

# AGREGATI ZA BETON I ASFALT NA PODRUČJU HERCEGOVINE

## 1. UVOD

Institut građevinarstva Hrvatske «IGH» d.d. Zagreb utemeljio je «IGH-Mostar» d.o.o. Mostar za stručnu podršku razvoju građevinarstva u ovoj regiji, koji je od srpnja 1997. godine započeo kontrolu proizvodnje frakcioniranog prirodnog agregata za razne tvrtke na području Hercegovine i šire (Jugozapadna i Središnja Bosna).



Slike 1.-2. Separacija «Platica-Otok»-Drinovci, Grude (lijevo) i «Interinvest» (gore, desno)

Također, za pojedine tvrtke vršena su pojedinačna kontrolna ispitivanja frakcioniranog agregata, što je prikazano u Tablici 2, a prirodne mješavine agregata jednokratno su kontrolirane u više navrata.

## 2. INTERPRETACIJA REZULTATA ISPITIVANJA KAKVOĆE AGREGATA

Do vremena pisanja ovoga članka izvršeno je ispitivanje većeg broja agregata, od čega 76 kompletnih i cca 500 kontrolnih uzoraka agregata s područja Hercegovine, i to 52 kompletnih ispitivanja i 300 kontrolnih ispitivanja prirodnih agregata, te 24 kompletnih ispitivanja i cca 200 kontrolnih ispitivanja umjetno drobljenih agregata. U Prilozima 1 i 3 dati su prikazi dobivenih rezultata kompletnih ispitivanja (ovisnih o kvaliteti nalazišta), bez rezultata ispitivanja granulacije i sadržaja sitnih čestica, koja ovise o samom tehnološkom procesu na separaciji, koji je podložan korekcijama.

### 2.1. PRIRODNI AGREGATI

#### 2.1.1. Prirodni agregati iz r. Neretve, odnosno njene neposredne blizine

Obrađene su 4 separacije s ukupno 31 kompletnih i cca 200 kontrolnih ispitivanja agregata. Ispitivanjima su dobiveni sljedeći rezultati:

- specifična masa pojedinih frakcija – od 2.686 do 2.715 kg/m<sup>3</sup> (vrlo uzak interval rezultata!);
- prostorna masa u zbijenom stanju pojedinih frakcija – od 1.879 do 1.920 kg/m<sup>3</sup>;
- prostorna masa u rastresitom stanju pojedinih frakcija – od 1.586 do 1.666 kg/m<sup>3</sup>;
- postojanost na mraz u rastvoru natrijevog sulfata po frakcijama krupnog agregata – od čak 0,15 do 1,28 (max dop. za beton 12 %);
- upijanje vode pojedinih frakcija – od 0,33 do 1,53 % (max dop. za beton 1,5 %);
- oblik zrna po Faury-u za frakcije krupnog agregata se kretao od 0,24 do 0,30 (min. 0,16);
- otpornost protiv habanja i trošenja (Los Angeles) za frakcije krupnog agregata – od 22,2 do 26,2 % (max dop. za beton 35 %, a za beton otporan na eroziju 30 %);
- sadržaj klorida, sumpora izraženog kao SO<sub>3</sub>, lakih čestica, trošnih zrna, grudvi gline uglavnom nije registriran, izuzev za «čapljinke» agregate u okviru mineraloško-petrografskih analiza;

- sadržaj sitnih čestica ispod 0,090 mm po frakcijama – od 0,2 do 4,9 % (max dop. 1,0 % za krupnije, a 5,0 % za sitni agregat), pri čemu su «čapljinski» agregati čistiji od «mostarskih», pogotovo «Hercegovine-Visokogradnja», koja je imala nedovoljno «čistu» frakciju 4/8 mm (2,3 %), a za frakciju 8/16 mm graničnu vrijednost od 1,0 %;
- što se tiče sadržaja podmjernih i nadmjernih zrna po frakcijama registrirana su samo 2 slučaja manjih odstupanja sadržaja podmjernih zrna;
- modul zrnatosti sitnog agregata kretao se od 3,1 do 3,2 (dopušteno – od 2,3 do 3,6).



