

1222·2022
800
ANNI



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

**DIPARTIMENTO DEI BENI CULTURALI: ARCHEOLOGIA, STORIA
DELL'ARTE, DEL CINEMA E DELLA MUSICA**

Corso di Laurea Magistrale in Scienze Archeologiche

*Modelling ancient teeth. Rilievo 3D e creazione di un database
morfometrico del record dentario dalla necropoli del CUS-
Piovego di Padova (VI-IV sec. a.C.)*

Relatore:

Ch.mo Prof. Massimo VIDALE

Correlatore:

Ch.mo Prof. Giuseppe SALEMI

Laureanda:

Antonina MAFODDA

Matricola: 2024124

INDICE

| | |
|---|---------|
| INTRODUZIONE | pag. 1 |
| CAPITOLO 1: La necropoli del CUS-Piovego di Padova | pag. 3 |
| 1.1. Il contesto storico-archeologico | pag. 3 |
| 1.2. Il campione osteologico | pag. 7 |
| 1.3. Il campione ad inumazione | pag. 8 |
| CAPITOLO 2: Il dente: fonte inesauribile di informazioni | pag. 11 |
| 2.1. Il dente: biologia, funzioni | pag. 11 |
| 2.2. Informazioni ricavabili dai denti | pag. 16 |
| 2.3. L'importanza dell'applicazione delle metodologie 3D nello studio dei reperti dentari | pag. 18 |
| CAPITOLO 3: Materiali e metodi | pag. 21 |
| 3. 1. Il campione dentario della necropoli del CUS-Piovego di Padova | pag. 21 |
| 3.2. Rilievo 3D | pag. 22 |
| 3.2.1. Introduzione | pag. 22 |
| 3.2.2. Acquisizione del dato | pag. 24 |
| 3.2.3. Processamento dei dati | pag. 26 |
| 3.3. Individuo V | pag. 33 |
| CAPITOLO 4: Risultati e discussione | pag. |
| | |
| CONCLUSIONI | pag. |
| BIBLIOGRAFIA | pag. |
| Appendice | pag. |

INTRODUZIONE

Lo studio si inserisce nella moltitudine di analisi e ricerche che sono state fatte sulla necropoli del CUS-Piovego, Padova, iniziate tra il 1975 e il 1977, proseguendo tra il 1986 e il 1989, dall'allora Istituto di Archeologia dell'Università di Padova. La necropoli, databile tra la metà del VI e la metà del IV secolo a.C., con una prevalenza di sepolture databili tra VI e V secolo a.C., ha restituito 132 incinerazioni, 24 inumazioni, 7 deposizioni di cavalli e una sepoltura bisoma di uomo e cavallo.

In questa tesi si è deciso di approfondire lo studio e l'osservazione dei resti dentari delle sepolture ad inumazione, sulle quali sono state già effettuate, e saranno effettuate in futuro, altre analisi (Capasso 2020; Capasso *et al.* 2022), con il fine di stabilire il loro stato di conservazione ed estrapolare informazioni utili alla ricostruzione dello stile di vita di questi individui, per scoprire le loro abitudini, le loro diete, la loro mobilità, insomma, per ricostruire il profilo biologico della popolazione antica cui il campione in studio fa riferimento. La bioantropologia offre, infatti, preziose informazioni sulle interazioni avvenute tra antichi gruppi umani e l'ambiente naturale e socioculturale in cui vivevano.

Aspetto positivo dei denti è quello di riuscire a conservarsi nel tempo all'interno dei contesti archeologici. Essi hanno una grande importanza, in quanto considerati una fonte di informazione inestimabile.

Il campione dentario analizzato per questo studio comprende 16 individui, appartenenti a sepolture ad inumazione portate in luce durante gli scavi effettuati tra il 1975 e il 1977. Le analisi antropologiche sono state condotte presso il Servizio di Bioarcheologia del Museo delle Civiltà (RM) e presso il Laboratorio di Archeologia di Ponte di Brenta dell'Università degli Studi di Padova (PD), sotto la supervisione del Dr. Luca Bondioli e della Dott.ssa Alessandra Sperduti.

Dopo un inquadramento sul contesto archeologico ed antropologico, e una breve valutazione sui loro rapporti, si è discusso brevemente riguardo la stima del sesso e dell'età alla morte degli inumati, in quanto questi ultimi saranno l'oggetto principale delle analisi trattate in questa tesi. Le analisi di antropologia dentaria hanno rivelato, in alcuni casi, la presenza di usure extra/para-masticatorie.

Considerato lo stato di conservazione abbastanza compromesso dei reperti dentari presi in esame, si è, successivamente, deciso di utilizzare uno scanner a luce strutturata, in quanto costituito da un tipo di tecnologia non invasiva e non a contatto, con lo scopo di elaborarne modelli 3D ad altissima risoluzione che possono essere manipolati, misurati e visualizzati ripetutamente, senza doversi sempre recare in laboratorio o in magazzino.

Si è anche deciso di effettuare delle analisi più approfondite, prendendo in esame gli elementi dentari meglio conservati, ovvero quelli che appartengono e costituiscono l'inumato V, che presenta i resti dell'osso mandibolare praticamente integro, con 10 denti.

Le metodologie di analisi del materiale scheletrico umano si sviluppano nel tempo, procedendo dai primi del 1700 fino ad oggi, con l'utilizzo di approcci tradizionali che i laboratori di Antropologia fisica di tutto il mondo continuano ad utilizzare. Scopo dell'elaborazione dei dati ricavati dalle acquisizioni, quindi, non è quello di promuovere metodologie che "sostituiscono" quelle classiche, ma valutare fino a che punto le nuove tecniche di acquisizione del dato 3D possano integrare ed arricchire le procedure ed i metodi utilizzati in un laboratorio di Antropologia.

