

## 4. GEOLOŠKA GRAĐA PODRUČJA ISTARSKJE ŽUPANIJE

Već i sama pučka podjela Istre na Bijelu, Sivu i Crvenu ukazuje na jasnu morfološku raznolikost i različite geološke specifičnosti područja.

**Bijela Istra** – predstavlja izdignuto, okršeno kamenito područje Učke i Čićarije (sjeverna-sjeveroistočna Istra), građeno od okršenih krednih i paleogenskih vapnenaca. **Siva Istra** – je središnje područje Istre koje predstavlja depresiju zapunjenu flišnim materijalom, dok **Crvena Istra** – predstavlja jugozapadni i zapadni dio Istarskog poluotoka, a svoju boju duguje velikoj količini zemlje crvenice koja prekriva zaravan izgrađen od jurskih i krednih karbonatnih stijena.

Kao dio Jadranske karbonatne platforme, koja je egzistirala kroz dulje razdoblje mezozoika, Istra je izgrađena od plitkovodnih karbonatnih naslaga, čiji površinski raspon pratimo od mlađe srednje jure do paleogena. Nakon različito dugog trajanja emerzije u najgornjoj kredi, nadolazećom transgresijom talože se foraminiferski vapnenci, a produbljavanjem okoliša i klastične paleogenske naslage u obliku lapora i fliša. Taj široki stratigrafski raspon podrazumijeva i pojavu različitih stijenskih litotipova. Mnogi od tih litotipova su od davnina svojom ljepotom i geotehničkim osobinama izazivali interes ljudi za njihovom eksploatacijom. Stoga prve tragove upotrebe kamena u građevinske svrhe nalazimo vrlo rano, već u 1. st. prije Krista. U blizini Pule, vjerojatno u etničkom središtu Histra, od istarskog kamena izgrađeno je monumentalno kameno svetište. Zatim čestu uporabu kamena, kao i tragove njegove eksploatacije nalazimo u rimsko doba. Tada nastaju Herkulova vrata (1.st. pr. Krista), amfiteatar u Puli, kao i mnoge rimske vile, zgrade i pristaništa. U doba Bizanta, vađen je kamen za potrebu gradnje bazilike u Poreču (Eufrazijska bazilika). U cijelom tom tisućljetnom kontinuitetu eksploatacije istarskog kamena, najveću uporabu i „slavu“ doživio je za vrijeme Mletačke Republike, sve do pada Venecije (1920. god). Naime, Veneciji su trebale velike količine kamena za gradnju velebnih palača, klesanih ukrasa, skulptura i pristaništa. Duždova palača, Cadore, crkva Sv. Zaccarie i Ponte di Rialto su samo neka od tih djela. Dolaskom Austrougarske Monarhije na vlast, istarski kamen se prenosi i u unutrašnjost Europe (Beč, Budimpešta, Prag). Danas je kamen iz istarske regije poznat i cijenjen na cjelokupnom svjetskom tržištu. Međutim, osim za dekorativne svrhe, tražen je i za obnovu, tj. restauraciju povijesnih centara.

Osim arhitektonsko-građevnog i tehničkog kamena, rudario se i ugljen u području Labina. Sve spomenuto govori o dugoj tradiciji kamenarstva i o bogatoj prirodnoj baštini Istre koja će s ovim elaboratom biti sakupljena u cjelinu kao osnova za prosudbu o potencijalnosti mineralnih sirovina Istarske županije i mišljenje o gospodarenju tim sirovinama. S tim ciljem je napravljena Pregledna geološka (litostratigrafska) karta Istarske županije iz koje su vidljive zone prostiranja pojedinih sirovina, dok je u tekstualnom dijelu kroz litostratigrafski prikaz iznijet osvrt na litofacijsna obilježja pojedinih stijena i mišljenje o geološkim uvjetima za njihovu eksploataciju.

### 4.1. LITOSTRATIGRAFSKI PRIKAZ

Uz opis pojedinih litostratigrafskih jedinica u području Istarske županije, koje do sada nisu formalizirane i imaju radne nazive, u poglavlju 5. su opisani i kamenolomi u zonama njihovog prostiranja, kao i njihovo trenutačno stanje.

#### 4.1.1. KARBONATNE NASLAGE JURE

U naslagama jurske starosti izdvojene su 3 neformalne litostratigrafske jedinice. To su formacije: **Monsena**, **Limski kanal** i **Poreč**. Slijedi kratki opis svake od njih.

##### 4.1.1.1. Formacija **MONSENA (MO)** - bat-kalovij

Naslage neformalne litostratigrafske jedinice Monsena su najstarije naslage u Istri. Pripadaju katovima mlađe srednje jure, batu i kaloviju. Utvrđene su u uskoj priobalnoj zoni sjeverno od Rovinja, prema Limskom kanalu i na nekoliko manjih lokaliteta uz obalu Limskog kanala. To su svijetlosmeđi vapnenci tipa madstona i vekstona. Mjestimice su tanko do pločasto uslojeni, no ima i slojeva metarske debljine. Osim stromatolita koji se sporadično javljaju, nalazimo i onkoidne floutstone od ljušturica školjkaša i bodljikaša. Uočene su i emerzijske breče koje lateralno isklinjuju u okoliš plitkog subtajdala. Stoga njihovu pojavu, kao i pojavu desikacijskih pukotina ne bi trebali shvaćati samo kao oscilaciju morske razine, već i kao prisutnost sinsedimentacijske tektonike. Inače, stijene su taložene u okolišima plitkog mora kao što su zaštićene uvale i lagune s niskom energijom vode.

Fosilni sadržaj ovih stijena je relativno bogat, pa nalazimo ljušturice školjkaša, bodljikaša, sporadično bioklaste hidrozoja, a od foraminiferske zajednice određene su *Pfenderina salernitana*, *Pfenderina trochoidea*, *Satorina apuliensis*, *Valvulina lugeoni*, *Taumatoporella paravovesiculifera*, *Kurnubia palasteniensis*. U vršnom dijelu jedinice, fosilni sastav sugerira na postupni prijelaz u donji dio gornje jure (donji oksford).

Debljina ovih naslaga nije poznata jer, kao što je rečeno na početku, pružaju se uz obalni dio. Površinski izložen slijed izmjeren je s debljinom od 62 m.

**Vapnenci formacije Monsena svojim litotipom nisu atraktivni kao AG kamen, a i svojim položajem uz more i naselje nemaju perspektivu za nikakvu eksploataciju.**

##### 4.1.1.2. Formacija **LIMSKI KANAL (LK)** - oksford-kimeridž

Naslage neformalne formacije Limski kanal čine dvije litološki prepoznatljivo različite jedinice (litostratigrafska člana), član **Lim** i član **Muča**. Na litostratigrafskoj karti ove stijene čine jezgru tzv. Zapadnoistarske antiklinale. Nisu posebno izdvajane na karti, jer kao facijesi se međusobno izmjenjuju u horizontalnom i vertikalnom smislu. Biostratigrafski raspon ovih jedinica je određen kao oksford-donji kimeridž. Nalazimo ih u području između Poreča, Gradine i Rovinja.

**Najznačajnija obilježja ovih stijena su krtost i mrvljivost koja proizlazi iz slabe cementiranosti peloida od kojih se sastoje, a time i njihove visoke poroznosti. Nisu interesantne ni kao tehnički kamen iako su se nekada, vjerojatno u Mletačko doba, pokušali vaditi blokovi uz more.**

###### 4.1.1.2.1. Član **LIM**

To su peletni vapnenci koji kontinuirano slijede na Monsena formaciji. Određeni su kao sitnozrnasti peloidni pekstoni, rjeđe grejnstoni sferoidnih peloida u mikritnom matriksu. Deblje su uslojeni (30-80 cm) do masivni, ali najčešće je ta slojevitost nejasna. Svijetle su do žućkaste boje, velikog poroziteta i jednoličnog strukturnog tipa. Budući da se u lateralnom i vertikalnom smislu izmjenjuju s Muča članom, debljina ovih naslaga ovisi o pojavljivanju Muče, a uglavnom varira između 30 i 50 m.

Vapnenci Lim člana su taloženi u plitkom okolišu zaljeva ili otvorenih laguna. O tome govori velika količina peleta koji su mogli biti istaloženi upravo u ovakvom okolišu, kao i masivnost, slaba uslojenost naslaga. Osim peleta, ove su naslage bogate i fosilnim sadržajem. Uz najčešći oblik hidrozoja *Cladocoropsis mirabilis*, određene su i bentičke foraminifere (*Kurnubia palasteniensis*, *Praekurnubia crusei*, *Pfenderina salernitana*, *Pfenderina arabica*, *Valvulina lugeoni*, *Chablaisia chablaisensis*, *Nautiloculina oolithica*, *Protopeneroplis striata*, *Trocholina alpina*, *Pseudocyclammia lituus* i dr.), provodne vrste alga (*Salpingoporella selli* i *Ghiroporella minima*), sitni gastropodi, pa i kolonijski koralji u prirodnom položaju rasta.



Slika 4.1. Usjek ceste u Lim vapnencima kod Brula u Poreču. Foto: Matičec, D. (2012.).

#### 4.1.1.2.2. Član MUČA

Definiran kao ooidno-bioklastični vapnenac, Muča član se zapravo nalazi unutar Lim jedinice. To su sedimenti tipični za pješčane plimske prudove, pa se javljaju kao leće debele par desetaka metara koje prstoliko lateralno isklinuju. Opći je dojam da se pravilno vertikalno izmjenjuju, no oni kao prudovi zapravo migriraju u vremenu i prostoru. Zbog načina pojavljivanja debljina Muča jedinice varira, a najveća izmjerena iznosi 47 m. Za razliku od Lim jedinice koja je, gledana na strukturni tip stijene, prilično jednolika, Muča je izuzetno raznolika po sastavu sedimentnog materijala i jasno uočljivim sedimentnim strukturama i teksturama. Budući da su ove naslage taložene na tipičnim plimskim prudovima gdje se materijal prenosi morskim strujama i valovima, česte su pojave valnih brazda i kose slojevitosti.

Debljina slojeva varira ovisno o tipu sedimenta. Peloidni i skeletni vekstoni su tanje uslojeni od ostalih varijeteta čija debljina prelazi 2,5 m. U karbonatnom mulju spomenutih vekstona nalaze se peloidi, bentičke foraminifere, skeleti zelenih algi, algalni onkoidi, fragmenti stromatoporida i dr. Mjestimice se nađu i cijeli buseni koralja. Ove naslage su

često kasnodijagenetski dolomitizirane. Ooidni grejnstoni sadrže dobro sortirane ooidne, ali i intraklaste, fragmente školjkaša i bentičkih foraminifera. Za njih je karakteristično da su zrna često samo djelomice cementirana pa im je porozitet izuzetno visok. Ooidno-bioklastični grejnstoni i radstoni osim osnovnog ooidnog sastava sadrže bentičke foraminifere, koralje, školjkaše i česte kortoide bioklasta, ali i različite fragmentirane ljušture obavijene mikritnom ovojnicom. U litotipovima stijenama s krupnim kortoidima nalazimo uvaljane koraljne busene. Porozitet ovih stijena je također izuzetno visok.



Slika 4.2. Detalj sloja iz naslaga člana Muča. Foto: Matičec, D. i Fuček, L. (2012.).

#### 4.1.1.3. Formacija POREČ (PO) - gornji titon-neokom

Tijekom kimeridža cijela Istra je zahvaćena regionalnom emerzijom izazvanom tektonskim pokretima, ali vjerojatno i istovremenom oscilacijom morske razine. Emerzija je potrajala sve do gornjeg titona, tako da je okopnjeno područje bilo izloženo dugotrajnoj eroziji i okršavanju što je dovelo do izdiferenciranog reljefa. U dubljim depresijama se kroz to vrijeme taložio boksit. Veća ležišta boksita nalazimo kod Rovinja i Funtane, ali ga ima i u okolici Gradine. Neformalna formacija Poreč se sastoji od dva člana: člana **Kirmenjaka** i člana **Zlatni rt**.