Slike 3.-4. Granulometrijska analiza agregata (lijevo), detaljom sita (desno)

### 2.1.2. Prirodni agregati iz r. Bregave, odnosno njene neposredne blizine

Obrađene su 2 separacije, s ukupno 16 kompletnih i cca 100 kontrolnih ispitivanja agregata. Ispitivanjima su dobiveni sljedeći rezultati:

- specifična masa pojedinih frakcija – od 2.690 do 2.699 kg/m<sup>3</sup> (vrlo, vrlo uzak interval rezultata!);
- prostorna masa u zbijenom stanju pojedinih frakcija – od 1.666 do 1.866 kg/m<sup>3</sup>;
- prostorna u rastresitom stanju pojedinih frakcija – od 1.459 do 1.581 kg/m<sup>3</sup>;
- postojanost na mraz u rastvoru natrijevog sulfata po frakcijama krupnog agregata – od 0,28 do 1,24 (max dop. za beton 12 %);
- upijanje vode pojedinih frakcija – od 0,25 do 1,22 % (max dop. za beton 1,5 %);
- oblik zrna po Faury-u za frakcije krupnog agregata se kretao od 0,21 do 0,30 (min. 0,16);
- otpornost protiv habanja i trošenja (Los Angeles) za frakcije krupnog agregata – od 20,6 do 27,3 % (max dop. za beton 35 %, a za beton otporan na eroziju 30 %);
- sadržaj klorida, sumpora izraženog kao SO<sub>3</sub>, lakih čestica, trošnih zrna, grudvi gline nije registriran;
- sadržaj sitnih čestica ispod 0,090 mm po frakcijama – od 0,2 do 5,3 % (max dop. 1,0 % za krupnije, a 5,0 % za sitni agregat), uz nešto «manje čist» sitni agregat «Perutina» Domanovići;
- što se tiče sadržaja podmjernih i nadmjernih zrna po frakcijama postoje određeni manji problemni s sadržajem podmjernih zrna;
- modul zrnatosti sitnog agregata – od 3,2 do 3,6 (dopušteno – od 2,3 do 3,6).



Slika 5. Ispitivanje oblika zrna agregata

### 2.1.3. Prirodni agregat iz r. Lištice na Uzarićima, Š. Brijeg

Obrađeno je 5 kompletnih i 35 kontrolnih ispitivanja. U potpunosti zadovoljava sve zahtjeve (specifična masa 2.659 do 2.698 kg/m<sup>3</sup>; prostorne mase od 1.709 do 1.864, odnosno od 1.517 do 1.565 kg/m<sup>3</sup>; postojanost na mraz od 0,56 do 0,68 %; upijanje vode od 0,34 do 1,38 %; otpornost na habanje od 24,2 do 26,3 %; bez loših zrna i gline; ispran - čistoće od 0,2 do 4,6 % čestica manjih od 0,090 mm, bez podmjernih i nadmjernih zrna po frakcijama!

U Prilogu 2 dana je usporedba rezultata kompletnih ispitivanja riječnih agregata, i to prosječne vrijednosti za veći broj separacije (4 za r. Neretvu, 2 za r. Bregavu i 1 za r. Lišticu).

Poređenjem rezultata može se zaključiti sljedeće:

- specifična masa pojedinih frakcija se kreću od 2.693 do 2.705 kg/m<sup>3</sup>, s nešto manjim vrijednostima za frakcije krupnog agregata r. Lištice (od 2.659 do 2.665 kg/m<sup>3</sup>);
- prostorna masa u zbijenom stanju sitnog agregata je dosta različita – od 1.832 kg/m<sup>3</sup> (Bregava), preko 1.864 kg/m<sup>3</sup> (Lištica) do 1.901 kg/m<sup>3</sup> (Neretva), dok se za krupne frakcije agregata vrijednosti ujednačeniye;
- prostorna u rastresitom stanju sitnog agregata je također dosta različita – od 1.496 kg/m<sup>3</sup> (Bregava), preko 1.534 kg/m<sup>3</sup> (Lištica) do 1.619 kg/m<sup>3</sup> (Neretva), dok se za krupne frakcije agregata vrijednosti ponovno ujednačeniye;
- postojanost na mraz u rastvoru natrijevog sulfata po frakcijama krupnog agregata – najmanje kod Bregave, a veće kod Lištice i pogotvo Neretve;
- upijanje vode pojedinih frakcija je također najmanje kod Bregave, veće kod Lištice, te još nešto veće kod Neretve;
- oblik zrna po Faury-u za frakcije krupnog agregata je najpovoljniji kod Lištice, a najlošiji kog Bregave;
- otpornost protiv habanja i trošenja (Los Angeles) za frakcije krupnog agregata je dosta ujdnačeno – od 23,2 (iznimka frakcija 4-8 mm Bregava – 21,8 %) do 26,3 % (max dop. za beton 35 %, a za beton otporan na eroziju 30 %);
- sadržaj sitnih čestica ispod 0,090 mm po frakcijama je bio najbolji kod Lištice (0,2 – 4,6 %), manje čist kod Neretve (0,2 – 4,9 %, pri čemu su «čapljinski» agregati čistiji od «mostarskih»), a najlošiji kod Bregave (0,2 – nedopuštenih 5,3 %);
- što se tiče sadržaja podmjernih i nadmjernih zrna po frakcijama postoje određeni manji problemni s sadržajem podmjernih zrna;
- modul zrnatosti sitnog agregata – od 3,2 do 3,6 (dopušteno – od 2,3 do 3,6).