Obiettivo principale di questo lavoro è creare, mediante acquisizioni 3D e foto ad altissima risoluzione dei resti dentari degli inumati del CUS-Piovego, un database affidabile che possa servire da supporto per gli studi futuri e che costituisca un ampliamento del contenuto informativo dei dati a disposizione per suggerire nuove prospettive di ricerca in campo antropologico.

CAPITOLO 1

LA NECROPOLI DEL CUS-PIOVEGO DI PADOVA

1.1 IL CONTESTO STORICO-ARCHEOLOGICO

La necropoli del CUS-Piovego (PD), inquadrabile complessivamente tra la metà del VI e la metà del IV secolo a.C. - con una netta prevalenza di sepolture databili tra VI e V secolo a.C. -, è stata indagata tra il 1975 e il 1977 (Calzavara Capuis, Leonardi 1979) e tra il 1986 e il 1989 (Leonardi 1990) dall'allora Istituto di Archeologia dell'Università di Padova.

La necropoli si trova nella località detta Isola di S. Lazzaro, anche nota come 'Isola dei Morti', nell'immediata periferia orientale di Padova ed è delimitata a Nord dal canale medievale Piovego, e a Sud dal corso del canale Roncajette, corrispondente in parte all'antico corso del *Meduacus*/Brenta in uscita dalla città. Come per le altre necropoli già individuate in via S. Massimo, Tiepolo e Ognissanti, anche il polo funerario del CUS-Piovego si trovava sulla sponda settentrionale del *Meduacus*/Brenta, asse portante della città sia in epoca preromana che romana (Calzavara Capuis 1979; Gallo 1965) (Fig.1).

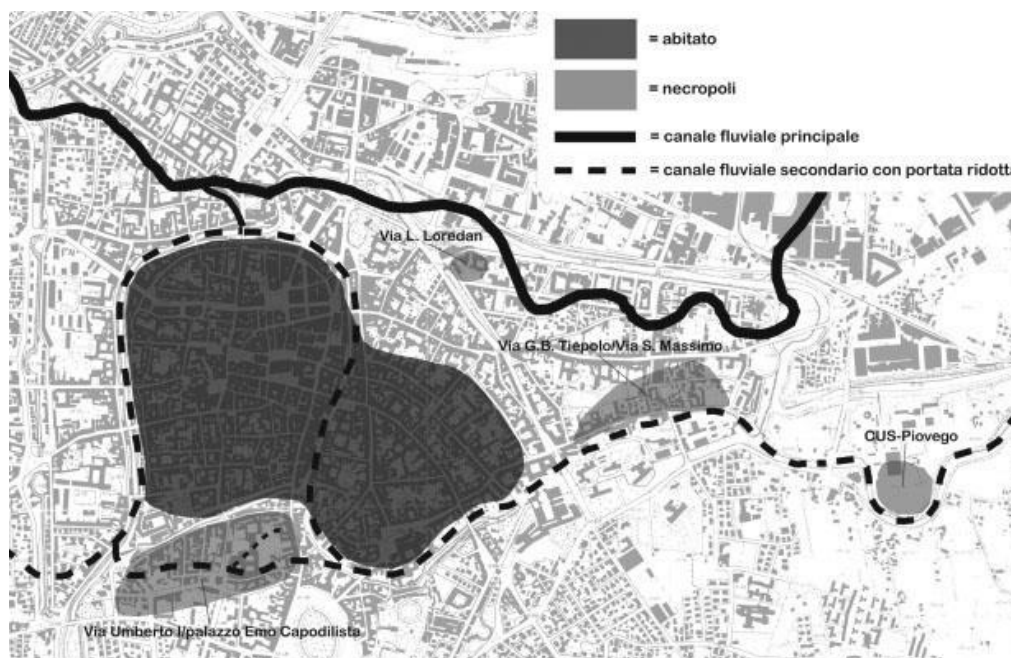


Fig. 1: distribuzione dei nuclei funerari e abitativi paleoveneti (da Ruta Serafini 1990)

La campagna di scavo del biennio 1975-1977 ha restituito 132 incinerazioni, 24 inumazioni e 7 deposizioni di cavalli (Leonardi 2004; Depellegrin *et al.* 2015) comprese in un'area di 4000 mq e disposte su una fascia con orientamento Nord-Ovest/Sud-Est parallela all'antico corso del *Meduacus*/Brenta.

Nel 1977, sono state avviate le prime prospezioni geofisiche nell'area, adottando il sistema di rilevamento magnetometrico, utile a registrare delle anomalie indicative della presenza di strutture e accumuli di origine antropica (Cucarzi 1981; Leonardi 1992) (Fig.2). Successivamente, sotto la direzione del prof. Giovanni Leonardi, sono state avviate nuove campagne di scavo tra il 1986 al 1989 (Leonardi 1989; 1990; 1991; Leonardi *et al.* 1992).

