fabrication et de découpe ainsi que la réutilisation rapide des lignes de précontrainte permettent deux cycles de production par jour et par banc. Ces opérations qui sont normalement exécutées parallèlement à un seul et même endroit dans le hall de production, sont à présent réalisées à différents endroits.

Cette façon de procéder permet des économies substantielles de coûts de main d'oeuvre, offre des avantages écologiques ainsi qu'une réduction des coûts de nettoyage en raison de la concentration

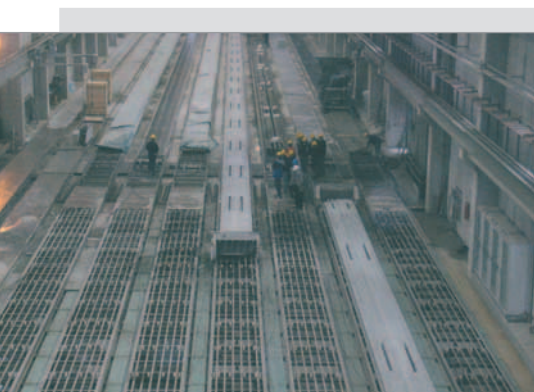
des procédés de fabrication «sales» sur des zones limitées, alors que, jusqu'ici, l'installation devait toujours être nettoyée complètement.

L'idée de base consiste à séparer la ligne de fabrication fixe traditionnelle de la zone supérieure, c'est-à-dire de la tôle d'assise. Celle-ci est posée sur le banc pendant le déroulement du procédé de fabrication mais peut être soulevée de la ligne et déplacée longitudinalement à l'aide d'une multitude de roues.

Les essieux équipés de ces roues, qui transportent la tôle d'assise avec le produit fraîchement bétonné, peuvent être soulevés en même temps de quelques centimètres à l'aide de petits vérins oléodynamiques. Les essieux du banc de durcissement sont par contre fixes. Ils sont équipés de roues revêtues sur lesquelles l'élément en béton est poussé sans risque d'endommagement.



Dr. Eng. Giorgio Della Bella, né à Milan en 1939. Diplôme d'ingénieur en bâtiment de l'Ecole polytechnique de Milan (Politecnico di Milano) en 1965. Directeur technique général de «Gruppo Centro Nord», en Italie. Président de l'association «Assap» (Association internationale des fabricants de planchers creux préfabriqués) depuis 1981



Chaque monolithe d'une largeur de 1,2 mètres et d'une longueur d'environ 150 mètres est fabriqué sur la tôle d'assise qui est composée de plusieurs tôles assemblées et soudées les unes aux autres.

Les sept tôles d'assise sont mobiles et se déplacent en va-et-vient sur un axe longitudinal vers les lignes de durcissement. Pendant la fabrication, la tôle d'assise se trouve sur la ligne de fabrication et y reste jusqu'à ce que le béton ait atteint un minimum de la résistance requise pour le détachement des aciers de précontraintes.

La tôles d'assise et l'élément en béton tout juste durci sont ensuite transportés de la ligne de fabrication vers la ligne de durcissement, en passant par le dispositif de cintrage situé entre ces deux postes. La fonction de ce dispositif de cintrage est de séparer la tôle d'assise de l'élément en béton en pliant progressivement la plaque vers le bas et lui permettre de glisser sur un plan horizontal en dessous du banc de durcissement.

Dès que l'élément en béton a été transféré à la zone de durcissement, la tôle d'assise vide retourne à la ligne de fabrication en repassant par le dispositif de cintrage.

Cette méthode de transfert permet d'enlever rapidement l'élément de la ligne de fabrication, afin de libérer celle-ci dans les plus brefs délais possibles pour un nouveau cycle de fabrication. On obtient ainsi également un haut degré de flexibili-

La partie supérieure des photos montre la fabrication des produits qui ont une longueur totale de 150 m. Dès que la résistance requise est atteinte, un «élément préfabriqué» complet de 150 m de long est poussé sur la ligne de durcissement. Ce faisant, la tôle d'assise est détachée du béton par un léger cintrage et poussée sous (!) la ligne de durcissement. Dès que la ligne complète de 150 m de long est parvenue dans la zone de durcissement, la tôle d'assise métallique est remplacée sur la ligne de fabrication. De cette façon, on peut poursuivre immédiatement avec la fabrication de la prochaine ligne

té pendant le processus de fabrication en séparant les opérations de séparation, de durcissement et de découpe.

