

UDK 553.622:669(497.12)=863

Kremenov pesek in prod Goriškega Prekmurja

Quartz sand and gravel from Goriško Prekmurje

Karel Ciglar

Geološki zavod Ljubljana, Parmova 37, 61000 Ljubljana

Štefan Filipič

Proizvodnja kremenčevega peska Puconci, 69201 Puconci

Kratka vsebina

V Goriškem Prekmurju so poznana večja ležišča kremenovega peska in proda, nastala v zgornjem pliocenu. Kremenov prod in pesek gradita vrhove gričevja, v debelini okrog 30 m. Manjša sekundarna nahajališča pa leže v pleistocenski terasi, ki se razteza od zahoda proti vzhodu in je dolga 20 km ter široka 0,5 do 2,5 km.

Pesek in prod uporabljajo v industriji, pri čiščenju voda in v gradbeništvu.

Abstract

In Goriško Prekmurje (Slovenia, NW Yugoslavia) important deposits of quartz sand and gravel from the Upper Pliocene are known. The quartz sand and gravel build tops of hills in a thickness of about 30 m. Smaller secondary deposits occur in a Pleistocene terrace which extends about 20 km in the westerly direction having the width of 0.5 to 2.5 km.

Sand and gravel are used in industry, filtering of water and in building.

Karel Ciglar

Uvod

V delu Goriškega Prekmurja severno od Murske Sobote se nahajajo kremenovi peski in prodniki na površini okrog 200 km². Kremenove peske odkopava Tovarna dušika Ruše, tozdr Proizvodnja kremenčevega peska Puconci.

Zaradi odlične kakovosti in povečane uporabnosti kremenovega peska in proda, posebno v kemični industriji in pri čiščenju voda, so pričeli pridobivati kremenove peske v okolici Puconcev leta 1952, ko je bila zgrajena sedanja separacija. V začetku je znašala proizvodnja le 3000 ton kremenovih peskov, a se je iz leta v leto povečevala in je leta 1981 znašala 10 400 ton. Vredno je omeniti, da se tržišče zelo zanima za to surovino zaradi specifične granulacije in visoke vsebnosti SiO₂. Zato predvidevajo v Puconcih povečati proizvodnjo na 150 000 ton.



S prvimi geološkimi raziskovalnimi deli so na tem območju začeli že pred prvo svetovno vojno madžarski in avstrijski geologi, katere je zanimala predvsem problematika v zvezi z nafto. Po prvi svetovni vojni je to področje podrobneje raziskoval Winkler, ki je napisal tudi več razprav (1927, 1939). Winkler se je pri razčlenitvi mladopliocenskih sedimentov posluževal metode geomorfologije (absolutne višine) in je pri tem vpeljal izraze, ki so še danes v rabi (Taborski prod in prod Srebrnega brega).

V letih 1955 in 1956 so K. Grad, M. Pleničar, L. Rijavec in L. Žlebnik napravili geološko karto celotnega Pomurja za potrebe naftne industrije. To karto so v letih 1959 in 1962 reambulirali (S. Orehek, A. Hinterlechner-Ravnik in M. Pleničar). Podatke teh raziskav prikazujeta osnovna geološka karta, lista Goričko (Pleničar, 1968) in odgovarjajoči tolmač za osnovno geološko karto lista Goričko in Leibnitz (Pleničar, 1970).

Prve raziskave kremenovega peska in proda je izvedel ZRMK Ljubljana leta 1952 in začel s proizvodnjo filtrirnih peskov. Leta 1961 je tamkaj začel sistematično raziskovati Geološki zavod Ljubljana pod vodstvom F. Drovenika, v letih 1966 in 1967 pa nadaljeval pod vodstvom R. Kovačevića. V letih 1971–1979 so raziskave zajele širše območje, to je celotno Goričko; ta dela je vodil K. Ciglar.

O splošni geološki problematiki tega ozemlja obstaja veliko objavljenih podatkov in različnih poročil. Objavljenih podatkov o nahajališčih in pojavih kremenovih peskov ter prodov zaenkrat ni. Obstajajo samo krajši članki, podani na številnih posvetovanjih v Jugoslaviji. Vendar poročila iz arhiva Geološkega zavoda Ljubljana omogočajo nadrobno obdelavo tega problema.