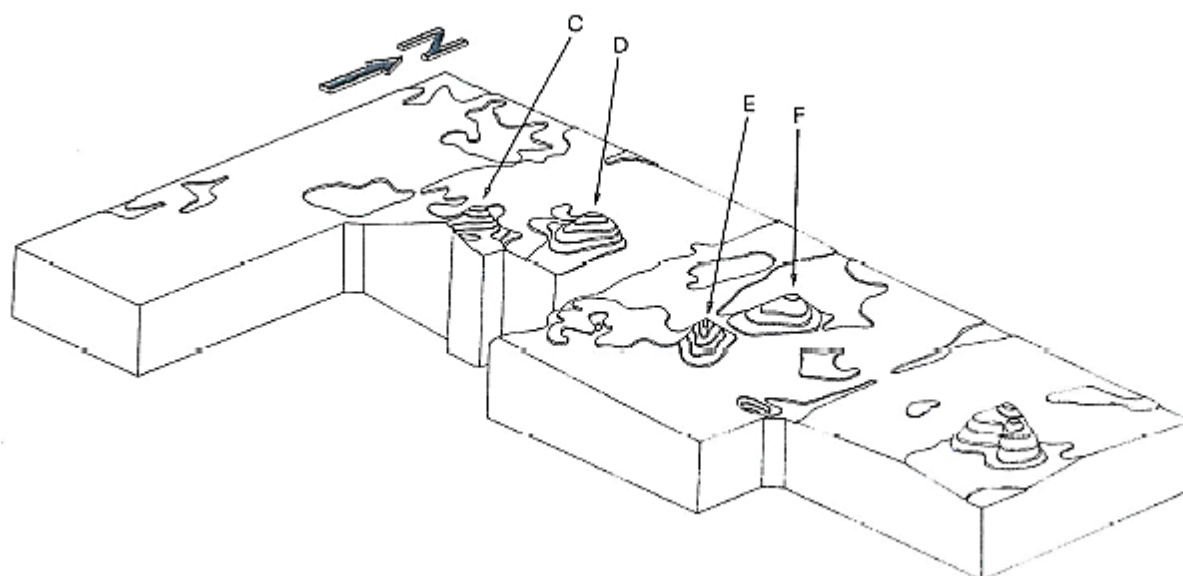


Fig. 2: rappresentazione assonometrica delle anomalie magnetiche prodotte dalle tombe (da Cucarzi 1981)

Le tombe si collocano tra la seconda metà del VI e gli inizi del IV secolo a.C.

Le indagini escludono un utilizzo dell'area per scopi funerari in un periodo precedente. Sussistono invece indizi di una possibile prosecuzione dell'uso dell'area anche successivamente, nel IV Periodo Atestino, ma l'impatto agrario ha notevolmente danneggiato le evidenze relative a tale fase, tanto che è di fatto impossibile valutarne le caratteristiche dal punto di vista sia qualitativo, sia quantitativo.

Le tombe a incinerazione si dividono in due tipologie:

- a dolio, cioè con ossuario e corredo depositi all'interno di un grande vaso da derrate chiuso da elementi in materiale deperibile, verosimilmente assi di legno (Fig. 3);

- c.d. terragna, cioè con ossuario e corredo deposti in una fossa munita e chiusa verosimilmente con assi di legno (Fig. 4). Le sepolture appartenenti a questa categoria risultano essere le più ricche per quanto riguarda il corredo d'accompagnamento (Calzavara Capuis 1979).

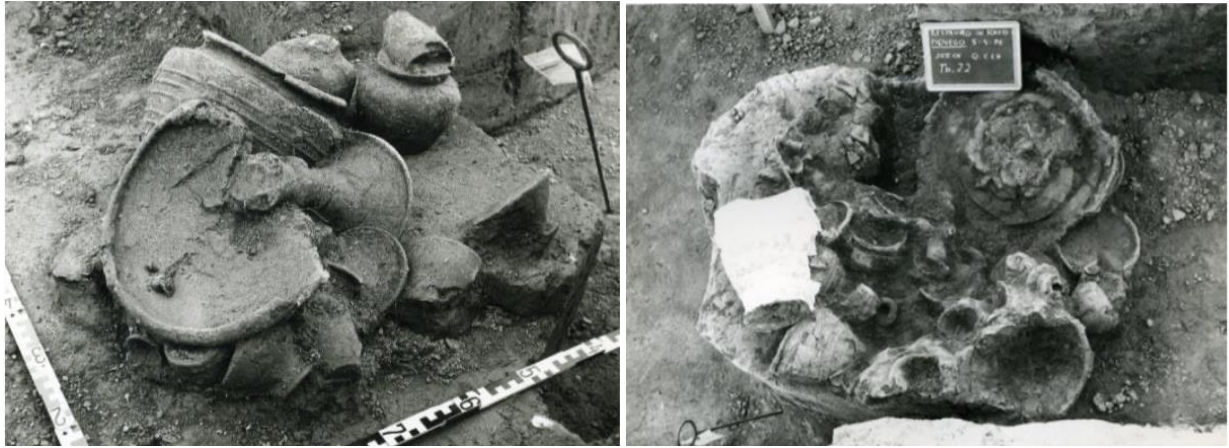


Fig. 3-4: a sinistra tomba a incinerazione della tipologia a dolio; a destra tomba a incinerazione della tipologia c.d. terragna.

Le tombe a inumazione sono tutte in fossa terragna e prive di protezione o segnacoli esterni che ne indichino la presenza (Fig. 5). Sebbene siano state osservate differenze riguardo l'orientamento (testa a Est, Ovest e Nord), la giacitura (supini, sul fianco destro, sul fianco sinistro, bocconi) e il tipo di disposizione (in tombe singole o in coppia), tutte le sepolture si caratterizzano per una sostanziale assenza di corredo; laddove presente, esso è limitato a pochi vasi d'accompagnamento.

Tutte le deposizioni insistono sullo stesso livello stratigrafico, costituito da un terreno argilloso molto compatto che copre a sua volta uno strato sabbioso-argilloso sottostante, inerente ai materiali fluviali del Brenta. I livelli hanno un andamento ondulato, che conferisce alla zona una fisionomia a dune o dossi (Leonardi 1990).



Fig. 5: inumazione UFC.2

Indipendentemente dal rituale funerario adottato per il trattamento dei corpi, non si registrano sovrapposizioni tra le sepolture: questo indurrebbe a ipotizzare la presenza di strutture in materiali deperibili o di semplici cumuli di terra che permetteva di definire l'organizzazione degli spazi funerari. Dopo la realizzazione di rilievi stratigrafici e topografici, un consistente numero di tombe a incinerazione e a inumazione è stato asportato con il sedimento inglobante per essere studiato a livello micro-stratigrafico in laboratorio (Fig. 6).