##### 4.1.1.3.1. Član Kirmenjaka (KI) - gornji titon

U gornjem titonu dolazi do transgresije mora i započinje taloženje naslaga Kirmenjaka. Taj transgresivni prijelaz iz Lim vapnenaca u Kirmenjaka je negdje obilježen pojavama

boksita, negdje je to oštra granica gotovo nevidljive stratigrafske praznine od nekoliko milijuna godina, a negdje je prijelaz obilježen pojavom transgresivnih breča. Budući da je riječ o oscilirajućoj transgresiji, debljina ovih breča doseže i 8 m. Najljepši izdanci se nalaze u okolici Vrsara i kod Rovinja.



4.3. Boksitna jama u gornjojurskim naslagama kod Rovinja s vapnencima Kirmenjaka u krovini. Foto: Matičec, D. i Fuček, L. (2012.).

Kirmenjajak je od davnina poznat kao arhitektonsko-građevni kamen izuzetne kvalitete, a znan je i pod imenom „Orsera“. Izvrsne je čvrstoće, pa je pogodan za klesanje, a otporan je i u sredinama visokog saliniteta. Za gradnju i dekoraciju koristio se od rimskog doba, pa preko Mletačke Republike do danas. Najveći promotor Kirmenjajaka kao kamena izuzetne ljepote je Venecija koja je uglavnom izgrađena od njega. Naslage Kirmenjajaka svojim pružanjem izlaze na obalu te postoji čitav niz starih napuštenih kamenoloma iz kojih se nekad vadio taj kvalitetan kamen i brodovima odvozio za Italiju i drugdje. Zona njegovog površinskog prostiranja je gotovo kontinuirana i proteže se od Poreča, preko Vinkurana, Žbandaja, Gradine i Kloštra do Rovinja. S obzirom na blagi nagib slojeva ( $3-5^\circ$ ), često ga nalazimo i kao manje „kape“ na brežuljcima unutar ovog područja, te uz more kod Funtane i Vrsara, gdje ga ima više zbog tektonski spuštenih blokova.

Po litološkom obilježju i kao strukturni tip stijene, Kirmenjajak definiramo kao stilolitizirani madston, koji je tvrdi, gusti i školjkastog loma. Njegova ukupna debljina nije ujednačena, nego je promjenljiva zbog neravnog paleoreljefa na koji se Kirmenjajak transgresivno taloži te zbog nepravilne kasnodijagenetske dolomitizacije kojom je zahvaćen vršni dio. Zbog toga mu debljina varira između 32 m (mjereno kod Rovinja) i 83 m (u kamenolomu Mondolaco). Debljina slojeva također varira jer mjestimice dolazi do raslojavanja po horizontalnim stilolitima, naročito u donjem dijelu stupa. Pretežu slojevi debljine 20-100 cm.

Najuočljivije obilježje ovih naslaga su stiloliti. Oni su horizontalnog i mrežastog tipa. Tek mjestimice, u nižem dijelu stupa, su blago zaglinjeni, pa po njima dolazi i do raslojavanja stijene. Inače, s obzirom da su vapnenci čisti bijeli madstoni, stiloliti na njima djeluju kao da

stijenu očvršćuju. Slojevi su produkt ritmičke sedimentacije koja započinje taloženjem gustog madstona, tek mjestimice prožetog bioturbacijama, koji na gore dobivaju fenestralnu građu, a završavaju tanjim proslojcima breča s crnim fragmentima („*black pebble*“). Prema gornjem dijelu stupa crne valutice se prestaju pojavljivati, a ritmička sedimentacija poprima „*desikacijske cikluse*“, tj. slojevi završavaju desikacijskim i vadoznim tvorevinama.



Slika 4.4. Gornja slojna površina sa stilolitima. Foto: Matičec, D. i Fuček, L. (2012.).



Slika 4.5. Horizontalni i mrežasti tip stilolita, okomito na slojevitost. Foto: Matičec, D. i Fuček, L. (2012.).

Gledajući na fosilni sastav, naslage Kirmenjaka su relativno siromašne stijene. To je vjerojatno zbog specifičnih uvjeta sedimentacije, koja se događa u plitkim subtajdalnim

okoljima s lagunama, zahvaćenim čestim izronjavanjima. Od fosila su određene alge *Clypeina jurrasica*, *Salpingoporella annulata*, *Campbelliella striata*, a od foraminifera *Kurnubia palasteniensis* i *Parurgonina caelinensis*.

#### 4.1.1.3.2. Član ZLATNI RT (ZR) - gornji titon-neokom

Član Zlatni rt obuhvaća gornji dio formacije Poreč. Donja granica mu nije oštra, jer predstavlja vršni dio člana Kirmenjak koji je različito zahvaćen kasnodijagenetskom dolomitizacijom. Zbog toga je debljina ovih naslaga različita duž njihovog pružanja. Najveća izmjerena iznosi 45 m.

Debljina slojeva je dosta različita, ali u prosjeku iznosi 30-150 cm. To su uglavnom debelo do masivno uslojeni krupno šećerasti kasnodijagenetski dolomiti unutar kojih se nalaze različito veliki relikti vapnenaca – stilolitiziranih madstona, koji su po svom habitusu i po strukturnom tipu stijene slični Kirmenjak vapnencima. U sebi često sadrže stratificirane nodule rožnjaka. Na temelju određenih fosila, koji su u ovim naslagama izuzetno rijetki, utvrđene su alge kampbeliele gornjotitonske starosti i favreine za koje se drži da su neokomske starosti (*Favreina dinarica* i *Favreina njegosensis*).

#### 4.1.2 KARBONATNE NASLAGE DONJE KREDE

U naslagama donjokredne starosti izdvojeno je 6 neformalnih litostratigrafskih jedinica. To su formacije: **Rovinj, Materada, Limska Draga, Dvigrad, Kanfanar i Pula.**

##### 4.1.2.1. Formacija ROVINJ (RO) - donji berijas

Obilježje formacije Rovinj je izmjena svijetlih ranodijagenetskih i tamnih kasnodijagenetskih dolomita. Oštrih je granica spram Zlatnog rta, člana formacije Poreč u podini, kao i formacije Materada koja dolazi u krovini. Debljina ovih naslaga je promjenljiva zbog sedimentacijskih, odnosno okolišnih razlika u supratajdalnoj sredini. Izmjerene debljine variraju između 25 i 52 m.

Debljina slojeva varira, a pretežu slojevi debljine 40-120 cm. Kasnodijagenetski i ranodijagenetski dolomiti su izrazito različiti po prisustvu tekstura i strukturama koje u njima dolaze. Kasnodijagenetski dolomit, koji je nastao kasnodijagenetskom dolomitizacijom peritajdalnih vapnenaca, uglavnom je krupnokristaliničan i bez vidljivih tekstura. Za razliku od njega, ranodijagenetski dolomit sadrži brojne i raznovrsne teksture i promjenljiv sastav. Tako su uočene desikacijske pukotine, fenestralna građa, stromatolitna laminacija, različiti tragovi utiskivanja, erozijski kanali i dr. Izgrađeni su od kriptokristaliničnog dolomita koji u sebi znaju imati intraklaste i peloide, vjerojatno morskim plimama i olujnim valovima naplavljenih u supratajdalni i intratajdalni okoliš gdje su zahvaćeni ranodijagenetskom dolomitizacijom. Starost ovih naslaga je utvrđena nalazom zelenih alga (*Humiella sardiniensis* i *Clypeina radici*) i određena kao stariji berijas.

Litostratigrafska jedinica Rovinj se pruža u gotovo kontinuiranom polukružnom pojasu od Rovinja, preko Sv. Lovreća do Poreča. **Zbog specifičnog izgleda i brojnih efektnih tekstura, za ove naslage je pokazan interes da se eksploatiraju kao AG kamen. Međutim, pokazao se kao izrazito tvrdi materijal koji se pod pritiskom obrade raslojavao duž oštrog kontakta ranodijagenetskog i kasnodijagenetskog dolomita. Ostaje kao potencijalna sirovina AG kamena u slučaju da se navedeni problemi tehnološki riješe i da se pokaže isplativost njegove eksploatacije i obrade.**



Sika 4.6. Izvađeni blokovi dolomita formacije Rovinj u kamenolomu Fantazija kod Rovinja. Foto: Matičec, D. i Fuček, L. (2012.).

#### 4.1.2.2. Formacija MATERADA (MA) - gornji berijas-donji valendis

Formacija Materada započinje oštrom granicom s formacijom Rovinj u podini, a ona je obilježena s posljednjom pojavom ranodijagenetskih dolomita. Izmjerena debljina ovih naslaga iznosi 135-145 m.

Stijene ove jedinice predstavljaju izmjenu različitih tipova vapnenaca. U donjem dijelu pretežu stilolitizirani madstoni koji svojim izgledom podsjećaju na vapnenice tipa Kirmenjak. Međutim, imaju stilolite zapunjene crvenicom po kojima se stijena često otvara i nisu gusti, školjkastog loma, već su krte i neotporni pa se pod udarcem lome u sitne fragmente. U gornjem dijelu jedinice Materada dominiraju fenestralni madstoni, favreinski grejnstoni, favreinski pekstoni te stromatoliti. Za ovakve litotipove vapnenaca možemo reći da su taloženi u peritajdalnim uvjetima karbonatne platforme. Debljina slojeva jako varira, ponekad prelazi i 350 cm, ali pretežu oni s debljinom 30-80 cm.

Starost naslaga koje pripadaju formaciji Materada je određena kao viši berijas – donji valendis. U njima je nađena zajednica zelenih algi (*Salpingoporella annulata*, *Clypeina radici*, *Epimastopora cekici*) i foraminifera (*Vercorsella camposaurii*, *Vercorsella tenuis*, *Valvulina lugeoni*, *Praechrysalidina infracretacea*).

**Kao što je rečeno, ove naslage su relativno krte i pod udarcem čekića se lome u sitan materijal. Stoga držimo da nisu interesantne ni kao TK za eksploataciju.**





Slika 4.7. Izdanci stilolitiziranih vapnenaca formacije Materada kod hotela Materda u Poreču. Foto: Matičec, D. i Fuček, L. (2012.).

#### 4.1.2.3. Formacija LIMSKA DRAGA (LD) - srednji-gonji valendis-otriv

Formacija Limska draga također je kao i litostratigrafska jedinica Limski kanal građena od dva litostratigrafska člana koji se međusobno prstoliko isprepleću, pa za potrebe ovog elaborata, kao i mjerila karte nisu međusobno razdvajani. To su litostratigrafski član **Gradina-Cisterna** i član **Gustinja**.

##### 4.1.2.3.1. Član GRADINA-CISTERNA (GR) - srednji-gornji valendis

Litostratigrafski član Gradina-Cisterna je niži dio formacije Limska draga. Taj član se sastoji od dva vrlo različita litotipa vapnenaca koji se vertikalno i lateralno izmjenjuju, a opisani su kao Gradina-varijetet i Cisterna-varijetet. Gradina-varijetet započinje s naglom pojavom krupnozrnatih litotipova, najčešće gastropodnih grejnstona, što granicu prema podini čini oštom i lako uočljivom. Ukupna debljina vapnenaca Gradina-varijeteta varira između 10 i 30 m. Dominiraju slojevi izrazito zrnastih struktura sa slojevitošću između 5 i 170 cm, no najčešće je ona oko 30 cm. Unutar ovog varijeteta relativno se rijetko javljaju stromatoliti, a mjestimice su naslage i kasnodijagenetski dolomitizirane. To su naslage plitkih okoliša koje se talože kao vapnenački prudovi velikih dimenzija i uglavnom od bioklastičnog materijala.

Cisterna-varijetet započinje prestankom izrazito zrnastih tipova vapnenaca (gastropodnih grejnstona). Iako su to cikličke izmjene madstona, pekstona i grejnstona, dominiraju naslage sitnijeg zrna. Najveća izmjerena debljina ovog varijeteta iznosi 38 m, a slojevitost je u prosjeku najčešće oko 40 cm. Naslage Cisterna-varijeteta vapnenaca su taložene u subtajdalnim lagunama i zaštićenim plićacima s niskom energijom vode, što znači

unutar mirnih okoliša. Gledajući kroz geološki stup, jasno je uočljiva tendencija oplićavanja facijesa koja će naročito doći do izražaja u jedinici koja slijedi u krovini.