L'élément complet peut demeurer sur la ligne de durcissement avant d'être découpé en plaques. Cette méthode offre deux avantages: d'une part, elle permet d'exécuter quotidiennement deux cycles de fabrication sur chacun des sept bancs; d'autre part, la découpe des éléments et la mise en oeuvre de la précontrainte sur chacune des plaques peut être reportée jusqu'au moment où le béton a atteint un degré favorable de dureté et de résistance.

On réduit ainsi au minimum les surhaussements différents fréquemment observés dans le cas de planchers préfabriqués en béton précontraint juxtaposés.

Les résultats obtenus avec cette installation ont largement dépassé les attentes. Il est intéressant de constater la surprise et l'admiration dont font preuve les visiteurs de l'usine en observant le déroulement du procédé de fabrication, étant donné qu'aucune installation, ne serait-ce qu'à peine comparable, n'a encore jamais été utilisée pour la fabrication d'éléments préfabriqués en béton.

Machine de positionnement des éléments longs pour l'opération de découpe

Lorsque le béton a complètement durci sur la ligne de durcissement, l'élément qui possède une longueur de 150 mètres doit être transporté d'une pièce dans le sens de la longueur pour être ensuite découpé en pièces. L'opération de découpe est exécutée sur un poste fixe de découpe.

Des lignes de tronçonnage transversales ou inclinées peuvent être utilisées à cet effet pour l'obtention des plaques. L'élément long doit être déplacé avec la plus grande précaution pour que la ligne de coupe soit disposée avec la plus grande précision en fonction du disque diamanté de la découpeuse.

Pendant la phase de planification, cette opération a posé un problème important étant donné qu'il n'existait jusqu'ici aucun cas de référence de ce type dans aucun secteur, dans le cadre duquel des masses de 100 à 150 tonnes avaient été dépla-

cées pour un positionnement avec une tolérance de précision de seulement ± 10 mm.

Le déplacement de l'élément est à présent exécuté par une machine de positionnement spéciale et ce système fonctionne à merveille.

C'est avec une précision et une facilité extraordinaire que la machine de positionnement accélère, ralentit et stoppe les éléments qui pèsent en partie 150 tonnes à l'aide de pneumatiques à commande hydraulique. Sa conception prévoit une exploitation en mode automatique avec un dispositif de détection optique des lignes de coupe.

Poste de découpage avec coupe de bas en haut

L'installation de découpe isolée se trouve dans la dernière section du bâtiment, derrière le poste de durcissement. C'est à cet endroit que les longs monolithes de béton sont découpés dans les dimensions de plaques souhaitées. Ils sont acheminés au