Fig. 6: fase di asportazione di un dolio durante gli scavi

Il micro-scavo dei contesti, avviato dal prof. Leonardi fin dal 1976 (Leonardi 1986; 1992; Leonardi et al. 1992) è proseguito nel corso degli anni via via migliorando, grazie all'utilizzo di nuove tecnologie per il rilievo come la fotogrammetria 3D (Putzolu et al. 2013; Vicenzutto et al. 2016) e grazie all'integrazione di tecniche geoarcheologiche (Cucarzi 1981; Salemi et al. 2014; Vicenzutto 2013; Vicenzutto, Nicosia 2016; Vicenzutto et al. 2017) (Fig. 7).

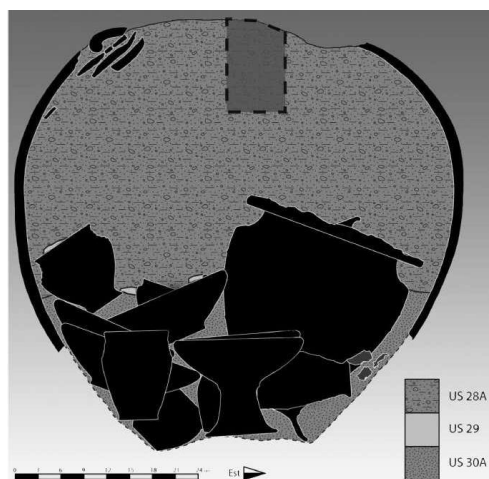


Fig. 7: prospetto della tomba 112 (da Vincenzutto, Nicosia 2016)

Oltre ai contesti di giacitura, anche i materiali di corredo delle tombe sono stati studiati attraverso analisi chimico-fisiche e archeometriche e, in alcuni casi, ne sono state effettuate riproduzioni di modelli digitali tramite l'utilizzo di laser scanner e modellazione in 3D (Faresin et al. 2014; Marinetti 1991; Olmeda et al. 2015).

1.2 IL CAMPIONE OSTEOLOGICO

Il campione osteologico comprende 100 cremazioni e 24 inumazioni, tutte recuperate durante la campagna di scavi condotti nel 1975-77 (Gallo 1965; Calzavara Capuis 1979).

A vent'anni di distanza dai primi studi antropologici (Crivellaro 2000; Fausti 2001; Sartor 2001), gli sviluppi nel campo delle metodologie analitiche – soprattutto riguardo lo studio dei resti cremati – hanno imposto la necessità di un riesame dei resti umani. Pertanto, tra il 2019 e il 2021 una rianalisi del campione osteologico è stata condotta dalla dott.ssa Capasso, dalla dott.ssa Leto e dal dott. Beck De Lotto presso il Laboratorio di Bioarcheologia del Museo delle Civiltà di Roma e il Laboratorio di Archeologia di Ponte di Brenta dell'Università degli Studi di Padova, sotto la supervisione del Prof. Luca Bondioli e della Prof.ssa Alessandra Sperduti (Capasso 2020; Leto 2020; Beck De Lotto 2021).

L'analisi – sia del campione a cremazione che di quello a inumazione – ha restituito un quadro paleodemografico e paleopatologico e, per quanto riguarda i cremati, ha permesso di ricostruire le varie fasi del rituale crematorio (Capasso, Beck De Lotto 2022).

Inoltre, il confronto con il dato archeologico – possibile nei casi in cui lo studio dei corredi associati alle sepolture era già stato condotto –, ha permesso di valutare se, ed in che misura, le interpretazioni archeologiche rimanessero valide anche alla luce del dato antropologico o se fosse necessario rivedere dei modelli che fino ad ora sono stati utilizzati per lo studio di necropoli venete di età del Ferro, soprattutto per contesti a cremazione (Capasso 2020, Leto 2020).

Attualmente, il campione osteologico del CUS-Piovego è oggetto del progetto di dottorato della dott.ssa Capasso, che prevede, attraverso lo stato dell'arte delle analisi istologiche, isotopiche e macromolecolari, la ricostruzione degli adattamenti sociali e culturali della comunità rappresentata nella necropoli del CUS-Piovego.

Dal momento che il presente lavoro di tesi prevede l'applicazione delle metodologie digitali alla dentizione degli inumati, è necessario soffermarsi brevemente sul campione a inumazione.

1.3 IL CAMPIONE AD INUMAZIONE

Il campione a inumazione comprende 24 individui, di cui 21 adulti (12 femmine, 6 maschi e 3 individui di sesso non determinabile) e 3 sudadulti (Fig. 8).

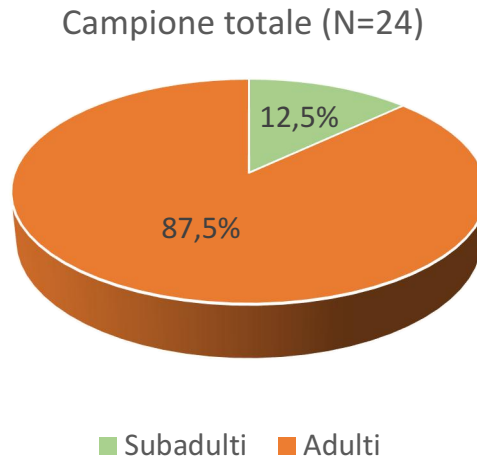


Fig. 8: distribuzione percentuale di adulti e subadulti del campione (N=24)

Le stime del sesso proposte su base morfo-metrica sono state integrate con i dati ottenuti dalle analisi dell'amelogenina, che hanno permesso di individuare le isoforme X e Y, codificate dai cromosomi sessuali, all'interno di questa proteina dello smalto dentario. L'isoforma Y (AMELY), infatti, è presente solo nello smalto di individui di sesso maschile (Stewart *et al.* 2017; Lugli *et al.* 2019; Gowland *et al.* 2020). In questo modo, è stato possibile determinare il sesso anche per gli adulti per i quali le determinazioni fossero incerte e per i subadulti (Capasso *et al.* 2022). Come il rapporto adulti / subadulti, anche quello maschi / femmine appare sbilanciato, in favore di queste ultime, che costituiscono il 57,1% del campione, contro il 28,6% dei maschi (Fig.7).