Starost člana Gradina-Cisterna je određena kao srednji do gornji valendis i to na temelju nalaza foraminiferske zajednice i zelenih alga (*Vercorsella camposauri*, *Vercorsella tenuis*, *Vercorsella scarsllai*, *Praechrysalidina infracretacea*, *Trocholina alpina*, *Trocholina delphinensis*, *Salpingoporella annulata*, *Salpingoporella pygmaea*, *Salpingoporella istriana*, *Salpingoporella praturloni*, *Heteroporella paucicalcarena*, *Actinoporella podolica*, *Clypeina marteli* i *Dissocladella hauteriviana*). Česti su i nalazi favreina tipa *Favreina njegosensis*, a nađu se i hidrozoi tipa *Cladocoropsis mirabilis*.



Slika 4.16. U kamenolomu Šošići, naslage člana Cisterna (slika lijevo) unutar kojeg je uklopljen član Gradine koji predstavlja prudno tijelo izgrađeno od LLH stromatolita (slika desno). Foto: Matičec, D. i Fuček, L. (2012.).

#### 4.1.2.3.2. Član Gustinja (GU) - otriv

Član Gustinja je vršni, najmlađi dio naslaga izdvojene neformalne litostratigrafske jedinice Limska draga. Njegov početak je obilježen učestalom pojavom emerzija. Emerzije se nalaze unutar stijena fenestralne građe, što ukazuje na okoliš taloženja u kojem su učestala oplićavanja. S obzirom na brojnost emerzija, debljina ovih naslaga varira i iznosi između 57 – 105 m. Raspon debljine slojeva također varira, ali u prosjeku iznosi 15-60 cm.

To su različiti tipovi vapnenaca sivkaste boje koji se međusobno ciklički izmjenjuju, ali ipak se može reći da prevladavaju madstoni. Zbog oplićavanja i izronjavanja, na koje ukazuju učestale emerzije, česte su i pojave peritajdalnih breča s „*black pebble*“ fragmentima.

Starost ovog člana unutar formacije Limska draga je dokazana kao otriv i to na temelju utvrđene mikrofosilne zajednice u kojoj dolaze: *Clypeina solkani*, *Salpingoporella biokoviensis*, *Salpingoporella annulata*, *Actinoporella maslovi*, *Vercorsella camposauri*, *Vercorsella scarselai*, *Maycina bulgarica*, *Favreina njegosensis* i dr.



Slika 4. 8. Dio sloja člana Gustinja sa stromatolitima i emerzijskim brečama. Foto: Matičec, D. i Fuček, L. (2012.).

#### 4.1.2.4. Formacija DVIGRAD (DV) - barem

Litostratigrafska jedinica Dvigrad započinje oštrom granicom prema podinskoj jedinici Limska draga (članu Gustinji), koja je često obilježena gotovo 1 m debelim slojem LLH stromatolita. Ukupna prosječna debljina naslaga jedinice Dvigrad iznosi 70-ak metara. Debljina slojeva varira, ali uglavnom je između 15 i 50 cm.

Jedinicu predstavlja ciklička izmjena različitih tipova vapnenaca karakteristično smeđkaste boje, po kojoj se razlikuje od sivkaste boje vapnenaca u podini. Pretežu zrnasti litotipovi, najčešće zastupljeni s peloidnim pekstonima, koji su često bioturbirani. No, nije rijetka ni pojava bioklastičnih grejnstona, pa ni bajndstona izgrađenih od nepravilnih stromatolitnih lamina u izmjeni sa sitnozrnastim bioklastičnim i intraklastičnim varijetetima. Nešto su rjeđe pojave bioklastičnih radstona.

Starost ove jedinice je baremska na temelju utvrđene mikrofosilne zajednice koja se sastoji od: *Salpingoporella melitae*, *Salpingoporella genevensis*, *Salpingoporella biokoviensis*, *Cylindroporella ivanovici*, *Clypeina solkani*, *Sabaudia minuta*, *Vercorsella scarsellai*, *Maycina bulgarica*, *Debarina hahounerensis*, *Novallesia distorta* i dr.

#### 4.1.2.5. Formacija KANFANAR (KA) - apt

Neformalna litostratigrafska jedinica Kanfanar odikuje se oštrom granicom prema podinskoj jedinici Dvigrad, dok je gornja granica, prema krovini, obilježena pojavom emerzijskih breča te tanko pločastim naslagama. To su debelo uslojene do bankovite, masivne stijene koje strše u reljefu kao rezistentne na atmosfersko trošenje. Njihova debljina je lateralno promjenjiva zbog paleogeografije terena i iznosi 6-20 m. Debljina pojedinačnih slojeva doseže i 350 cm, ali pretežu slojevi debljine oko 100 cm.



Slika 4. 9. Baćinelski onkoidi na presjeku paralelno slojevitosti (lijevo) i okomito na slojevitost (desno). Foto: Matičec, D. i Fuček, L. (2012.).

Vapnenci ove formacije predstavljaju izmjenu žućkastih madstona i baćinelskih floutstona s onkoidima i rijetkim kršjem rekvijenidnih školjkaša. Od mikrofosila su česte *Bacinella irregularis* i alga *Salpingoporella dinarica*, a od foraminifera su određene *Palorbitolina lenticularis*, *Sabaudia briacensis*, *Sabaudia minuta*, *Vercorsella laurenti*, *Vercorsella scarsellai*, *Debarina hahounerensis*, *Maycina bulgarica* i dr. Na temelju ovakve određene mikrofossilne zajednice starost naslaga je definirana kao donji apt.

Vapnenci neformalne litostratigrafske jedinice Kanfanar su taloženi kao karbonatni mulj u plićacima ili lagunama s niskom energijom vode, gdje je donos materijala bio spor. Na to ukazuju nalazi brojnih bioturbacija.



Slika 4.10. Bankovite naslage litostratigrafske jedinice Kanfanar koja se u posljednje vrijeme vadi i pravim rudarskim zahvatima. U krovini su vidljivi tragovi albske emerzije. Foto: Matičec, D. i Fuček, L. (2012.).

#### 4.1.2.6. Formacija PULA (PU) - alb

Pred kraj donjega apta područje Dinarida je zahvatila regionalna emerzija koja je različito dugo potrajala, ovisno o paleogeografskim obilježjima terena. U Istri je ona potrajala do gornjega alba. Zbog toga u krovini jedinice Kanfanar nalazimo do 1 m debeli sloj zelenkastog laporovitog sedimenta s emerzijskim brečama u sebi, koji prelazi u tanko i dobro uslojene vapnence.

Naslage formacije Pula predstavljaju gotovo pravilnu izmjenu madstona, peloidnih pekstona i bioklastično-intraklastičnih foraminiferskih grejnstona te rijetkih proslojaka i leća krupnokristalastih dolomita. Dominiraju zrnasti litotipovi vapnenaca, a debljina pojedinih slojeva u prosjeku iznosi 5-35 cm. U njima su utvrđene brojne bentičke foraminifere i nešto rjeđe zelene alge. Najznačajniji mikrofosili su: *Debarina hahounerensis*, *Praechrysalidina infracretacea*, *Pseudonummoloculina heimi*, *Sabaudia minuta*, *Sabaudia auruncensis*, *Cuneolina parva*, *C. pavonia*, *Vercorsella scarsellai*, *V. laurentii*, "*Valdanchella*" *dercourtii*, *Neoiraquia insolita*, *Paracoskinolina fleuryi*, *Salpingoporella turgida* i dr. Od makrofosila najčešći su puževi tipa *Nerinea fleuriaui* i *N. cretacea* koji se nalaze u grejnstonima-radstonima, tankoljuštarni školjkaši iz roda *Chama* koji mogu izgrađivati i tanje lumakele te sitniji radiolitidni rudisti koji su najčešće nepravilno razbacani u muljnim vapnencima.

**Naslage formacije Pula su po svojim mehaničkim svojstvima dobar tehnički kamen, a po svom habitusu (tanko su uslojene) pogodne su i kao građevinski materijal.**

U mlađem dijelu formacije Pula pojavljuje se horizont s **kvarcnim pijescima** koji je izdvojen na litostratigrafskoj karti oznakom **kp** kao član formacije Pula. Na površini izdanke kvarcnih pijesaka nalazimo od Pule do Žminja, a dalje na sjever taj horizont isklinjuje i nestaje. Najčešće su prisutna tri sloja u obliku kvarcnog pješčenjaka (60-65 %) ili nevezanog finogranuliranog kvarcnog pijeska (30-35 %). Sediment je bijele ili svijetlosive boje, katkad s

nepravilnim proslojcima tamnije boje i onečišćen limonitnim ili boksitnim materijalom. Javlja se najčešće u nepravilnim lećama i slojevima čija debljina u prosjeku iznosi 2-3 m, a maksimalno 6 m.



Slika 4. 11. Vapnenci formacije Pula u kamenolomu tehničkog kamena Tambura. Foto: Matičec, D. i Fuček, L. (2012.).

**Ovdje treba naglasiti da je upotreba kvarcnih pijesaka kao mineralne sirovine, iz ovoga horizonta formacije Pula, vrlo široka, pa se može upotrebljavati u staklarskoj, keramičkoj, građevinskoj, kemijskoj i drugim industrijama.**

Ukupnu debljinu naslaga unutar formacije Pula nije bilo moguće izmjeriti kroz snimanje neporemećenog geološkog stupa jer takvoga, kao cjelovitog u Istri nismo mogli pronaći. Stupovi su snimljeni parcijalno, pa je ukupno debljina jedinice procijenjena na 300-350 m.

#### 4.1.3. KARBONATNE NASLAGE GORNJE KREDE

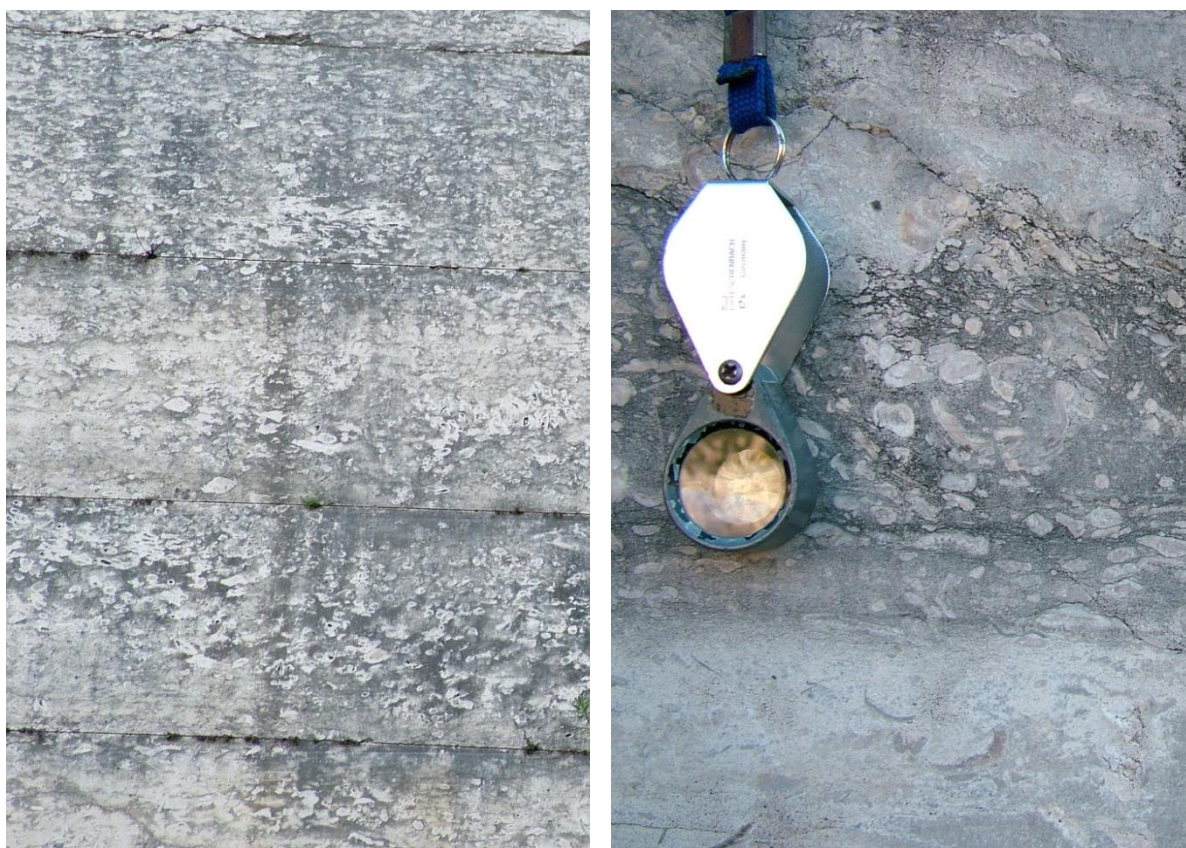
U naslagama gornjokredne starosti izdvojene su 3 neformalne litostratigrafske jedinice. To su formacije: **Rušnjak**, **Sveti Duh** i **Gornji Humac**.