Geološke značilnosti širšega območja

Z globokimi vrtnami za nafto so ugotovili, da gradijo temeljno gorovje metamorfni skrilavci in amfiboliti, na katerih so odloženi terciarni sedimenti Panonskega morja. Morje se je počasi umikalo proti vzhodu in so ga sproti zasipavale reke od zahoda. To se močno čuti v celotni geološki zgradbi terciarja.

Temeljno gorovje v geološkem pogledu že pripada Centralnim Alpam in je ob prelomih sever–jug pogreznjeno.

Na površini so ugotovljeni paleozoik, miocen, pliocen in kvartar.

Paleozoik

Paleozojski skladi so na skrajnem severozahodnem delu Prekmurja na predelu Ocince–Sotina Serdica. To so črni, filitom podobni skrilavci pri Ocincu. Na predelu Sotina Serdica pa se nahajajo zeleni do temno zeleni kloritno-karbonatni skrilavci, v katerih so na južnem delu Tomanovega brega vložki sivo zelenega laminiranega diabaza.

Miocen

Sarmatske plasti gradijo v spodnjem delu kremenov konglomerat in prod, v zgornjem delu pa se nahajajo peščenjaki, peščeni laporji in apnenici. Sem in tja se pojavlja premoška glina z mnogimi pooglenelimi rastlinskimi ostanki.

Panonske plasti so debele 40–70 m. V spodnjem delu so razviti ostrakodni laporji, v zgornjem pa so brakične abichi plasti (peščeni laporji, peščena glina in kremenov pesek).

Pliocen

Spodnjepliocenske (pontske) plasti so ekvivalentne rhomboidea plastem. To so sladkovodne plasti, kremenovi peski in peščene gline.

Srednji pliocen – paludinske plasti – je mnogo bolj peščen in prodnat od panonskih. Mejo s pontskimi plastmi določa plast proda, sicer pa se nahajajo spodaj kremenovi peski, zgoraj pa rečni prod.

Zgornjepliocenske (levantinske) plasti gradi pretežno kremenov prod s polami glin in peskov.

Pri Gradu je v pliocenu prišlo tudi do izlivov bazaltne lave in odložitve njihovih tufov.

Kvartar

Pleistocen je razvit v obliki terase, ki se nahaja 10 do 30 m nad holocensko ravnino. V zgornjem delu jo gradi do 10 m debela plast rjave ilovice, v sredini je lečasto razvita plast kremenovega proda debela 0–10 m, v spodnjem delu pa je rjava ali sivo rjava do siva peščena glina.

Holocen sestavlja v dolinah rek in potokov siva ali rjava peščena glina. V Murski ravnini so poleg peščene gline odložene tudi večje količine peskov in prodov.