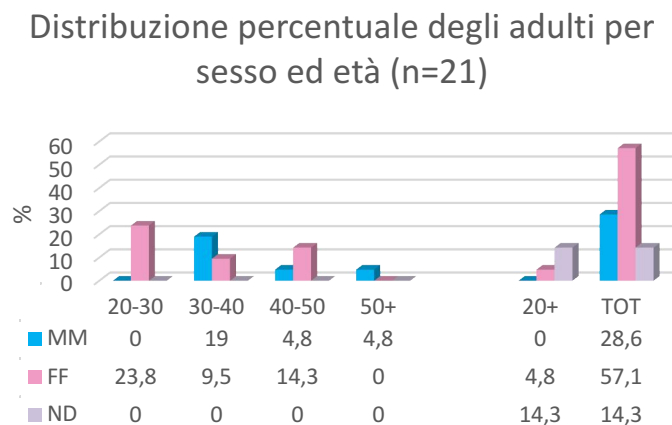


Fig. 9: distribuzione percentuale degli adulti per sesso ed età alla morte (n=21).

L'analisi antropologica non ha evidenziato particolari condizioni patologiche. Come atteso, i fenomeni degenerativi rilevati a carico delle articolazioni e della colonna e le patologie orali sono stati osservati in individui di età più avanzata (Capasso 2020) (Fig. 10).

Durante l'analisi di antropologia dentaria, condotta per 14 individui, in alcuni casi sono state rilevati dei pattern di usura extra/para-masticatorie che fanno ipotizzare che per alcune attività lavorative, gli individui impiegassero la dentizione come 'terza mano' (Figg. 11 -12).



Fig. 10: perdita in vita di tutti i molari mandibolari in una femmina di 40-45 anni (individuo XIX).



Fig. 11: inumato V (maschio di 45-50 anni): esfoliazioni (a sinistra), solchi e fratture traumatiche (a destra) dovute ad attività extra/para-masticatoria.



Fig.12: inumato III (femmina di 30-35 anni): notching sulla superficie incisale dei denti mandibolari anteriori.

A partire da questo interessante dato, il progetto di dottorato della dott.ssa Capasso prevede anche la ricostruzione delle attività lavorative che prevedevano anche l'impiego dei denti. Si utilizzerà un metodo combinato che prevede da un lato lo studio delle micro-usure al SEM, dall'altro l'analisi degli inclusi del tartaro, nella speranza di trovarvi fibre o residui riconducibili a queste attività extramasticatorie (Blatt *et al.* 2011; Radini *et al.* 2017; Sperduti *et al.* 2018). L'analisi al SEM sarà svolta presso il Dipartimento di Geoscienze dell'Università degli Studi di Padova, mentre l'analisi degli inclusi del tartaro si svolgerà presso il laboratorio DANTE, Dipartimento di Scienze Odontostomatologiche e Maxillo Facciali dell'Università Sapienza di Roma, sotto la supervisione della Prof.ssa Emanuela Cristiani.

Pertanto, obiettivo di questo lavoro di tesi è quello di creare mediante acquisizioni 3D e foto ad altissima risoluzione, un dataset affidabile dal punto di vista morfo-metrico dei denti degli inumati del CUS-Piovego, che possa fungere da base e supporto per gli studi futuri.

CAPITOLO 2

IL DENTE: FONTE INESURABILE DI INFORMAZIONI

2.1 IL DENTE: BIOLOGIA, FUNZIONI

I denti sono strutture situate all'interno del cavo orale dei vertebrati, infisse nei processi alveolari di mascella e mandibola, a cui sono saldamente ancorati attraverso i legamenti periodontali e formano due file concave posteriormente dette arcate, quella superiore e quella inferiore.

Dal punto di vista biologico il dente si divide in tre parti: la *corona*, libera nella bocca, la *radice*, inserita nell'alveolo, ed il *colletto*, il punto di giunzione tra le due parti, a contatto con la gengiva.

Tre sono anche i tessuti che compongono il dente: la *dentina*, - di cui è composta la maggior parte del tessuto dentario - rivestita di *smalto*, nella corona; il *cemento*, nella radice; la *polpa dentaria*, contenuta in una cavità all'interno del dente, costituita da tessuti molli contenenti vasi sanguigni e nervi (Hillson 2008; White, Folkens 2011) (Fig. 13).