##### 4.1.3.1. Formacija RUŠNJAK (RU) - cenoman

Prijelaz alba u cenoman, odnosno donje u gornju kedu je lateralno vrlo raznolik. Zna biti kasnodijagenetskih dolomita, ili je prijelaz u vapnenačkom razvoju s naglom pojavom rudistnih floutstona, ili pak u 60 m debelim naslagama madstona u kojima su rijetki ostrakodi i još rjeđi proslojci sitnozrnatog peloidnog pekstona.

Neformalna litostratigrafska jedinica Rušnjak zahvaća izuzetno različite litotipove vapnenaca. Naime, tijekom cenomana se intenzivira sinsedimentacijska tektonika i stoga dolazi do čestih i naglih promjena u podvodnom paleoreljefu, pa je učestala i diferencijacija facijesa u lateralnom i vertikalnom smislu. Stoga ne čude česte izmjene madstona, različitih tipova vekstona (ostrakodnih, foraminiferskih), te bioklastično-intraklastičnih pekstona, grejnstona, floutstona i radstona. U takvoj sredini započinju rudisti graditi svoje grebene pa ih nalazimo u mjestu rasta kao grebenski materijal, zatim preko razorenih grebena - floutstona, do krupnozrnastih i sitnozrnastih dobro sortiranih bioklastičnih prigrebenskih materijala.

Sinsedimentacijska tektonika tijekom srednjeg do gornjeg cenomana dovodi do okopnjavanja nekih dijelova Istre (Pazin-Buzet-Bujština). Ti dijelovi će egzistirati kao kopno sve do paleogenske transgresije. Za razliku od tih područja, lateralno nastaju depresije u kojima dolazi do produbljanja facijesa tako da nailazimo na supratajdalne, pa preko peritajdalnih, do tajdalnih i subtajdalnih facijesa. Dolazimo u zone zaštićenih laguna i nešto dubljih podmorskih depresija gdje se taloži sitnozrnasti karbonatni mulj kao tanko uslojene do laminirane, pločaste naslage u kojima su česti nalazi fosilnih riba. U srednjem do gornjem cenomanu značajna je i zona izuzetno bogata organskim bitumenom. To su možda i naznake nadolazećeg anoksičnog oceanskog događaja (AOE) koji je globalnog karaktera, ali zasigurno ima odjeka i na karbonatnim platformama. Kao događaj, definiran je na prijelazu cenomana u turon. Te bituminozne stijene najčešće su tanko uslojene i laminirane, međutim javljaju se i u rudistnim floutstonima, gdje se na pr. u kamenolomu *Lucija II* bitumen doslovno cijedi iz stijene.



Slika 4. 12. Slojevi rudistnih klinoformi u kamenolomu Vinkuran (lijevo) i bituminoznih rudistnih floutstona u kamenolomu Lucija I (desno). Foto: Matičec, D. i Fuček, L. (2012.).

Ovakva raznolikost cenomanskih facijesa upućuje na činjenicu da zona ovih naslaga treba biti detaljno geološki iskartirana na kartama većeg mjerila kako bi se pronašli i definirali položaji grebenskih tijela i njihovih popratnih prigrebenskih facijesa, jer su upravo to materijali interesantni za industriju arhitektonsko-građevnog kamena.

Od brojnih fosila koji su bili značajni za odredbu starosti ove litostratigrafske jedinice (cenoman), za donji cenoman je određena mikrofosilna zajednica s foraminiferama: *Praealveolina iberica*, *Ovalveolina maccagnoae*, *Biplanata peneropliformis*, *Nezzazata simplex*, *Nezzazata conica*, *Cuneolina pavonia*, *Nummuloculina heimi*, *Sellialveolina viallii* i

dr. U srednjem cenomanu su određene foraminifere: *Chrysalidina gradata*, *Broeckina (Pastrickella) balcanica*, *Nezzazata concava*, *Nummoloculina regularis*, *Pseudolituonella reicheli*. U vršnom dijelu cenomana su uz ostale prisutne i foraminifere *Pseudorhapydionina laurentis* te *Vidalina radoicicae*.



Slika 4. 13. Kosi setovi prudnih tijela u kamenolomu Marušići kao jedan od varijeteta različitih litotipova vapnenaca formacije Rušnjak. Foto: Matičec, D. i Fuček, L. (2012.).



Slika 4. 14. Laminirani i tankopločasti stromatolitni vapnenci formacije Rušnjak kod Bazgalja. Foto: Matičec, D. i Fuček, L. (2012.).



Kroz cijeli cenoman se javljaju rudisti i to kaprinidni (*Caprina carinata*, *Caprinula masuni*, *Caprinula scharpei*, i dr.), radiolitidni (*Praeradiolites fleuriausus*, *Sauvagesia scharpei*, *Radiolites peroni* i dr.), zatim *Ichtyosarcollites tricarinatus*, *Ichtyosarcollites bicarinatus* i *Ichtyosarcollites poljaki*. Česte su pojave i drugih školjkaša kao na pr. *Chondrodonta joannae* i *Chondrodonta munsoni*.

**Zbog svega navedenog u litofacijsnom opisu izdvojene jedinice i u činjenici da su pojedini horizonti bili još od davnina interesantni za pridobivanje kvalitetnog ukrasnog kamena, gotovo cijela formacija Rušnjak predstavlja jednu vrlo perspektivnu zonu mineralne sirovine za eksploataciju kako blokovskog AG kamena tako i za druge građevinske namjene. Posebno su uočene impozantne količine debelih rudistnih tijela i njihovih prigrebenskih facijesa koje mogu predstavljati perspektivne rezerve za kvalitetni AG kamen.**

Debljina izdvojenih naslaga formacije Rušnjak je neujednačena zbog različite paleogeografije tog prostora. Zbog toga je u sjeverozapadnom dijelu županije debljina cenomanskih vapnenaca oko 200 m, dok je u jugoistočnom dijelu i do 400 m.

#### 4.1.3.2. Formacija SVETI DUH (SD) - gornji cenoman-donji turon

Naslage litostratigrafske jedinice Sv. Duh na površini Istarske županije su izdvojene u južnom i jugoistočnom dijelu od Premanture i Medulina, preko U. Budava, Krnice i Barbana na sjever do ruba paleogenskog bazena. Zatim na obroncima središnjeg dijela Labinskog poluotoka, sjeveroistočno od Rabca, kao i na sjeveru Županije na Ćićariji u širem području Planika. Manje pojave izdanaka nalaze se i u okolici naselja Lanišća, Vodica i Jelovice.

Naslage Sv. Duh formacije obilježene su uslojenim i slabo uslojenim vapnencima svijetlosive, svijetlosmeđe i gotovo bijele boje. Slojevi su pretežito debeli 0,5 - 1 m s izraženim crijepolikim ili gromadastim lučenjem osobito kad je slojevitost slabije izražena.



Sl. 4. 15. Izdanci pelagičkih vapnenaca Sv. Duh formacije uz cestu istočno od Barbana. Foto: Matičec, D. i Fuček, L. (2012.).

Vapnenci su dominantno muljne osnove strukturnoga tipa madstoni-vekstoni-pekstoni s dominantno pelagičkim česticama među kojima dominiraju kalcisferulide pitonelomorfna tipa, rjeđe globotruncanide i premještene manje bentičke foraminifere. Od makrofosila najznačajniji su nalazi amonita među kojima su utvrđene vrste: *Vascoceras (P.) grossouvrei*, *V. bacoicense*, *V. gamai*, *Acanthoceras cenomaniensis*, *A. palaestinense*, *Schindewolfites inaequicostatus*, *Nigericeras cf. costatum* i dr. Od ostalih makrofosila utvrđena su školjke *Exogyra overwegi tamalleni*, *Pycnodonta biauriculata* i *P. vesicularis*, te nekoliko primjeraka ježinaca iz familije *Cidaroidea* i *Echinobrissidea* kao i fragmenti radiolitidnih rudista. Mikrofosilna zajednica se sastoji od sljedećih oblika: *Pithonella ovalis*, *P. sphaerica*, *P. innominatus*, *Globotruncana* sp., *Globigerina* sp., *Thaumatoporella parvovesiculifera*, *Nezzazata simplex*, *Miliolidae*, *Radiolaria* i spikule spužvi. Utvrđeni amoniti i pelagički mikrofosili ukazuju na dubokomorski taložni okoliš i povezanost ovog dijela Jadranske karbonatne platforme s otvorenijim morima tijekom gornjega cenomana i donjega turona.

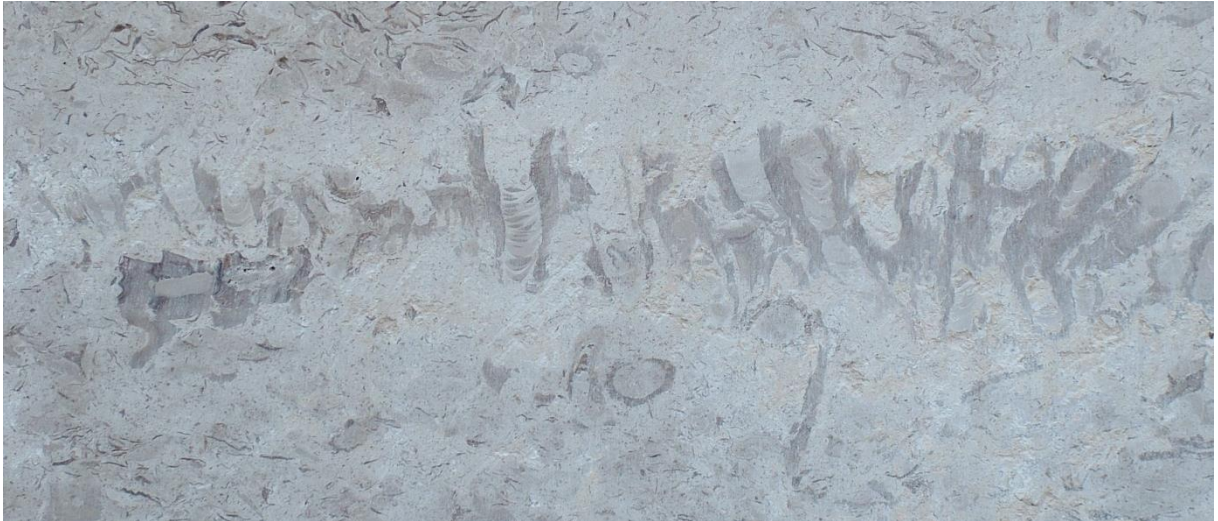
Ukupna debljina istaloženih naslaga unutar formacije Sveti Duh dosta varira i iznosi između 80 i 120 m.