Geološke značilnosti nahajališč kremenovega peska in proda

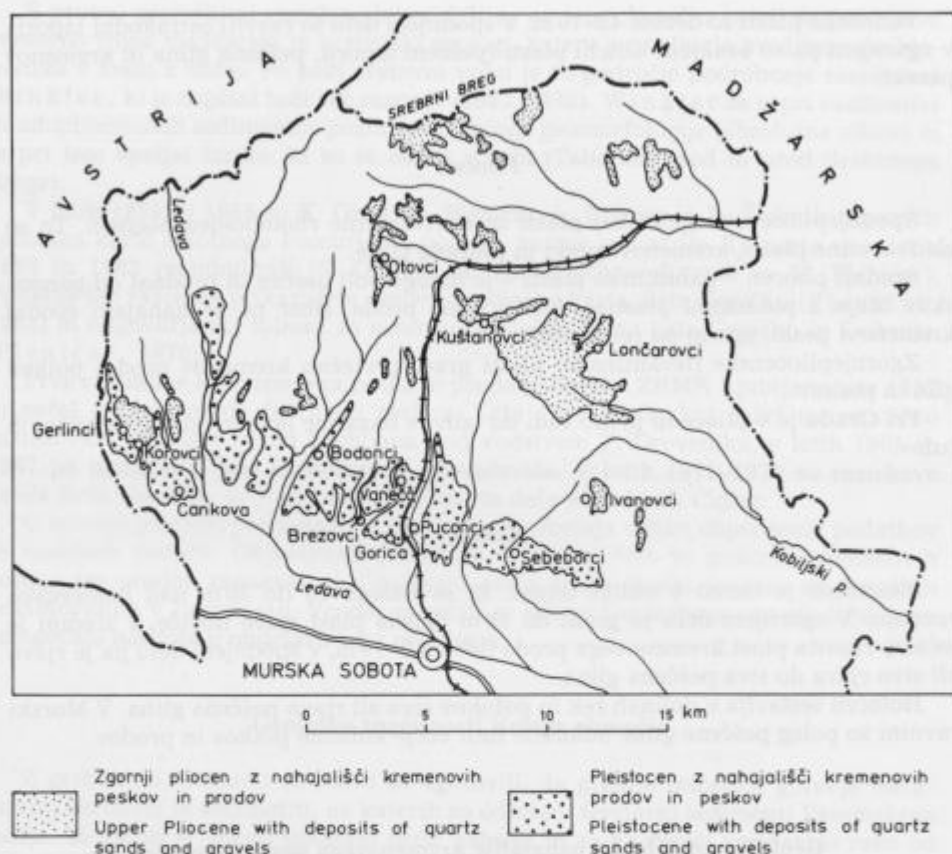
Med nahajališči poznamo primarna in sekundarna nahajališča kremenovega peska in proda. Razporeditev le-teh v prostoru Goriškega Prekmurja kaže slika 1.

Primarna ležišča so vezana na gornjepliocenske sedimente. Ta ležišča gradijo v večjem obsegu vrhove gričevja kot erozijski ostanki severno od Puconcev.

Pliocenske plasti je Winkler imenoval (1939) prod »Srebrnega brega«. Debelina prodno peščene serije doseže do 30 m. V tem območju sta raziskana dela ležišča Kuštanovci in Korovci.

Nahajališča sekundarnega kremenovega peska in proda se nahajajo v pleistocenski terasi, ki je ohranjena v pasu med ravninskim in goričkim delom Prekmurja. Terasa se razteza v smeri vzhod-zahod in je dolga 20 km ter široka od 0,5–2,5 km. Pleistocensko teraso gradijo predvsem rjave ilovice z lečastimi nahajališči kremenovega peska in proda. V spodnjem delu pa so različne peščene gline.

Območje terase je preiskano s plitkim vrtanjem, pri čemer je odkrito več nahajališč, vendar za majhnimi zalogami ali s predebelo krovino, da bi prišla v poštev za gospodarno izkoriščanje. Primerni za izkoriščanje sta le nahajališči peska Puconci in Bodonci in tam ga že dolgo let izkopavajo.



Sl. 1. Nahajališča kremenovega peska in proda v Goričkem Prekmurju

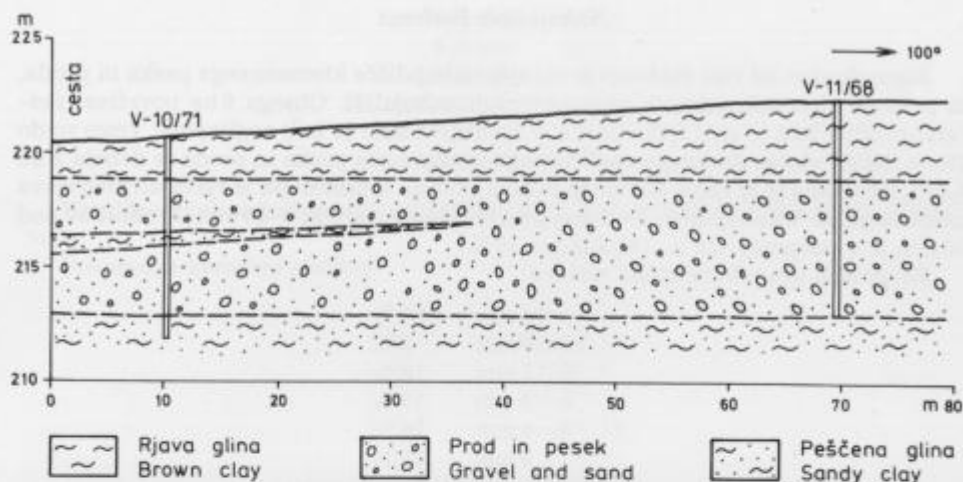
Fig. 1. Deposits of quartz sand and gravel in Goričko Prekmurje

Nahajališče Puconci

Nahajališče leži v neposredni bližini predelovalnih obratov. Odkopano surovino s tovarnjaki odvažajo v separacijo.