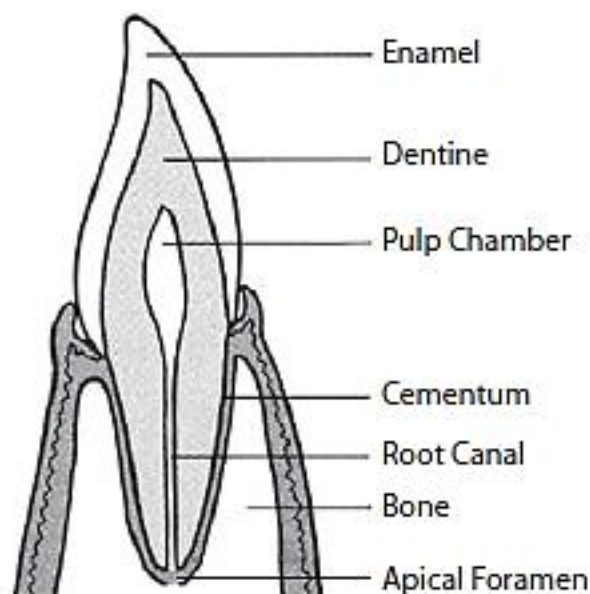


Fig. 13: anatomia del dente (White, Folkens 2011)

- a) lo smalto, prodotto dagli ameloblasti, è formato da prismi di materiale altamente calcificato, cementati da una matrice anch'essa calcificata, ed è il materiale più duro del corpo umano. Grazie al >96% di apatite, all'assenza di collagene e al solo 0,5% di PNC, presenta una struttura quasi totalmente minerale, motivo per cui, dopo essersi formato, non è mai sottoposto a rimodellamento. Esso fornisce pertanto informazioni precise e assolute riferibili al momento esatto della sua formazione, ed è per questo che viene definito 'archivio dell'infanzia' (Hillson 2008);
- b) la dentina, prodotta dagli odontoblasti, ed è un tessuto osseo formato da una matrice organica calcificata per la deposizione di sali di calcio che formano cristalli di idrossiapatite, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ (Hillson 2008);
- c) il cemento, prodotto dai cementoblasti, ed è un tessuto calcificato in cui vi sono le fibre di collagene della membrana periodontale che si addentrano nel cemento e nell'osso dell'alveolo (Hillson 2008).

Come le altre ossa del corpo umano, anche i denti si formano e si accrescono attraverso un processo di crescita diviso in quattro intervalli: calcificazione della corona, completamento della corona, comparsa della corona nella cavità buccale e calcificazione completa della radice. La morfologia dei denti è geneticamente determinata e, dopo il termine dell'accrescimento, non cambia più durante la vita dell'individuo.

In quanto mammifero, l'uomo è eterodonte, ossia presenta una dentatura differenziata. In particolare, la dentizione caratterizzata da denti decidui nell'età infantile, viene completamente sostituita da quella permanente attorno ai 12 anni di vita (Hillson 2008; White, Folkens 2011).

I denti decidui sono 20: per ogni emiarcata vi sono due *incisivi*, di cui uno centrale ed uno laterale, un *canino* e due *molari*. Sono più piccoli dei denti permanenti, hanno smalto e dentina meno mineralizzati e quindi più sottili, le loro radici sono più piccole e le corone sono più globulari e schiacciate in senso bucco-linguale. I denti permanenti invece sono trentadue: per ogni emiarcata vi sono due *incisivi*, di cui uno centrale ed uno laterale, un *canino*, due *premolari* e tre *molari*.

In questo studio si utilizzerà nella denominazione dei denti la nomenclatura inglese (White, Folkens 2011):

- a) denti permanenti: per i mascellari, gli incisivi centrali sono definiti I¹, quelli laterali I², i canini C¹, i primi premolari P³, i secondi premolari P⁴, i primi molari M¹, i secondi molari M², ed infine i terzi molari M³. Per i mandibolari, gli incisivi centrali sono definiti I₁, quelli laterali I₂, i canini C₁, i primi premolari P₃, i secondi premolari P₄, i primi molari M₁, i secondi molari M₂ ed infine i terzi molari M₃ (Fig. 14).

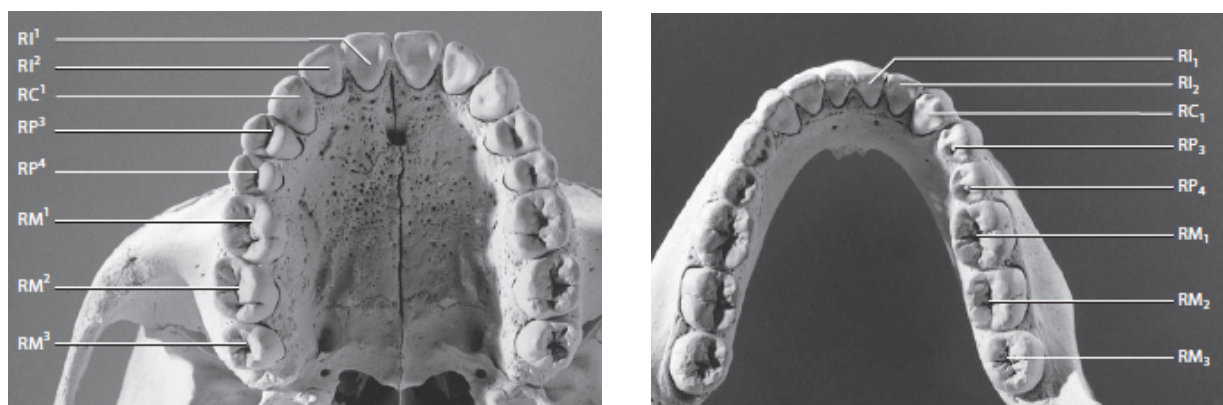


Fig. 14: a destra dentizione permanente, con mascellari; a sinistra mandibolari (White, Folkens 2011)

- b) denti decidui: per i mascellari, gli incisivi centrali sono definiti i¹, quelli laterali i², i canini c¹, i primi molari m¹ ed i secondi molari m². Per i mandibolari, gli incisivi centrali sono definiti i₁, quelli laterali i₂, i canini c₁, i primi molari m₁ ed i secondi molari m₂ (Fig. 15).