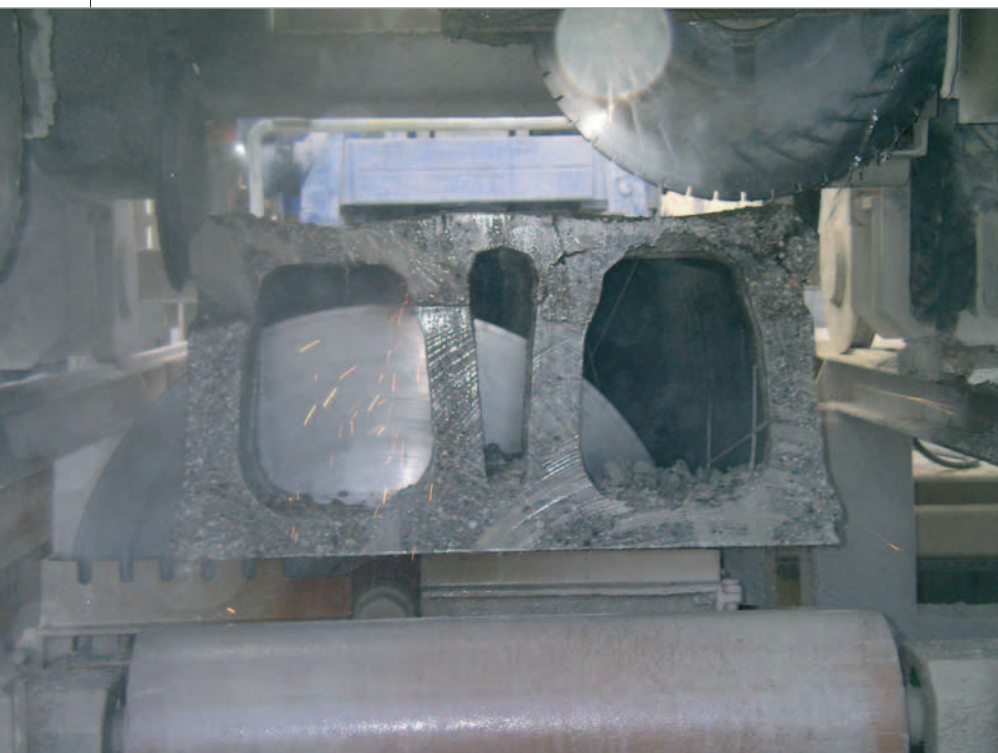


Une machine spéciale garantit un positionnement optimum des éléments pour leur découpe.

pas de la ligne de durcissement au poste de découpage.

Dans les usines traditionnelles, la découpeuse au diamant se déplace sur la

longueur totale de l'élément durci sur la ligne de fabrication et le découpe en morceaux. Cette méthode produit de nombreux déchets, de la poussière et des nuisances sonores. ►



Cette méthode de découpe innovante a seulement été rendue possible par le fait que l'élément à découper est transporté sur roulettes du banc de durcissement vers le poste de découpe. Dans les usines traditionnelles, une coupe exécutée de bas en haut est impossible.

Le poste de découpe est conçu de façon à pouvoir installer ultérieurement deux autres découpeuses, l'une servant à la coupe longitudinale de haut en bas et l'autre étant d'exécution spéciale et destinée à couper les extrémités des plaques de façon à former des articulations de Gerber pour joints de plaques.

Pose des membrures de précontrainte

L'insertion des membrures de précontrainte est exécutée au moyen d'un système spécial composé d'un faisceau de simples tubes de zinc qui se trouvent sous les lignes de durcissement et dont la longueur correspond à l'intervalle compris entre les deux têtes des massifs d'ancrage des membrures de précontrainte.

Une machine d'insertion de membrures de précontrainte traditionnelle est amenée à l'une des extrémités du faisceau de tubes pendant que l'autre se trouve à la tête du massif d'ancrage.

Le poste de découpe est équipé de deux scies à lames circulaires permettant un tronçonnage par le haut ou par le bas

Les plaques découpées doivent être enlevées par un dispositif de levage pour libérer la ligne de fabrication. Dans le cas de la nouvelle installation, les découpeuses travaillent cependant dans une zone propre séparée, spécialement réservée à cet effet. Les plaques sont transportées sur des roulettes sur une aire de stockage extérieure après avoir été découpées. De cette manière, toute opération supplémentaire de levage est exclue.

Il faut considérer que le diamètre du disque diamanté doit normalement être le triple de l'épaisseur de l'élément à découper. Un élément d'une épaisseur, par exemple, de 600 mm requiert donc un disque d'un diamètre de 1,7 m, alors qu'un élément d'une épaisseur de 1000 mm nécessiterait même un disque d'un diamètre de 2,8 m. Voilà une entreprise impossible à réaliser si l'on considère les coûts générés par les disques diamantés nécessaires et la taille requises du dispositif de découpe.

Étant donné que la nouvelle usine était prévue pour la fabrication de plaques d'une dimension s'élevant jusqu'à 1200 mm, les coupes devaient être réalisées par deux disques diamantés, le premier disque tronçonnant l'élément en partant du haut et jusqu'au milieu et l'autre dis-

que, en partant du bas jusqu'à la moitié. Il a fallu s'équiper à cet effet d'une nouvelle découpeuse capable d'exécuter ces coupes. Le système a été conçu et fabriqué par Nordimpianti. De cette manière les tailles des disques et les coûts ont pu être maintenus dans des limites acceptables.