Plast peska in proda leži tam skoraj horizontalno le z manjšimi odstopanji. Krovina je rjava ilovica ali rjava peščena glina. Na robovih peščeno-prodne plasti je na zahodnem delu krovina deloma erodirana. Na južni strani je krovina debela okrog 2 m, proti severu pa se odebeli do 5 m. Ta leča, ki je ena največjih na območju pleistocenske terase, je dolga 1000 m in široka do 500 m. Najdebelejša je v jugovzhodnem delu.

V peščeno-prodni leči so tanki vložki gline in močno zaglinjenega peska. Pesek in prod sta nesortirana, v zahodnem delu rjave barve, proti vzhodu prehajata v sivo rjavo. Pesek in prod sta bolj ali manj pomešana z glino, limonitom, ponekod tudi z organskimi snovmi. Talnino sestavlja rjava, siva ali sivo-modra glina (sl. 2).



Sl. 2. Geološki profil dela nahajališča kremenovega proda in peska v Puconcih

Fig. 2. Geological cross-section of a part of the deposit of quartz sand and gravel at Puconci

Povprečna granulometrična sestava v nahajališču Puconci:

| | |
|----------|--------|
| > 20 mm | = 26 % |
| 15–20 mm | = 6 % |
| 9–15 mm | = 18 % |
| 5– 9 mm | = 20 % |
| 3– 5 mm | = 10 % |
| 3 mm | = 20 % |

Odplake je okrog 10 %.

Kemične analize kažejo, da vsebujeta prani prod in pesek 98,25 % SiO_2 , druge komponente pa so v mejah uporabnosti.

Povprečna kemična sestava surovine:

| | |
|-------------------------|---------|
| SiO_2 | 98,25 % |
| Fe_2O_3 | 0,74 % |
| Al_2O_3 | 0,39 % |
| CaO | 0,15 % |
| MgO | 0,07 % |
| TiO_2 | 0,03 % |
| žarozguba | 0,46 % |

Prani prodniki kremenca so mlečno bele, rumeno rjave in svetlo rjave barve.

V nahajališču Puconci je bilo ugotovljeno okoli 2,5 milijona ton surovine, vendar je večina peska in proda že odkopana.

Nahajališče Bodonci

Jugozahodno od vasi Bodonci je manjše nahajališče kremenovega peska in proda, ki pripada tipu sekundarnih pleistocenskih nahajališč. Obsega 6 ha površine. Peščeno-prodna leča je sivo rjave barve. V zgornjem delu je bolj zaglinjena. Vmes so do 20 cm debeli vložki drobnega zaglinjenega peska. Leča peska in proda je debela 2 do 6,5 m. Krovčina je iz rjave ilovice in debela do 3 m. V talnini pa je rjava ali sivo rjava peščena glina. V nahajališču Bodonci prevladujejo prodniki 3–20 mm. Prodnikov nad 20 mm je v povprečju 26 %. Odplake je 10 %.

Povprečna granulometrična sestava:

| | |
|----------|------|
| > 20 mm | 26 % |
| 15–20 mm | 5 % |
| 9–15 mm | 18 % |
| 5– 9 mm | 18 % |
| 3– 5 mm | 14 % |
| 3 mm | 19 % |

Temperatura sintranja (po JUS B.B5.011) znaša med 1805–1830 °C. Vsebnost SiO₂ je 98,08 %. Druge komponente so v mejah norm.

Povprečna kemična sestava:

| | |
|--------------------------------|---------|
| SiO ₂ | 98,08 % |
| Fe ₂ O ₃ | 0,80 % |
| Al ₂ O ₃ | 0,48 % |
| CaO | 0,22 % |
| MgO | 0,10 % |
| TiO ₂ | 0,03 % |
| žaroizguba | 0,29 % |

V nahajališču Bodonci je bilo dokazano okoli 500 milijonov ton surovine. Zaloge tega nahajališča pa so danes že skoraj v celoti odkopane.