Fig. 15: a destra dentizione decidua con denti mascellari; a sinistra mandibolari (White, Folkens 2011)

Per la lateralizzazione, si antepone la lettera maiuscola R (right= destro) o la L (left= sinistro) alla nomenclatura (es. RI¹ indica l'incisivo centrale destro mascellare; LP₄ indica il secondo premolare mandibolare sinistro).

Per quanto riguarda l'orientamento del dente, è definita 'superficie vestibolare' del dente è quella verso l'esterno della bocca, più vicina alle labbra (detta anche *labiale* per i denti anteriori e *buccale* per i denti posteriori), 'superficie linguale' quella rivolta verso la cavità orale e la lingua, 'superficie occlusale' quella che va a contatto con il dente antagonista, (per incisivi e canini è detta superficie *incisale*), 'superficie mesiale' la parte del dente più vicina alla linea mediana e 'superficie distale', infine, è la parte del dente più lontana dalla linea mediana, ed è opposta alla superficie mesiale (White, Folkens 2011) (Fig. 16).

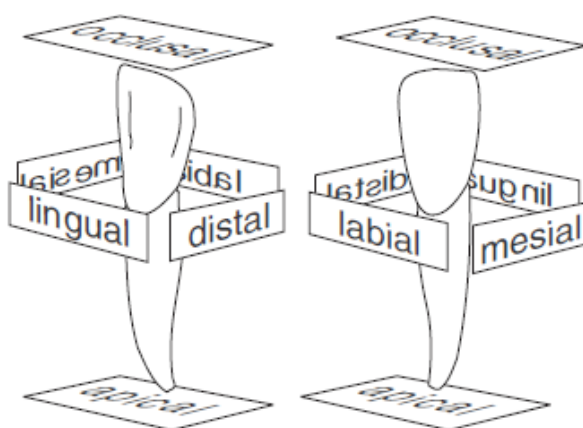


Fig. 16: superfici ed orientamento di un dente (White e Folkens 2011)

In base alla loro morfologia, i denti svolgono diverse funzioni (White, Folkens 2011):

- a) **Incisivi:** presentano la corona appiattita in senso buco-linguale a forma di scalpello, la faccia linguale leggermente concava con una piccola depressione al di sopra del colletto, e quella buccale convessa; la radice, lunga e conica è compressa lateralmente. Gli incisivi mascellari hanno sezione triangolare, più ampia sul lato buccale: quelli centrali (RI¹) sono più larghi di quelli laterali (RI²). Gli incisivi mandibolari hanno la corona più stretta e lunga e sono più piccoli dei mascellari. La radice ha sezione ovale e i laterali (RI₂) sono più larghi dei centrali (RI₁).

- b) Canini: hanno la corona a forma piramidale con un'unica cuspide, la faccia linguale leggermente concava e quella buccale leggermente convessa. La radice è conica, lunga e compressa lateralmente. I canini mascellari sono più lunghi e robusti di quelli mandibolari; i canini mandibolari presentano la corona più schiacciata in senso bucco-linguale rispetto ai mascellari. E l'apice della radice può essere bifido.
- c) Premolari: presentano la corona ovale e rotondeggiante e due cuspidi, una buccale più grande e alta, ed una linguale più piccola (talvolta sono presenti due cuspidi linguali). La radice è conica, compressa lateralmente, e in alcuni casi il suo apice può essere bifido (più frequentemente in RP³). I premolari mascellari hanno corona ovale, più schiacciata in senso mesio-distale: RP³ è più grande di RP⁴ e può presentare due radici, una linguale ed una buccale. Per quanto riguarda i premolari mandibolari, RP₃ è più piccolo e presenta la cuspide linguale più piccola di quella buccale rispetto a RP₄, in cui le due cuspidi hanno dimensione simile, e che talvolta può anche presentare due cuspidi linguali. La corona di RP₃ tende alla circolarità, mentre quella di RP₄ è più quadrangolare.
- d) Molari: presentano la corona voluminosa e circolare. Le dimensioni diminuiscono procedendo dal primo al terzo molare, mentre la superficie oclusale presenta da tre a cinque cuspidi, almeno due delle quali sono buccali. Nei mascellari la corona è leggermente schiacciata in senso mesio-distale, le cuspidi sono quattro e le radici tre, di cui due buccali (a volte fuse tra loro) ed una linguale, talvolta inclinate distalmente. In RM¹ e RM² la cuspide mesio-linguale è più voluminosa di quella disto-linguale alla quale è congiunta da una cresta di smalto, detta cresta obliqua. In RM³ la cuspide disto-linguale è molto piccola o assente. Spesso la cresta obliqua è assente e le radici sono fuse tra loro. Nei mandibolari la corona è leggermente schiacciata in senso bucco-linguale, le cuspidi sono quattro o cinque (talvolta sei), di cui quelle buccali sono separate da solchi di sviluppo che si prolungano sulla faccia buccale. I molari mandibolari hanno due radici, una mesiale ed una distale. RM₁ ha tre cuspidi buccali e la radice mesiale più voluminosa di quella distale; RM₂ ha spesso due cuspidi buccali e le radici ravvicinate, talvolta inclinate distalmente; RM₃ ha la corona più piccola rispetto a quelle di RM₁ e di RM₂, il numero di cuspidi è variabile e le radici sono corte, inclinate distalmente e spesso fuse tra loro.

2.2 INFORMAZIONI RICAVABILI DAI DENTI

Oggi, centrale per l'antropologia fisica è l'analisi dei denti che, grazie alla loro composizione, sono in genere ben conservati nei contesti archeologici. I denti sono dei veri e propri 'archivi biologici' e a partire dal loro studio – sia a livello microscopico che macroscopico – si possono ricavare informazioni importanti sulle popolazioni antiche quali lo stato di salute orale, la dieta, la mobilità, gli stress infantili e alcune attività in cui la dentizione era impiegata come terza mano.