Sous la ligne de durcissement attendent des câbles de précontrainte préparés et déjà coupés à la bonne longueur. Le moment venu, il n'y a plus qu'à les tirer des tubes de zinc pour les mettre sur la ligne de fabrication. Les problèmes qui peuvent survenir lors du prélèvement des câbles de précontrainte à partir d'une bobine sont ainsi éliminés. Dès qu'un câble est nécessaire et que le tube de zinc est vide, il est rempli aussitôt rempli avec un câble coupé à la bonne longueur, ce qui permet de disposer en permanence des câbles de précontrainte requis

Les membrures de précontrainte sont introduites dans la machine et poussées à travers les tubes jusqu'à ce que leurs extrémités ressortent de l'autre côté du tube. Si nécessaire, une machine de pose traditionnelle tire les fils des tubes de zinc sur la ligne de fabrication opposée. Etant donné que les fils sont pré-coupés à la longueur

être posés et précontraints sur la ligne de fabrication.

Opération de précontrainte et système de contrôle

L'installation de précontrainte des membrures constitue une autre innovation. Ce

rations de précontrainte sont ensuite exécutées avec une extrême précision et une grande fiabilité. La précontrainte des membrures qui se trouvent sur le banc a lieu simultanément. L'ordinateur pilote responsable du contrôle enregistre toutes les opérations et les compare à l'aide de calculs statistiques aux critères de l'ordre en cours d'exécution.

Chaque massif d'ancrage des membrures situé à l'extrémité des lignes de fabrication est équipé de dispositifs spéciaux qui ajustent la contrainte de l'acier pendant la durée totale du processus de durcissement. A la fin du cycle, les membrures se détachent lentement et simultanément aux deux extrémités de la ligne de fabrication. La pression de l'huile fait l'objet d'une surveillance constante via le pupitre de commande. Un ordinateur enregistre chaque divergence survenant pendant l'opération et édite ensuite une courbe qui reproduit la contrainte de l'acier sur chaque banc de fabrication pendant la durée totale du traitement thermique.

L'ordinateur enregistre dans le même intervalle de temps la température du béton. C'est ainsi la première fois qu'un mesurage visant à obtenir une analyse globale des contraintes de l'armature parallèle-



L'unité de précontrainte mobile possède une force de traction pouvant s'élever jusqu'à 500 t

requise et disposés dans les tubes de manière absolument rectiligne, ils peuvent être très rapidement tirés sur les lignes de fabrication. Dès qu'un tube de zinc est vide, une machine spéciale pousse le fil suivant de diamètre et de longueur correspondants dans le tube.

Ceci permet de disposer en permanence de fils de diamètres différents et positionnés correctement dans les tubes, prêts à

dispositif est extrêmement fonctionnel: il est constitué d'une paire de grands vérins oléodynamiques montés sur une unité sophistiquée qui peut se déplacer latéralement, derrière les lignes de fabrication. L'unité est déplacée transversalement au moyen d'une télécommande pour être positionnée exactement derrière les sept lignes de fabrication.

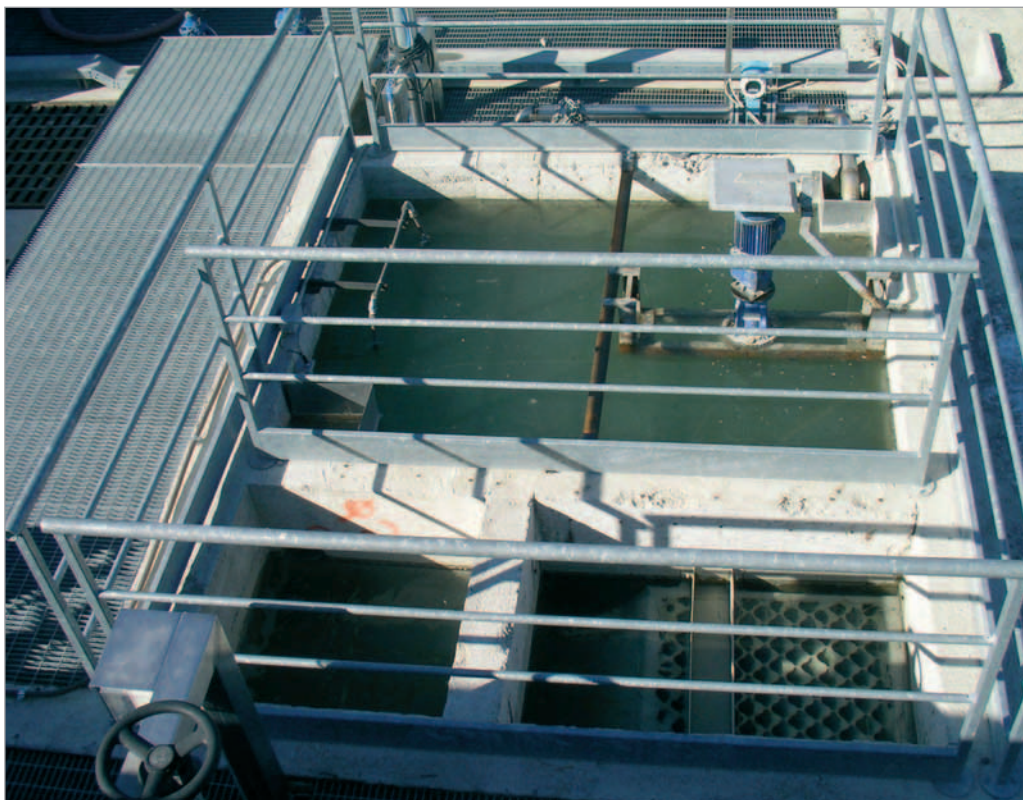
Télécommandées par l'opérateur, les opé-