Primarna raziskana nahajališča Kuštanovci

Teren Kuštanovci leži na severozahodnem robu vasi Kuštanovci ob cesti Mačkovci–Kuštanovci–Križevci. Nahajališče je skrajni zahodni del večje ohranjene zgornje pliocenske plasti. Z vrtnjem je bilo ugotovljeno, da je peščeno-prodna plast debela 20–30 m. V peščeno-prodni plasti je več vložkov peščene gline in zaglinjenih peskov različnih granulacij. Kremenov pesek in prod sta rjave, v manjših delih pa sivo rjave barve. Rjavo barvo povzročajo razpadli limonitni delci. Prodniki so debeli do 5 cm, redko do 10 cm. Krovčina ni ohranjena; nad peščeno prodno plastjo je le do 50 cm humusnega pokrova. Talnino sestavljajo sivo rjave do sive peščene gline.

Granulometrične analize so pokazale, da je prodnikov nad 20 mm 12,5 %. Odplake pod 0,063 mm pa je 12,2 %.

Povprečna granulometrična sestava:

| | |
|----------|--------|
| > 20 mm | 12,5 % |
| 15–20 mm | 9,4 % |
| 8–15 mm | 10,2 % |

| | |
|--------------|--------|
| 5–8 mm | 6,4 % |
| 3–5 mm | 9,8 % |
| 1,5–3 mm | 9,5 % |
| 0,9–1,5 mm | 2,3 % |
| 0,063–0,9 mm | 27,7 % |
| 0,063 mm | 12,2 % |

Kemične analize kažejo, da vsebujeta prani prod in pesek v povprečju 97,41 % SiO_2 .

Povprečna kemična sestava:

| | |
|-------------------------|---------|
| SiO_2 | 97,47 % |
| Fe_2O_3 | 0,75 % |
| Al_2O_3 | 1,06 % |
| CaO | 0,24 % |
| MgO | 0,06 % |
| TiO_2 | 0,04 % |
| žaroizguba | 0,38 % |

Na območju Kuštanovcev je bilo dokazanih okoli 5,7 milijona ton zalog peska in prod.

Nahajališče Korovci

Nahajališče je na severovzhodnem delu vasi Korovci in sega do južnega dela vasi Gerlinci. Dostopno je po cesti Cankova–Gerlinci. Peščeno-prodna plast je rjave do sivo rjave barve. Sestavljajo jo mlečno beli, rumeno rjavi do temni prodniki. Plast prod je debela 1 do 10 m. V prodni plasti so do 20 cm debeli vložki rjave peščene gline. Krovina je debela 2 do 5 m in je sestavljena iz rjave do rdeče rjave gline. V talnini pa je sivo zelena trda peščena glina, ki verjetno pripada že srednjemu pliocenu.

Granulometrična analiza je dala naslednje podatke:

| | |
|----------|--------|
| > 50 mm | 9,9 % |
| 25–50 mm | 10,5 % |
| 10–25 mm | 16,2 % |
| 3–10 mm | 24,6 % |
| 3 mm | 38,8 % |

Kemične analize so pokazale, da je v surovini povprečno 98,10 % SiO_2 .

Povprečna kemična sestava:

| | |
|-------------------------|---------|
| SiO_2 | 98,22 % |
| Fe_2O_3 | 0,51 % |
| Al_2O_3 | 0,45 % |
| CaO | 0,26 % |
| MgO | 0,09 % |
| TiO_2 | 0,03 % |
| žaroizguba | 0,44 % |

V nahajališču Korovci je bilo dokazano okoli 800 000 ton surovine.

Druga sekundarna nahajališča

Z detajlnimi geološkimi raziskavami in vrtanjem smo v pleistocenski terasi raziskali še naslednja nahajališča: Cankova, Zenkovci, Brezovci, Puconci-jug, Vaneča in Sebeborci. Na teh nahajališčih so peščeno-prodne leče različnih dolžin in širin (dolžine 50 do nekaj sto m, širine pa 10 do 100 m). Debelina plasti peska in proda je do 5 m, ima pa v večjem delu debelo krovino (večjo od sorazmerja 1:1, kar je neekonomično za izkoričanje).