**Vapnenci izdvojene litostratigrafske jedinice Sv. Duh su relativno slabo uslojeni ili masivni, ali s istaknutim raslojavanjima i lučenjem, tako da predstavljaju tek potencijalnu mineralnu sirovinu kao tehnički kamen u građevinskoj industriji.**

#### **4.1.3.3. Formacija GORNJI HUMAC (GH) - turon-kampan**

Naslage izdvojene kao formacija Gornji Humac u normalnom superpozicijskom slijedu dolaze iznad vapnenaca formacije Sv. Duh i njihovo pojavljivanje na površini je vezano uz pojavljivanje pelagičkih naslaga jedinice Sv. Duh. Dakle, na površini Istarske županije naslage Gornjega Humca nalazimo u južnom i jugoistočnom dijelu od Premanture i Medulina, preko Kavrana, Zaljeva Raše, Raškog polja, pa na sjever do ruba paleogenskog bazena, te na obroncima i uz obalu središnjeg dijela Labinskog poluotoka, sjeverno od Rabca, zapadno od M. Učke te na sjeveru Županije u uskim zonama uz sami rub sjeveroistočne županijske i državne granice.

Formacija Gornji Humac je predstavljena vapnencima različitih strukturnih tipova od madstona, vekstona-pekstona, grejnstona i floutstona-radstona s promjenjivim udjelima bentičkih foraminifera, algi i rudista te sitnijih neskeletnih čestica. Slojevitost je dobro izražena, tako da pojedini slojevi najčešće iznose 20-50 cm, a pojedini grebensko-prigrebenski horizonti su i debeloslojeviti do masivni. Boja vapnenaca je najčešće svijetlo sivo-smeđa do gotovo bijela. Vršni dijelovi jedinice su jako rekristalizirani, porozni i mogu biti ružičasto ili sivo obojeni. Vapnenci su taloženi u plitkomorskim (subtajdalnim) okolišima s promjenjivom energijom vode i promjenjivim udjelom rudista. Tako se u vertikalnom slijedu mogu izmjenjivati slojevi madstona-vekstona-pekstona s bentičkim foraminiferama, eolisakusima i taumatoporelama sa slojevima različite debljine u kojima dominiraju fragmenti i cijele ljuštore rudista. Takvi rudistni floutstoni imaju vrlo promjenjivu debljinu i pojavljivanje kako lateralno tako i vertikalno zbog migracije i isklinjavanja rudistnih tijela uslijed promjena i migracije facijesa na karbonatnoj platformi. Vapnenci s većom količinom rudista taloženi su u zaštićenim grebensko-prigrebenskim facijesima, tako da se u svijetlosivkastoj osnovi od sitnozrnastog bioklastičnog materijala nalaze tamnosive i svijetlosmeđe različito velike ljuštore rudista u različitim položajima, pa i u primarnom položaju rasta što posebno daje vrlo atraktivan izgled ovakvih stijena.



Slika 4. 16. Jedan od ispiljenih blokova u kamenolomu „Valtura 1 i 2“ gdje se lijepo vidi okomiti presjek sloja floutstona s rudistima u primarnom položaju rasta. Foto: Matičec, D. i Fuček, L. (2012.).



Slika 4. 17. Brojni presjeci radiolitidnih vrsta *Biradiolites angulosus* i/ili *Distefanella raricostata* također u ispiljenim i trenutno napuštenim blokovima AG kamena u kamenolomu „Valtura 1 i 2“. Foto: Matičec, D. i Fuček, L. (2012.)

Izdvojene naslage u okviru formacije Gornji Humac zastupljene su dominantno vapnencima u kojima se nalazi vrlo bogata kako mikro tako i makrofauna. Utvrđena mikrofosilna zajednica sastoji se od sljedećih najvažnijih vrsta: *Decastronema (Aeolisaccus) kotori*, *Thaumatoporella parvovesiculifera*, *Scandonea samnitica*, *S. mediterranea*, *Murgella lata*, *Moncharmontia apenninica*, *Pseudocyclammina sphaeroidea* i *Dicyclina schlumbergeri*, te brojne druge manje značajne miliolide i nezazatide. Od makrofosila najznačajniji su rudisti među kojima se ističu sljedeći oblici: *Hippurites cf. requieni/incisus*, *H. resectus*, *Vaccinites*

*giganteus*, *Vaccinites* cf. *rouseli/inferus*, *Vaccinites salopeki*, *V. extremus*, *V. gosaviensis*, *V. vredenburgi*, *V. chaperi*, *V. inaequicostatus*, *Distefanella raricostata*, *Biradiolites angulosus*, *B. chaperi*, *B. angulosissimus*, *Gorjanovicia costata*, *Bournonia excavata* kao i brojne druge radiolitidne vrste rodova *Gorjanovicia*, *Medella*, *Lapeirousia*, *Biradiolites*, *Bournonia*, *Durania*, *Sauvagesia* itd.

Na temelju utvrđene vrlo bogate mikrofosilne foraminiferske i makrofosilne rudistne zajednice, starost formacije Gornji Humac je g.turon - g.santon/kampan. Debljina izdvojene litostratigrafske jedinice Gornji Humac na površini Istarske županije je vrlo različita i u njenom sjevernom dijelu iznosi 70-100 m, dok u jugoistočnom dijelu može iznositi i preko 400 m.

**Ovaj izuzetno atraktivni vapnenac će sigurno u bliskoj budućnosti ponovno probuditi interes tržišta za ovakvim AG kamenom. Zbog toga za daljnje utvrđivanje površinskog pojavljivanja ovako perspektivnih i eksploatabilnih horizonata, potrebna su detaljnija geološka istraživanja prostornog pružanja ovog, ali i drugih rudistnih grebensko-prigrebenskih tijela, kao i njegove lateralne facijese koji isto znaju biti ineresantni kao perspektivni horizonti za eksploataciju AG kamena. Zbog visokog postotka CaCO<sub>3</sub> ovi su vapnenci potencijalno perspektivni i u kemijskoj industriji.**

#### 4.1.4. NASLAGE PALEOGENA

U naslagama paleogenske starosti izdvojene su 4 neformalne litostratigrafske jedinice. To su: **Liburnijske naslage**, **Foraminiferski vapnenci**, **Prijelazne naslage te Eocenski klastiti i fliš**.

##### 4.1.4.1. LIBURNIJSKE NASLAGE (LN) - paleocen

Na području Istarske županije Liburnijske naslage na površini dolaze samo u njenom jugoistočnom dijelu i to od istočne obale poluotoka Ubas i Uvale Koromačna prema sjeveru-sjeverozapadu preko sela Diminići, brda Babrin, od Raše do Labina, Sv. Martina i na sjever do Podpićana. Transgresivno i diskordantno leže na različitim jedinicama gornjokredne starosti.

Litološki, Liburnijske naslage sastoje se od breča, vapnenaca i ugljena. Direktno na gornjokrednim vapnencima dolaze breče koje se u donjem dijelu sastoje isključivo od fragmenata podinskih gornjokrednih vapnenaca, zatim postaje šarolik sastav dijelom i s paleogenskim ulomcima. Iznad breča dolaze sivosmeđi i tamni bituminozni vapnenci slojevitosti 5-20 cm, zatim tanko do pločasto uslojeni vapnenci s proslojcima i lećama sedimentnih breča i ugljevitih vapnenaca. Zatim slijede laporoviti i bituminozni tamnosivi i smeđi vapnenci, breče i slojevi ugljena te u vrhu uškrljeni i listićavi smeđi fosiliferni vapnenci. U donjem dijelu Liburnijskih naslaga, stariji „kozinski slojevi“ predstavljeni su raznolikom slatkovodnom i brakičnom faunom i florom, dok gornji dijelovi predstavljaju prijelaz u marinsku sredinu taloženja.

U kozinskim slojevima česti su vapnenci s haracejskim rodovima *Nitella* i *Lagynophora*, uz koje dolaze i ostaci lišća različitoga tropskoga bilja (*Cinamomum* sp.), različite vrste puževa roda *Stomatopsis* i *Cosinia*, rodovi *Megastoma*, *Hydrobia*, *Planorbis*, *Cerithium* i od školjkaša *Cyrena*, a u krovini Liburnijskih naslaga nađeni su puževi *Melania* sp., *Charydrobia* sp., *Bradia* cf. *tergestina*, *Tudora* cf. *liburnica* i školjka *Perna istrice*. Od bentičkih foraminifera dolaze sitniji oblici miliolida, tekstularia i rijetke alveoline te *Orbitolites complanatus*. Fosilni sadržaj upućuje na paleocensku starost Liburnijskih naslaga.

Slojevi s ugljenom mogu biti debljine od nekoliko cm do preko 3 m. Na pojedinim mjestima ima i do 100 slojeva ugljena koji su vjerojatno tektonski ponavljani, a u području Labina ukupna debljina čistog ugljena iznosi i do 15 m.

Debljina Liburnijskih naslaga iznosi 100-150 m, dok Kozinski slojevi mogu biti debeli od 80 do 120 m.

**Sa aspekta mineralnih sirovina, ugljen svakako predstavlja značajnu sirovinu, pa tako zonu perspektivnosti zapravo predstavlja izdvojena jedinica *Liburnijske naslage (LN)* poglavito u jugoistočnom dijelu Županije.**

#### 4.1.4.2. FORAMINIFERSKI VAPNENCI (FV) - donji-srednji eocen

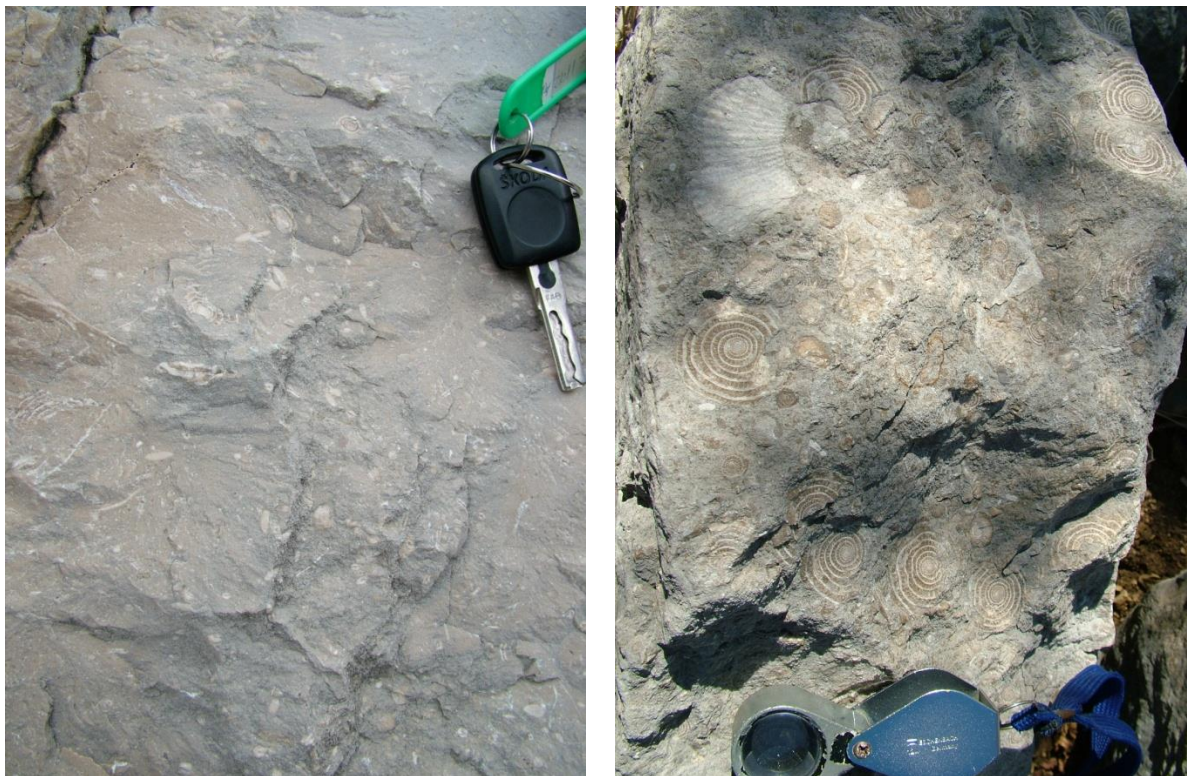
Naslage Foraminiferskih vapnenaca na površini nalazimo u sjeveroistočnom dijelu Istarske županije i to po pravcu SZ - JI od: istočno od Umaga, preko Brtonigle - Vižinade - Pazina - Raše do Uvale Koromačno, na zapadnim i južnim padinama Učke i na širokim jugozapadnim padinama Ćićarije. Manje, izolirane pojave Foraminiferskih vapnenaca nalaze se jugozapadno od ruba paleogenskog bazena u području Kaštelir - Labinci - Markovac.