La tour de mélange de Simem...



... et le malaxeur de Skako forment une entité optimale



ICN a attaché une importance particulière au traitement de l'eau

ment au cycle thermique, est possible pour du béton armé durci par adduction de chaleur. Les courbes fournissent également des données relatives au temps et à l'importance du retrait du béton au cours de la phase de durcissement.

Mélange de béton

La tour de mélange du béton entièrement automatisée est issue de la collaboration entre la société italienne Simem et la société danoise Skako.

Simem a livré la structure métallique de la tour d'une hauteur de plus de 30 m. Elle a également fourni le système de convoyage et d'alimentation des agrégats, le silo à ciment et le distributeur de ciment.

En collaboration avec Skako, Simem a développé et livré également les trémies de remplissage du malaxeur et le convoyeur à bennes servant à la réception du mélange de béton et au remplissage des trémies secondaires, et installé sur un chariot de grue à portique spécial.

Skako a livré et installé le système de mesure des agrégats, un malaxeur Apollo de la nouvelle génération, de 2 mètres cubes, les systèmes électriques, électroniques et informatiques de mesure des agrégats et la commande entièrement automatisée de la centrale de malaxage

complète, du déchargement des wagons de transport au remplissage des machines à coffrage glissant ou de l'extrudeuse. Le résultat obtenu est un mélange de béton parfait. Un malaxeur supplémentaire est prévu dans l'installation finale.

Les opérations de dosage sont télécommandées par l'opérateur. La salle de contrôle n'est donc utilisée que pour modifier la proportion du dosage ou pour intervenir lorsqu'un silo à ciment ou à agrégats est vide.

Recyclage de l'eau

Lors de la conception de l'installation, une importance particulière a été accordée aux conditions de travail et à la qualité. L'eau et la boue produites par les unités de fabrication, dans les canalisations latérales et à l'extrémité des lignes de fabrication de même que dans la zone de lavage sont recyclées et réutilisées. Ce faisant, les agrégats salis et propres sont séparés.

L'eau de pluie est collectée dans toutes les zones de stockage et acheminée dans une canalisation de grande dimension, située transversalement sous la terre et conduisant à un réservoir de stockage. Cette canalisation possède une longueur de 170 m, une largeur de 5 m et une hauteur de 3 m et peut stocker d'importantes

quantités d'eau de pluie. Les résidus d'huile sont éliminés de l'eau qui subit un processus de neutralisation, de séparation et d'épuration pour être ensuite réutilisée dans l'installation ou évacuée dans une canalisation située près de l'usine, pour servir à l'approvisionnement en eau d'exploitations agricoles.

Conclusions

Le succès d'exploitation des différentes installations du nouveau site de production décrit ci-dessus est confirmé par le succès économique qui a néanmoins nécessité des investissements énormes.

Une exploitation rentable de l'installation à un très haut niveau s'avère sans aucun doute possible, même dans une situation extrêmement concurrentielle.

Autres informations:

Immobiliare Centro Nord S.p.A.
Via Castelletto, 5
37050 Belfiore (VR), ITALIE
T +39 045 6149279
F +39 045 6149275
icn@gruppocentronord.it
www.gruppocentronord.it