Zaloge kremenovega peska in proda so okoli 2,2 milijona ton.

Plasti zgornjega pliocena – primarna nahajališča

Po podatkih geoloških kartiranj je na območju Goriškega ohranjenih ok. 6 km² površine z zgornjeliocenskimi plastmi. Če vzamemo kot srednjo debelino prodno-peščene plasti 10 m, cenimo, da je na tem območju okrog 20 milijonov ton zalog kremenovih peskov in provod.

Geneza

Velike količine kremenovega peska in proda v območju Goriškega Prekmurja kažejo na relativno dolg transport. Matične kamenine, iz katerih je ta material prihajal, predstavlja verjetno paleozojski kompleks Centralnih Alp, ki vsebuje številne manjše in večje pojave kremenovih žil. Dotekal in sedimentiral se je ta material v zgornjem pliocenu (levantinu).

Verjetno je ta material prinašala reka Raba in ga deponirala v delti pri izlivu v Panonsko morje in v svojih starih meandrih. Na ta dogajanja kažejo še danes ohranjene morfološke oblike večjih ali manjših količin kremenovega peska in proda.

Proces odlaganja kremenovih peskov in provod se ni odvijal enakomerno. Kremenov material, ki je bil prenesen v nalivih, je bil odložen v obliki večjih in manjših leč. Večji ali manjši vložki različnih glin in peskov v nahajališčih kažejo na neenakomerno sedimentacijo tudi v času glavnega dotoka kremenovega materiala.

Po sedimentaciji je nastal cikel erodiranja nahajališč in njihovega predsedimentiranja v mlajše pleistocenske sedimente.

Ta proces se je odvijal vzdolž potokov in rek smeri sever-jug. Nahajališča se sedaj nahajajo v fazi erozijske degradacije.

Kakovost

Nakopano surovino nahajališč v Puconcih in Bodoncih vozijo v separacijo na oplemenitenje.

Oplemeniteno surovino označuje več podatkov.

Granulometrična sestava:

| | |
|----------|------|
| > 20 mm | 26 % |
| 15–20 mm | 7 % |
| 9–15 mm | 16 % |
| 5–9 mm | 18 % |
| 3–5 mm | 18 % |
| 3 mm | 15 % |

Tabela 1. Kemična sestava pomešanega kremenovega peska in proda iz Puconcev in Bodoncev

Table 1. Chemical composition of mixed quartz sand and gravel from Puconci and Bodonci

| Frakcija Fraction | SiO ₂ | Fe ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | TiO ₂ | Žarozguba L. O. I. |
|----------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----|-----|------------------|-----------------------|
| 0/1 | 96,3 | 1,5 | 1,4 | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| 0,2/1,5 | 95,7 | 2,0 | 1,1 | 0,5 | 0,1 | 0,1 | 0,2 |
| 0,5/2 | 98,0 | 0,7 | 1,0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 |
| 1/3 | 96,7 | 2,0 | 0,8 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 0,2 |
| 3/5 | 97,1 | 2,0 | 0,5 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 0,2 |
| 5/8 | 96,1 | 3,0 | 0,7 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 0,2 |
| 8/15 | 96,4 | 2,6 | 0,9 | 0,3 | 0,1 | 0,0 | 0,0 |
| 15/25 | 97,7 | 1,1 | 0,6 | 0,3 | 0,1 | 0,0 | 0,2 |
| 25/100 | 97,7 | 1,2 | 0,7 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,1 |

Tabela 2. Rezultati mehanskih preiskav pomešanih kremenovih peskov in proda iz Puconcev in Bodoncev

Table 2. Results of mechanical test of mixed quartz sands and gravel from Puconci and Bodonci

| Velikost zrn v mm Grain diameter in mm | 0/1 | 0,2/1,5 | 0,5/2 | 1/3 | 3/5 | 5/8 |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|------|-----|
| Srednja velikost v mm Mean size in mm | 0,36 | 0,92 | 1,40 | 2,0 | 4,0 | 6,0 |
| Stopnja enakomernosti Degree of uniformity | 49 | 92,5 | 77 | 90 | 88,5 | 91 |
| Temperatura sintranja Sintering temperature | 1550-1600 | 1550 | 1550-1600 | 1600 | - | - |
| Tališče Melting point | 1805-1830 | 1780-1805 | 1805-1830 | 1805-1830 | - | - |
| Propustnost Permeability | 261-264 | - | - | - | - | - |
| Učinkoviti premer Effective diameter | - | 0,68 | 1,0 | 1,38 | - | - |
| Pretežni premer Average diameter | - | 0,96 | 1,38 | 2,0 | - | - |

Kemično sestavo prikazuje tabela 1. Rezultati mehanskih raziskav so prikazani v tabeli 2.