Uobičajena podjela Foraminiferskih vapnenaca je na *miliolidni vapnenac*, *alveolinski vapnenac* i *numulitni vapnenac*. Međutim, jasno razdvajanje pojedinih vapnenaca nije uvijek moguće, jer zbog velike vertikalne i lateralne raznolikosti facijesa, najčešće dolazi do mješanja glavnih foraminiferskih skupina u najrazličitijim omjerima, ili izostanka pojedinih skupina.

U jugoistočnom području Županije (Labinski poluotok) u krovini Liburnijskih naslaga, odnosno u bazi Foraminiferskih vapnenaca dolazi maksimalno 20-tak metara debeli slijed naslaga koji se može izdvojiti kao *miliolidni vapnenac*. Taj slijed naslaga zastupljen je gustim, svijetlosmeđim ili sivkastim dobro uslojenim vapnencima u kojima prevladavaju miliolidne i druge bentičke foraminifere: *Quinqueloculina* sp., *Triloculina* sp., *Glomospira* sp., *Coscinolina alvus*, *C. liburnica*, *Alveolina aromea*, *A. (Glomalveolina) cf. minutula*, *Orbitolites complanatus* itd. Starost im je određena kao paleocen-donji eocen.

U ostalom području, transgresivno na kredni paleoreljef obično dolazi *alveolinsko-numulitni vapnenac* s vrlo promjenjivim omjerom alveoline - numuliti. Obično, u nižim dijelovima naslaga prevladavaju alveoline, a u višim numuliti. Slojevitost može biti vrlo različita, od dobro uslojenih paketa do slabo slojevitih, gromadastih i masivnih slojeva. Boja također varira od svijetlosmeđih, svijetlosivih, do gotovo bijelih (osobito u nižim, pretežito alveolinskim dijelovima), te smeđih i sivih nijansi u mlađim, numulitima bogatim slojevima, pa do zelenkastih varijanti uglavnom od glaukonitnih zrna u samom vrhu pretežno numulitnog vapnenca.

Od alveolina u ovim naslagama utvrđene su: *Alveolina (Glomalveolina) lepidula*, *A. parva*, *A. canavari*, *A. oblonga*, *A. rutimeyeri*, *A. elongata*, *A. ovoidea*, *A. boschi*, *A. bacillum*, *A. gigas* i dr. Od numulita najznačajnije su vrste: *Nummulites ramondi*, *N. discorbinus*, *N. striatus*, *N. perforatus*, *N. complanatus*, *N. gizehensis*, *N. laevigatus*, *N. milecaput* i dr. Porastom broja numulita u vrhu Foraminiferskih vapnenaca povećava se i broj asilina, tako da neki taj dio naslaga nazivaju i *asilinski vapnenac*. Od asilina utvrđene su: *Assilina praespira*, *A. spira*, *A. exponens*, *A. mammilata* i dr. Na temelju utvrđene mikrofossilne zajednice starost ovog dijela Foraminiferskih vapnenaca je donji-srednji eocen.



Sl. 4. 18. *Alveolinsko-numulitni* horizont Foraminiferskih vapnenaca u kamenolomu Vranja (lijevo) i *Asilinski* horizont Foraminiferskih vapnenaca u napuštenom kamenolomu Istranka (slika desno). Foto: Matičec, D. i Fuček, L. (2012.).

Debljina *alveolinsko-numulitnih* vapnenaca jako varira i iznosi od 50 do maksimalno 150 m i kada se tomu doda oko 20-tak metara *miliolidnog* vapnenca, ukupna debljina Foraminiferskih vapnenaca bi iznosila između 70 i 170 m, a ponegdje je moguće i više.

**Određeni dijelovi izdvojene jedinice Foraminiferskih vapnenaca su perspektivni i koriste se za eksploataciju kao tehnički kamen, ili za pridobivanje većih blokova kao AG kamen. Pri tome su za tehnički kamen pogodni pretežito mješani, alveolinsko-numulitni vapnenci, dok su kao AG kamen posebno perspektivni gornji dijelovi izdvojene jedinice FV, poznati kao *asilinski horizonti* i to samo u fronti ljuškave građe Ćićarije.**

#### 4.1.4.3. PRIJELAZNE NASLAGE (PN) - srednji eocen

Izdvojena jedinica Prijelazne naslage na površini Istarske županije nalazi se na užim područjima Pazinskog, Labinskog i Plominskog bazena, u jugoistočnom dijelu Ćićarije i Učke. U većini navedenih područja te naslage dolaze kontinuirano na izdvojenoj jedinici Foraminiferskih vapnenaca i predstavljaju prijelaz u produbljavanje paleogenskog bazena i početak taloženja klastičnih naslaga s flišnim obilježjima.

Prijelazne naslage se sastoje od *slojeva s rakovicama* i *lapora s globigerinama*. *Slojevi s rakovicama* pružaju se u uskim zonama uz *numulitne vapnenice* ili *asilinski horizont* Foraminiferskih vapnenaca. Sastoje se od laporovitih vapnenaca i vapnenih lapora te gomoljastih vapnenaca. Često sadrže brojna glaukonitna zrna koja im daje zelenkastu boju. Uz čestu pojavu rakovica iz roda *Harpactocarinus*, u ovim slojevima utvrđeni su: *Nummulites perforatus*, *N. laevigatus*, *N. auricus* i *Assilina spira* te sitnije foraminifere kao

globigerine, globorotalije, lagenide i anomalinide. Slojevi s rakovicama pripadaju donjem dijelu srednjeg eocena (lutetu) i njihova debljina ne prelazi 5 metara.

Gornji dijelovi Prijelaznih naslaga predstavljani su *laporima s globigerinama* koji nisu svugdje razvijeni u navedenom području pojavljivanja Prijelaznih naslaga. Naslage se sastoje od plavkasto-zelenkastih lapora i tanjih proslojaka pješčenjaka. Laporu obiluju vapnenačkim planktonom, osobito globigerinidama i globorotalijama među kojima se ističu: *Globigerina conglomerata*, *Gl. eocena*, *Gl. venezuelana*, *Gl. baueri*, *Gl. frontosa*, *Acarinina bullbrookii*, *A. triplex*, *A. rotundimarginata*, *Globigeropsis kugleri*, *G. indeks*, *Truncorotaloides topilensis*, *Hantkenina liebusi*, *H. lehneri*, *Globorotalia spinulosa* i dr.

Laporu s globigerinama sadrže i tanke proslojke pješčenjaka koji se sastoje od gusto zbijenih kućica vapnenih organizama, velikih foraminifera, sitnijih fragmenata litotamnija, brioza i ježinaca, dok sami laporu koji sadrže do 55 %  $\text{CaCO}_3$  imaju i nešto pirita, malo glaukonita, sulfata, anhidrita, barita, te vrlo malo granata i cirkona u vapnenom detritusu. Kao i *slojevi s rakovicama*, tako i *laporu s globigerinama* pripadaju starijem dijelu srednjega eocena (lutetu). Debljina *lapora s globigerinama* jako varira i iznosi do 80 m, iako neki bušotinski podaci ukazuju i na veću debljinu.

#### 4.1.4.4. EOCENSKI KLASTITI I FLIŠ (EKF) - srednji i gornji eocen

Veliki dio Istarske županije, poglavito središnji i sjeveroistočni, pokriven je klastičnim naslagama koje smo izdvojili kao neformalnu litostratigrafsku jedinicu i nazvali *Eocenski klastiti i fliš* (EKF). Na površini, *Eocenske klastite i fliš* nalazimo u sjevernom dijelu Županije, u području između Momjana i Buzeta te između Buja i Oprtija, zatim u središnjem dijelu, prostranog Pazinskog bazena i na jugoistoku Županije u području Plominskog i Labinskog bazena.

Litološki, izdvojena jedinica EKF se sastoji od lapora, pješčenjaka, breča, brečokonglomerata i konglomerata, te rjeđe i slojeva vapnenaca. Iako navedeni eocenski klastiti (pretežito vapnenačkog karaktera sedimentacije) ne odgovaraju svojim obilježjima tipskim naslagama fliša u Alpama, imaju neka obilježja fliša kao što su ritmičko izmjenjivanje šljunkovito-pjeskovito-siltoznih sedimentata, izražena gradacija zrna, oštar kontakt pješčenjaka s laporima u podini te pojave orijentiranih sedimentnih tekstura i bioglife. Naslage su obilježene obiljem fosila i lateralno promjenjivim debljinama slojeva.

**Laporu** su najzastupljeniji litotip u slijedu izdvojenih eocenskih klastita kako po debljini, tako i po učestalosti pojavljivanja. Sadrže između 23-77%  $\text{CaCO}_3$  koji je uglavnom mikrofosilnoga podrijetla. Ovisno o udjelu pelitnog siliciklastičnog materijala i postotku  $\text{CaCO}_3$  možemo razlikovati glinovite lapore, kalcitične gline ili muljnjake, kalcitom bogate lapore i rjeđe glinovite vapnence. Općenito, laporu su zelenkastosive, sive i žućkaste boje, te obiluju dobro očuvanom zajednicom planktonskih foraminifera. U laporima su utvrđene planktonske foraminifere: *Turborotalia centralis*, *Globigerinotheca barri*, *Globorotalia spinulosa*, *Globigeropsis indeks*, *Truncorotaloides rohri* i *Hantkenina alabamensis*, zatim od drugih vapnenačkih foraminifera *Lagenide*, *Dentalina*, *Nodosaria*, *Anomalinide*, *Buliminide* i dr. Od teških minerala u laporima su utvrđeni: klorit, biotit, granat, epidot, glaukofan, cirkon i turmalin. Debljina intervala lapora jako varira i može iznositi od 10-tak centimetara do preko 50-tak metara.

**Laporu predstavljaju vrlo perspektivnu sirovinu za korištenje u cementnoj industriji, pa tako i cijela izdvojena jedinica EKF predstavlja jednu veliku potencijalno perspektivnu zonu s laporima kao sirovinskom bazom. Za detaljnije izdvanje**

**perspektivnih horizonata lapora unutar jedinice EKF, potrebna su i detaljnija istraživanja.**

**Pješčenjaci** po sastavu najviše odgovaraju tipu kvarckalkarenita i rjeđe kvarckalksilita, a sastoje se od siliciklastičnih i karbonatnih zrna. Boja im je obično plavičasta, a kod trošnih prelazi u sivkastu, smeđkastu i žućkastu. Vrlo su kompaktni zbog vapnenog veziva. Karbonatna zrna se sastoje od fragmenata transportiranih bentičkih foraminifera i alga, a od ostalih čestica dolaze subangularna zrna kvarca, rjeđe feldspata, čerta i listićavih minerala (muskovit, biotit, klorit). Od teških minerala prevladavaju granati i cirkoni, turmalin i rutil, a pojavljuju se još kromit, kloritoid, epidot i staurolit, te često autigeni glaukonit i pirit. Od sedimentnih tekstura uočeni su tragovi tečenja, otiranja, virova i tragovi jačih turbiditnih strujanja. U dijelovima sitnozrnastog pješčenjaka vidljiva je horizontalna, kosa i valovita slojevitost, tragovi plaženja i bioglifi. Od mikrofosila prevladavaju aglutinirane bentičke foraminifere kao *Cyclamina amplexans*, *Ammodiscus latus*, *A. incertus*, *A. gorayski*, zatim *Glomospira charoides*, *Haplophragmoides walteri*, *Trohaminoides irregularis*, *Rhabdamina eocaenica*, *Bathysiphon eocaenicus*, *Recurvoides reflexiformis*, *Plectina fallax*, *P. eocaenica*, *P. dalmatina*, *Marsonella* sp. i dr., a od planktonskih foraminifera brojne vrste rodova *Globigerina* i *Globorotalia*. Svi pješčenjaci spadaju u dobro sortirane sedimente (koeficijent sortiranosti 1,02-1,30) sa srednjom veličinom zrna između 0,12 i 0,19 mm. Debljina pojedinih slojeva u donjem dijelu izdvojene jedinice iznosi do maksimalno 220 cm, dok u višim dijelovima slijeda eocenskih klastita iznosi 1-6 cm.