Općenito govoreći, prirodni agregati riječnog porijekla su odlične čistoće i kakvoće.



Slike 6.-9. Frakcije riječnog agregata («Konstruktor-Neretva» Čapljina)

## 2.2. DROBLJENI AGREGATI

Drobljeni agregati s područja Hercegovine imaju manji skup rezultata ispitivanja agregata od riječnih (oko 30 %), i to 23 kompletnih i cca 200 kontrolnih ispitivanja, kojeg karakterizira velika neujednačenost.

Dobiveni su sljedeći rezultati:

- specifična masa pojedinih frakcija – od 2.675 do 2.718 kg/m<sup>3</sup> (slično kao za riječne agregate);
- prostorna masa u zbijenom stanju pojedinih frakcija – od 1.505 do 1.982 kg/m<sup>3</sup>;
- prostorna masa u rastresitom stanju pojedinih frakcija – od 1.328 do 1.564 kg/m<sup>3</sup>;
- postojanost na mraz u rastvoru natrijevog sulfata po frakcijama krupnog agregata – od 0,20 do 6,4 %
- upijanje vode pojedinih frakcija – od 0,17 do 1,45 % (max dop. vrijednosti 1,5 %, 1,6 %, odnosno 1,2 %);
- oblik zrna po Faury-u za frakcije krupnog agregata se kretao od 0,21 do 0,30 (min. 0,16);
- otpornost protiv habanja i trošenja (Los Angeles) za frakcije krupnog agregata – od 20,0 do 29,9 % (max dop. za beton 35 %, a za beton otporan na eroziju 30 %);
- sadržaj klorida, sumpora izraženog kao SO<sub>3</sub>, lakih čestica, trošnih zrna, grudvi gline nije registriran osim za separaciju «Platicu-Otok» u minimalnim količinama;
- sadržaj sitnih čestica ispod 0,090 mm po frakcijama – od 0,4 do 18,7 % (max dop. 1,0 % za krupnije, a 10,0 % za sitni agregat), pri čemu su nekada i sve frakcije imale nezadovoljavajući sadržaj;
- što se tiče sadržaja podmjernih i nadmjernih zrna po frakcijama gotovo u pravilu imamo jako prisutna podmjerna zrna po frakcijama krupnog agregata, te ipak rijeđe podmjerna («Gradina»);
- moduli zrnatosti sitnog agregata su također oscilirali od samo 2,5 do čak 3,9 (dopuštene vrijednosti ovisno od namjene agregata – od 2.3 do 3.6), odnosno od 1.95 do 3 %.



Slike 10.-13. Frakcije drobljenog agregata («Miljkovići» Mostar)

Zbog velike šarolikosti rezultata i manjeg ukupnog obima ispitivanja nije bila moguća nikakva usporedba drobljenih agregata (kao za prirodne agregate u Prilogu 2), niti drobljenih s prirodnim agregatima.

### 3. UMJESTO ZAKLJUČKA

Većina ispitivanja izvršena je u Centralnom laboratoriju «IGH-Mostar», s iznimkama mineraloško-petrografskog sastava i kemijskih ispitivanja (sadržaj sumpora i klorida). U tijeku su pripreme za dobivanje statusa ovlaštenog laboratorija za razne vrste ispitivanja građevnih materijala prema međunarodnoj normi ISO/IEC 17025. Jasno, među tim ispitivanjima su i odgovarajuća ispitivanja svojstava agregata.