Iz podatkov je razvidno, da ima preiskani material, ki je v naravni zrnivosti, zelo ugodno kakovost za široko uporabnost v livarstvu, kemični industriji in gradbeništvu.

Za puconske peske je značilna oblika zrn, širok spekter debelejših frakcij in kemična sestava, zato je tudi njihova uporabnost zelo pestra. Največ jih uporabljajo:

- pri proizvodnji ferolegur, predvsem ferosilicija, ki ga uporabljajo v industriji črne metalurgije
- pri proizvodnji azbestcementnih proizvodov
- pri filtriranju vode, za mehansko čiščenje
- za peskanje železnih konstrukcij, za odstranjanje posledic korozije
- v livarstvu, predvsem za odlivanje težkih odlitkov sive litine
- pri žaganju kamna, posebno marmorja in apnenca
- kot sestavno komponento raznih snovi za večanje trdnosti in odpornosti proti kislinam
- za izdelavo okrasnih betonskih elementov in oblaganje fasad
- za kakovostnejše vrste betona.

Štefan Filipič

Tehnološki postopek

Vso surovino, ki jo v odkopu pridobivamo mehanizirano z buldožerji in nakladali, dovažamo s tovornjaki do separacije. Od sipališča jo doziramo in s transportnim trakom transportiramo v pralni valj večje zmogljivosti, ki ima v podaljšku rotacijsko sito. Ker vsebuje rudnina do 15 % glin, jo v tem pralnem valju razmuljimo. Po izstopu rudnine iz pralnega valja ločimo frakcijo +18 mm, katero vodimo na depo in nadalje v dodatno separiranje, frakcijo -18 mm pa gravitacijsko spuščamo po drsnem situ, kjer opravimo grobo klasiranje na -2 mm in +2 do 18 mm. Od tu naprej potekata dve ločeni fazi separiranja kremenovega peska.

Frakcijo +2 do 18 mm z elevatorjem dvignemo do višine ok. 14 m, da lahko izkoristimo gravitacijo, ki z dodatno svežo vodo omogoča dobro transportiranje. Sejanje opravimo na sitih vibracijskih strojev, kjer s svežo tehnološko vodo pesek še zadnjikrat operemo. Presejane frakcije kot končni proizvod - vlažen pesek - transportiramo v silose, kjer ga nalagamo na tovornjake za odpremo ali deponiranje.

Frakcijo -2 mm z delom odpadne tehnološke vode transportiramo od drsnega sita do rezervoarja, od tam pa z gumirano črpalko v klasirni sistem Linatex, kjer pesek klasiramo in oplemenitimo. Za proizvodnjo filtrirnih peskov, ki odgovarjajo vsem zahtevam po normah DIN 4924, imamo še dodatno inštalirane vibracijske stroje, s katerimi opravimo ostro končno klasiranje in pranje.

Odpadno tehnološko vodo, zbrano iz celotnega procesa separiranja, vodimo do črpalk, od koder jo črpamo v sedimentacijski bazen, kjer se sedimentira. Tako regenerirano tehnološko vodo ponovno vključujemo v tehnološki proces, oziroma vračamo v potok.

V proizvodnjo peskov je vključena tudi sušilnica, v kateri sušimo frakcije do 5 mm. Peske embaliramo v natrongske vreče, možna pa je tudi odprema v razsutem stanju neposredno iz silosov.

Literatura

- Pleničar, M. 1968, Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Goričko. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Pleničar, M. 1970, Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. Tolmač za list Goričko in Leibnitz. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Winkler, A. 1927, Geologische Karte Gleichenberg 1:75 000, Geol. B. A., Wien.
- Winkler, A. 1939, Geologischer Führer durch das Tertiär und Vulkanland des steierischen Beckens, Berlin.