**Pojedini debeli slojevi pješčenjaka sa svojim fizičko-kemijskim osobinama također predstavljaju potencijalnu mineralnu sirovinu za ograničenu eksploataciju kao građevni kamen za lokalnu upotrebu ili u industrijske svrhe, ali za njihovo detaljno prostorno izdvajanje potrebna su daljnja istraživanja.**

**Breče i konglomerati (bk)** pojavljuju se u izdvojenoj jedinici EKF nekoliko puta (3-9) i to najviše u rubnim područjima, dok se prema središtu bazena stanjuju i potpuno izostaju. Najistaknutiji je bazalni horizont u slijedu eocenskih klastita koji se može pratiti duž sjevernog i istočnog ruba bazena. Osnovno obilježje izdvojenih slojeva je najčešće postupan prijelaz naviše iz bazalnog krupnozrnastog dijela u sitnozrnasti vapnenac tipa biokalkarenita. Ulomke i fragmente u brečama i konglomeratima tvore pretežito brojni ostaci velikih bentičkih foraminifera, koralja, litotamnija, hidrozoja, briozoja te valutice i kršje krednih i paleogenskih vapnenaca. Od foraminifera prevladavaju numuliti, asiline i diskocikline kao *N. millicaput*, *N. perforatus*, *N. gizehensis*, zatim *Assilina spira*, *A. eksponens* i dr. U brečama se nalaze i gnijezda lapora sa planktonskim foraminiferama kao što su *Hantkenina alabamensis*, *Turborotalia centralis*, *Globigerina pseudoeoceana*, zatim *Truncorotaloides topilensis*, *Globigerapsis kugleri* i *Globorotalia spinulosa*. Gornji dijelovi gradacijskog slijeda predstavljaju foraminiferski vapnenci - biokalkareniti koji se sastoje pretežito od gusto pakiranih cijelih i slomljenih kućica bentičkih foraminifera i algi, te rijetkih zrna kvarca, biotita, klorita, muskovita i glaukonita. Većina utvrđene mikro i makrofaune u brečama-konglomeratima je pretaložena. Veličina ulomaka i valutica može iznositi 1 do 20 cm (rijetko i veći blokovi), a debljina pojedinih slojeva, koji se markantno ističu u reljefu, može biti od 3 do 8 m, dok u središnjim dijelovima bazena debljina slojeva drastično opada i iznosi 0,2-0,5 m.





Sl. 4. 19. Vrlo kompaktne breče uz potok Sorbar sjeverozapadno od Marušića. Izraženi brečoliki reljef na trošnoj površini sloja (slika lijevo) i na svježem prijelomu (slika desno). Foto: Matičec, D. i Fuček, L. (2012.).

Na temelju utvrđene mikro i makrofosilne zajednice, najveći dio istaloženih naslaga unutar izdvojene jedinice EKF je srednje do gornjoeocenske starosti, a gornjoeocenska starost utvrđena je nalazom vrste *Globigerina corpulenta* u laporima koji se nalaze jedino na uzvišenjima s južne i sjeverne strane doline Mirne, u području oko Momjana, Buja i Oprtija. Ukupna debljina istaloženih eocenskih klastita i fliša u području Istarske županije može iznositi između 300 i 700 metara.

**U donjem dijelu jedinice EKF ima nekoliko markantnih slojeva breča-konglomerata-vapnenaca koji svojom debljinom, kompaktnošću i atraktivnim izgledom predstavljaju potencijalnu perspektivnu zonu za eventualnu ograničenu eksploataciju AG kamena. S obzirom na lateralne i vertikalne promjene u sastavu tih debelih tijela, zonu pružanja breča-konglomerata-vapnenaca kod Marušića bi trebalo detaljnije istražiti kao i duž cijelog pružanja izdvojene zone perspektivnosti koja je naznačena na geološkoj karti.**

#### 4.1.5. KVARTARNE NASLAGE ISTRE

Kvartarne naslage su najmlađe naslage na površini terena Istarske županije. Nalaze se svugdje kao manje, ili nešto veće, izolirane pojave, neznatnih debljina i vrlo različitog genetskog porijekla. Od najznačajnijih kvartarnih naslaga ovdje spomenutih, izdvojit ćemo:

zemlju crvenicu (terra rossa), pijesak i les (prapor), aluvij, jezerske naslage te deluvijalno-proluvijalne naslage u koje spadaju obronačni materijali različitog sastava i strukture (kršje, sipari i siparišne breče).

#### 4.1.5.1. ZEMLJA CRVENICA (TERRA ROSSA) (ts)

Terra rossa prekriva u obliku tankog, ponegdje i debljeg rastresitog nesuvislog pokrivača dosta velika prostranstva u području Istre. Njena je debljina varijabilna i najvećim dijelom iznosi 0,5-1 m. Deblje naslage crvenice nalazimo u ponikvama i prostranim udolinama današnjeg krškog reljefa. Znatniju debljinu terra rossa ima osobito u zaravnjenom području poljoprivrednog dobra Valtura i pulskog aerodroma (istočno od Pule), te u nekoliko prostranijih dolina u obalnom području južno od Pule. U dolini Budava, koja predstavlja kopneni produžetak zaljeva Budava, izmjerena je debljina zemlje crvenice od 6-10 m. Ona je ovdje znatnim dijelom nanešena s okolnih vapnenačkih platoa. Osim toga, crvenica katkad ispunjava podzemne kaverne i špilje u karbonatnim stijinama. Mjestimično, debljina zemlje crvenice dostiže i preko 20 m i to osobito kad ispunjuje veća udubljenja u krškom reljefu. Prostranija područja pokrivena debelom terra rossom osobito su česta u području jurskih naslaga između Poreča i Rovinja, zatim u području valendiskih i otrivskih naslaga, a u manjoj mjeri i barem-aptskih naslaga. U području mlađih krednih naslaga pokrov crvenice je tanak i jako isprekidan. Debljina opada idući u smjeru istoka.

Terra rossa je karakteristična za krško područje Dinarida. Ona je u području Istre prvenstveno rezultat intenzivnog kemijskog trošenja karbonatnih stijena pod utjecajem oborinske vode, koja je počela nakon potpune emerzije krajem eocena. Nakon vjerojatne intenzivne erozije mlađih paleogenskih naslaga, kredna karbonatna podloga južne Istre bila je ponovno podvrgnuta intenzivnoj denudaciji u kojoj dominira hidrokemijsko trošenje vapnenca. Tijekom kvartara traje i intenzivna penepelenizacija područja. Zemlja crvenica, kao netopivi talog hidrokemijskog trošenja krednih karbonatnih stijena, bila je u znatnijoj mjeri deponirana prvenstveno u udubine krškog reljefa, a dijelom je površinskim tokovima transportirana na veće udaljenosti ili je odnašana kroz brojne ponore u podzemlje.

Vapnenci iz Istre sadrže u prosjeku vrlo visoki postotak  $\text{CaCO}_3$ , što pokazuje da je hidrokemijskim trošenjem pri postanku crvenice morala biti otopljena velika količina karbonatnih naslaga. Osim hidrokemijskog procesa, za nastajanje i taloženje crvenice vrlo su važni i drugi egzogeni čimbenici – vjetar (eolska djelatnost) i površinske tekućice. Naime, novija znanstvena istraživanja ukazuju nam na poligenetsko porijeklo terra rosse i kao poligenetska tvorevina ona je stvarana kroz duže vremensko razdoblje u uvjetima tople i dosta vlažne klime. Prema tome, možemo zaključiti da je crvenica samo djelomično kvartarne starosti. Jedan dio crvenice nastao je i raspadanjem boksita. To nam dokazuju mnoge bušotine koje su pokazale da u bazi paleogena ima crvenice.

Terra rossa je u suhom stanju praškasta i vjetar je lako raznosi. Navlažena, ona postaje plastična i nepropusna, te se zahvaljujući tome u ponikvama i drugim udolinama mjestimice zadržava duže vremena oborinska voda (lokve). Pošto dugo zadržava vlagu, zemlja crvenica je odlična kao obradivo tlo, te na njoj dobro uspijevaju vinova loza, voće i povrće, masline, žitarice i ostale kulture.

Zbog velike rasprostranjenosti i intenzivne crvene boje terra rosse često se za cijelo jursko-kredno krško područje središnjeg, zapadnog i jugozapadnog dijela istarskog poluotoka upotrebljava naziv „Crvena Istra“.

#### 4.1.5.2. PIJESAK I LES (PRAPOR) (p)

Na poluotocima Mrlera i Premantura, te na nekim otocima u Medulinskom zaljevu razvijene su naslage neuslojenog pijeska, koji poput nesuvislog pokrivača prekriva kredne ili paleogenske naslage. Debljina ovih naslaga je vrlo varijabilna, a mjestimično doseže do 6 m. Pijesak je uglavnom jako onečišćen limonitom, a mjestimice i slabo povezan glinovitom supstancom. Katkad sadrži vapnenačke konkrecije. Jednim je dijelom pomiješan i sa zemljom crvenicom.

Opisane naslage pijeska ustvari predstavljaju les (prapor) i potpuno slične onima na otocima Susku i Unije. Slične se naslage javljaju i u sjevernoj Istri na poluotoku Savudrija, uz južnu obalu Piranskog zaljeva. U okolici mjesta Savudrija les (prapor) ima debljinu od 1 do 9 metara.

O genezi ovih pijesaka mišljenja se dosta razilaze. Jedni su njihovo porijeklo povezali s radom podmorskih izvora, drugi su ih smatrali riječnim nanosima, a treći pak eolskim naslagama (što je prema novijim istraživanjima vjerojatno i najtočnije). Eolska djelatnost se očitovala u znatnijoj mjeri osobito za vrijeme pleistocena, kad se taloži pijesak, odnosno les (prapor), koji najvjerojatnije vodi porijeklo od fluvio-glacijalnih naslaga područja sjevernojadranske depresije, a vjerojatno je vjetrom donosan i fini saharski pijesak, te vulkanski pepeo iz tad jako aktivnih vulkana u području Italije. Dio pijeska je odnašan i u unutrašnjost Istre gdje se miješao sa zemljom crvenicom.

#### 4.1.5.3. ALUVIJ (al)

Dolina rijeke Mirne i doline većih potoka u području klastičnih naslaga Pazinskog paleogenog bazena ispunjene su znatnim dijelom aluvijalnim nanosom. Taj se nanos sastoji najvećim dijelom od gline i ilovače sive i sivoplave boje. Mjestimično su ove naslage debele i do 10 m, te imaju i praktičnu primjenu u ciglarskoj industriji (ciglarstvu). Glina i ilovača nastale su trošenjem eocenskih lapora i nanošenjem mulja u doline. U manjoj količini u aluviju se nalaze i pijesak te šljunak.

#### 4.1.5.4. JEZERSKE NASLAGE (j)

Jezerske naslage dolaze u Čepićkom polju. One su dosta debele, a sastoje se od jezerskih pijesaka, glina i ilovače, koje su u novije vrijeme u sjevernom dijelu i na ostalim obodima polja prekrivene nanešenim grubljim klastičnim materijalom. Kvarterni pijesci i gline Čepić polja, zajedno s nanosima krupnijeg materijala, leže na laporima flišolike serije. Debljina ovih pijesaka i glina kreće se od 3 do 28 m, kako je to utvrđeno u bušotinama.

#### 4.1.5.5. SIPARI I SIPARIŠNE BREČE (s)

Sipari kao nevezani i siparišne breče kao slabo vezani sediment se javljaju na padinama karbonatnih stijena Čićarije i Učke i duž svih strmih obala rijeke Raše i mora. Prostiranje im je dosta veliko, a debljina im je vrlo neujednačena, može biti manje od metra pa do 10-ak metara. Siparišne breče su nastale od sipara, lomljenjem i gravitacijskim urušavanjem karbonatnih stijena sa strmih viših dijelova padina. Vezivo im je ili karbonatno, ili zemlja crvenica.

## 4.2. TEKTOGENEZA I MINERALNE SIROVINE

U srednjem trijasu, kada dolazi do odvajanja afričkog promontorija od matičnog kontinenta Gondvane, započinje egzistiranje Južne tetiske megaplatforme. Njezinom dezintegracijom krajem donje jure (taorcij) nastaje Centralna mediteranska karbonatna platforma čiji je dio i Jadranska karbonatna platforma. Zahvaljujući svom geografskom položaju, klimatskim uvjetima i kompletnom eko sustavu (od saliniteta do prozirnosti morske vode) nastali su preduvjeti za masovni razvoj organizama vapnenačkog skeleta. Ta „tvornica“ karbonatnog materijala trajala je s manjim lokalnim, ali i regionalnim prekidima kroz cijeli mezozoik, sve do kraja krede. Idealni balans produkcije materijala i subsidencije platforme, omogućio je stvaranje debelog karbonatnog kompleksa koji u Dinaridima varira u debljini između 3500 i 5000 metara.

Najstarije naslage u Istri pripadaju jurskim sedimentima i to gornjoj srednjoj juri (batkalovij). Uz pojavu lokalnih manjih emerzija koje su posljedica sinsedimentacijske tektonike, slijedi kontinuirana karbonatna sedimentacija koja završava s donjim oksfordom (gornja jura) kada dolazi do regionalne emerzije, koja je potrajala sve do gornjeg titona. Tijekom te kopnene faze nastaju velika ležišta jurskih boksita od kojih kao primjer svakako treba spomenuti ležište kod Rovinja.

Nakon emerzije koja je potrajala sve do gornjeg titona (kraj gornje jure), započinje transgresija i taloženje vjerojatno najpoznatijeg i najcjenjenijeg AG kamena u Istri - **Kirmenjaka**. S vremenom su se mijenjali uvjeti sedimentacije (oscilacije morske razine, salinitet, prisutnost vulkanskog-tufitičnog materijala, vjerojatno i manje promjene temperature mora što objašnjava pojave i nestanke pojedinih vrsta), pa tako kirmenjaka zamjenjuju neke drugačije više muljevite ili zrnastije stijene što čine regionalno prepoznatljive litostratigrafske jedinice. Karbonatna sedimentacija je potrajala sve do gornjeg apta. Tada ponovo započinje regionalna emerzija mora i kopnena faza koja traje sve do gornjeg alba. Međutim, prije emerzije, u donjem aptu se talože za Istru značajne naslage - **Istarski žuti** ili **Kanfanar**. Nakon ponovno duže kopnene faze, započinje taloženje naslaga gornjeg alba s kojima završava donja kreda.

Svakako treba napomenuti da su oscilacije razine mora kroz donju kredu rezultat ne jake sinsedimentacijske tektonike i oscilacije razine svjetskog mora. Međutim, unatoč tektonike koja održava kopno u dijelu Istre (zapadnoistarska antiklinala) kroz veći dio donje krede, taložni prostor je stabilan i cjelovit što se vidi kroz jednolično protezanje lateralnih facijesa. Ležišta AG kamena nisu izolirane pojave, već se jednolično zonalno prate duž svog cjelokupnog pružanja kroz Istru.

S početkom gornje krede se situacija drastično mijenja. Cenoman, kao najdonji dio gornje krede, lateralno dosta različito započinje. To mogu biti pojave rudistnih floutstona, pa i cijelih grebena, dolomitizirane zone, fosilno sterilni bijeli vapnenci, izmjene madstona i peloidnih pekstona-grejnstona s novim foraminiferskim vrstama i dr. Sve upućuje na jednu novu dinamiku koja je zahvatila ne samo Istru već cijelu Jadransku karbonatnu platformu. U stvari, to je početak dezintegracije platforme gdje će kroz vrijeme koje slijedi uloga tektonskih pokreta postajati sve značajnija. Naime, i manji pokreti mijenjaju morfologiju dna i stvaraju različite uvjete sedimentacije. Stoga imamo značajne promjene litofacijesa i litotipova stijena u lateralnom i vertikalnom smislu. Pojave AG kamena u cenomanu ne predstavljaju više zone neprekidnog pružanja, već izolirana tijela materijala koji su nastali u specifičnim uvjetima, na pr. prudna tijela u formi leća sitnozrnatog, dobro sortiranog litoklastičnog vapnenca kod **Istarskih toplica**, grebenski i prigrrebenski materijali „**Marušića**“ i „**Marčane**“, ali i produkti zaštićenih lagunarnih okoliša u kojima nastaju tanko uslojeni

vapnenci i laminiti, tzv. „riblji facijes“. U takvim zaštićenim i tektonski produbljenim lagunama javljaju se i tanko uslojene stijene bogate bitumenom. I u tu sredinu taloženja za olujnog vremena more i valovi znaju nabacati fragmente razorenih grebena pa i rudistni floutstoni mogu imati crni matriks (na pr. **kamenolom „Lucija“**).

Lateralni se facijesi ponovo ujednačavaju krajem cenomana-početkom turona kada uz sve prisutniju tektoniku dolazi i do značajnijeg porasta razine svjetskog mora i kada na platformi dolazi do jačanja utjecaja otvorenog mora. Produkt sedimentacije u ovim dubljim facijesima su sitnozrnasti muljni vapnenci (madstoni) s obiljem planktonskih foraminifera i kalcisfera. Primjer takvih naslaga nalazimo u donjem dijelu **kamenoloma „Most Raša“**.

Tektonika, čije blage pokrete pratimo kroz gotovo cijelu donju kredu i čija je posljedica okopnjavanje centralnog dijela „zapadnoistarske antiklinale“, rezultat je djelovanja regionalnog stresa s najvećim pritiskom ( $\sigma_1$ ) po pravcu sjever-sjeverozapad - jug-jugoistok. Kao što je već rečeno, po ovom pravcu djelovanja regionalnog stresa tektonski se pokreti intenziviraju u srednjem-gornjem cenomanu, formirajući prostrane plikativne strukture (bore) u formi antiklinorija (koji zahvaća centralnu i zapadnu Istru, a koji prema istoku-jugoistoku prelazi u sinklinorij, pa opet u antiklinalu strukturu Učke). Znači, antiklinalne strukture se izdižu i širi se kopneno područje koje će se zadržati sve do transgresije mora u paleogenu. Sinklinalne depresije dodatno se produbljavaju, ali zbog velike produkcije karbonatnog materijala u rubnim dijelovima bazena, one se postupno zapunjavaju. Zapunjavanjem bazena se s vremenom opet uspostavljaju plitkomorski facijesi u kojima nastaju izolirani rudistni grebeni sa svojim prigrébenskim facijesima (na pr. **kamenolom „Valtura“**). U njima će sedimentacija potrajati sve do santona-kampana, kada definitivno nestaje kredno more s područja Istre. No tektonski pokreti su, iako slabi, i dalje prisutni. Oni su najznačajniji faktor okopnjavanja najvećeg dijela Jadranske karbonatne platforme krajem krede.

Okopnjavanje Istre u gornjoj kredi je značajno s aspekta mineralnih sirovina, jer su u to vrijeme, pa sve do transgresije paleogenskog mora, taloženi boksiti. Boksiti su zapunjavali depresije u reljefu koje su se javljale u obliku dubokih vrtača, uglavnom na prejecištima gotovo međusobno okomitih rasjednih sustava. Zanimljivo je da ih nalazimo uglavnom u gornjoj kredi i tek mjestimice u albu iako je cijela Istra u to vrijeme bila kopno.

Transgresija mora u paleogenu je dio globalnih događanja, a na Jadranskoj karbonatnoj platformi je popraćena početkom orogenetskih tektonskih pokreta. Na platformi dolazi do promjene pravca po kojem do tada djeluje najveći regionalni stres te on započinje djelovati po pravcu sjeveroistok-jugozapad. To ujedno znači i početak nastajanja dinarskih struktura, tj. struktura dinarskog pravca pružanja (sjeverozapad-jugoistok). Transgresija je u Istri zahvatila kompletno područje, pa tako danas nalazimo erozijske ostatke foraminiferskih vapnenaca na gotovo svim litostratigrafskim članovima donje i gornje krede. Preplavlivanje nije dugo potrajalo, jer tektonski pokreti nove orijentacije ubrzano izdižu neke dijelove platforme, dok se u drugima formiraju bazeni/sinklinalne depresije pružanja sjeverozapad-jugoistok (dinarskog pravca pružanja), u koje se voda povlači. Foraminiferski vapnenci koji dolaze s prvim poplavlivanjem mora sadrže foraminifere koje su facijesni fosili i one upućuju na sredinu relativno plitkog okoliša taloženja. Migrirajući u prostoru i povlačeći se u rubne dijelove nastajućih bazena, ukazuju na dinamiku promjena u paleoreljefu. Foraminiferski vapnenci su kao AG kamen vrlo cijenjeni. Jedan od njihovih varijeteta, koji se javlja u nešto dubljem priobalnom facijesu, su naslage koje su se vadile u kamenolomu kod Lupoglava poznate pod imenom „**Istranka**“.

Produbljanjem bazena, u njegovom središnjem dijelu nestaju uvjeti za život foraminifera i drugih organizama vapnenog skeleta, pa umjesto vapnenaca započinje taloženje masivnih lapora. Daljnjim produbljanjem stvaraju se uvjeti za taloženje fliša, čija

je starost dokazana kao srednji i gornji eocen. Unutar njega ima turbiditnih slojeva koji mogu biti interesantni kao AG kamen, ali i kao sirovina za drugu vrstu industrije. Riječ je o karbonatnim brečo-konglomeratima (na pr. **kamenolom „Sorbar“**) koji svojim sastavom i strukturom mogu biti zaista efektni dekorativni materijali, te o siliciklastičnim slojevima kao na pr. u **okolici Paza i Brusa** koji sadrže visoki postotak kvarca. Velikim priljevom klastičnog materijala, ali i izdizanjem područja zahvaćenog orogenetskim pokretima, bazeni se postupno zapunjavaju i oplićavaju. Na flišu se ponovno započinju taložiti lapori koji ukazuju na pliću sredinu sedimentacije koja potpuno završava s gornjim eocenom-donjim oligocenom. U to vrijeme tektonski pokreti poprimaju dominantnu ulogu u preoblikovanju nekadašnje Jadranske karbonatne platforme i započinje intenzivno izdizanje Dinarida. U razdoblju formiranja Dinarida, kompresivna tektonika u Istri izdiže područje Čićarije i nagurava ga prema jugozapadu na tzv. **Pazinski flišni bazen**. To ima za posljedicu nastanak „ljuskave strukture“ u kojoj se u niz navrata ponavlja slijed naslaga od miliolidnih foraminiferskih vapnenaca do lapora. Dijelom se stare, naslijeđene strukture preboravaju, a najčešće dolazi do reaktiviranja rasjednih struktura.

Iako možemo reći da se Dinaridi izdižu i danas, osnovna obilježja njihove morfogeneze su dovršena početkom pliocena. Tada dolazi do ponovnog zakretanja pravca po kojem djeluje najveći regionalni stres u pravac približno sjever-jug. To je početak neotektonskih pokreta čiju posljedicu najčešće vidimo u reaktiviranju postojećih struktura, koje su povoljne orijentacije na pravac djelovanja novog režima stresa.

Izdizanje područja Istre i njezinog zaleđa tijekom tercijara i kvartara imalo je za posljedicu ispiranje i trošenje sedimentnih stijena, tako da nastaju debeli aluvijalni nanosi u dolinama postojećih riječnih tokova. Trošenje i resedimentacija nastalog površinskog rastresitog materijala se događa i na zaravljenom području Istre koje je blago nagnuto prema moru. Na taj način nastaju debele naslage crvenice u priobalnom dijelu (debljine i preko 10 m). Vjerojatno dio tog materijala potječe od destrukcije boksitnih ležišta na sjeveru.

Od kvartarnih sedimenata, kao potencijalnu mineralnu sirovinu za industrijsku proizvodnju treba spomenuti i ležište lesa (prapora) na Savudriji. Riječ je o eolskom materijalu koji je ovdje nanešen tijekom pleistocena, kao produkt klimatskih uvjeta u to vrijeme.