La paleopatologia dentaria, ad esempio, studia la distribuzione delle patologie orali in popolazioni antiche al fine di comprenderne meglio la storia dell'igiene orale in relazione a cambiamenti culturali in aspetti come dieta e strategie di sussistenza. In particolare, questo filone di ricerca associa determinati trend di patologie orali ai maggiori cambiamenti bio-culturali della storia dell'uomo, come ad esempio la transizione Mesolitico-Neolitico, segnata dal passaggio da un'economia basata su caccia e raccolta all'agricoltura (Cohen, Armelagos 1984).

Per quanto riguarda la ricostruzione dei fenomeni di mobilità individuale, l'analisi dei rapporti isotopici dello Stronzio $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, ad esempio, permette di intercettare la presenza di individui alloctoni in un campione scheletrico. Il metodo sfrutta il principio secondo il quale il segnale isotopico dello Stronzio fissato nei tessuti umani e animali riflette quello dell'ambiente circostante (Bentley 2006; Szostek 2015). Il rapporto isotopico $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, infatti, trasferito da acqua e cibo (di origine vegetale e animale), si fissa nella porzione minerale di ossa e denti, grazie al fatto che lo Stronzio (Sr) sostituisce facilmente il Calcio (Ca) nei minerali, per la somiglianza del loro raggio atomico (Szostek 2015; Sehwat, Kaur 2017).

Dato gli isotopi dello Stronzio non sono soggetti a frazionamento biologico, ossa e denti riflettono chimicamente il rapporto $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ del suolo locale, delle piante consumate e delle acque meteoriche all'interno del loro raggio d'azione (Flockhart *et al.* 2015). Tuttavia, mentre le ossa sono soggette turnover durante la vita dell'individuo, lo smalto dei denti non subisce rimodellamento dopo la formazione e, pertanto, conserva la firma isotopica dello Stronzio biodisponibile dell'ambiente in cui un individuo ha vissuto la propria infanzia (Bentley 2006; Szostek 2015). In particolare, i primi molari iniziano a formarsi in utero e sono completi a 3 anni, i secondi molari iniziano a formarsi a 3 anni e sono completi a 7-8 anni (AlQahtani *et al.* 2010). Di conseguenza, confrontando i rapporti $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ fissati nei primi o secondi molari degli individui durante la formazione – cioè durante l'infanzia – con quelli dell'ambiente in cui sono seppelliti – cioè dove probabilmente hanno trascorso l'ultima parte della vita – è possibile ottenere informazioni sulla mobilità individuale.

Per quanto riguarda la ricostruzione della paleodieta, il metodo più utilizzato è l'analisi degli isotopi stabili del carbonio (C), dell'azoto (N) effettuata sul tessuto compatto delle coste, soggetto a tassi di turnover molto rapidi (King *et al.* 2020; Paladin *et al.* 2020). Tuttavia, anche i denti sono preziosi per ricostruzioni della dieta delle popolazioni del passato, in quanto l'analisi di C e N sulla dentina dei denti permette ottenere dati sugli aspetti della dieta legati al periodo di formazione di questa, ossia a prima e seconda infanzia (Czermak *et al.* 2020; Tsutaya 2020; Stantis *et al.* 2021).

Inoltre, quando la placca dentaria si accumula e non viene rimossa, calcifica e forma il tartaro dentale, coadiuvata dall'azione della saliva (Lieverse 1999). Il tartaro dei denti è un archivio unico di informazioni sui gruppi umani del passato, dato che al suo interno possono conservarsi fitoliti, amidi, frammenti vegetali potenzialmente molto informativi (Mackie *et al.* 2017; Radini *et al.* 2017). L'analisi degli inclusi del tartaro permette di ottenere informazioni riguardo paleodieta, pratiche igieniche e abitudini degli individui, dal momento che permette di ottenere dati su materiali inalati o masticati a scopo alimentare o durante l'utilizzo della dentizione come terza mano nelle attività lavorative (Henry 2020; Sperduti *et al.* 2018; Buckley *et al.* 2014; Blatt *et al.* 2011). Data la scarsità di pratiche igieniche nel passato, il tartaro dentale è molto comune nei contesti archeologici e la sua rimozione ai fini delle analisi non è distruttiva per i denti (Mackie *et al.* 2017).

Lo smalto dentale è di fondamentale importanza anche per la ricostruzione degli stress infantili degli individui. Una delle caratteristiche dei denti, infatti, è che questi si formano in maniera ritmica e seguono una base giornaliera di accrescimento. Questo ci offre una scala temporale su base giornaliera su cui ricostruire i tassi di accrescimento e la vita degli individui. Spesso, a causa di stress di varia natura come morbilità infantile, malattie infettive e carenze nutrizionali (Goodman, Armelagos, Rose 1980; Towle, Irish 2020) intervenuti tra la vita intrauterina e l'infanzia degli individui, il processo di formazione del dente può subire delle interruzioni registrate a livello macroscopico, sotto forma di difetti ipoplasici dello smalto, come strie lineari o solchi sulla superficie dei denti (Guatelli-Steinberg 2016). A livello microscopico, invece, l'analisi istomorfometrica permette di individuare le microstrutture del dente descrivere la storia biologica degli individui, dal periodo di protezione intrauterina fino alla completa formazione del dente. In particolare, a partire dai denti decidui l'analisi istomorfometrica permette di ricostruire la *life history* prenatale, le traiettorie di crescita del feto e il rapporto madre – figlio, in relazione allo stato di salute della madre durante la gravidanza e alla ricostruzione di modalità e tempi di svezzamento (Edinburgh, Rando 2020; Lorentz *et al.* 2019; Nava *et al.* 2019).

Inoltre, recentemente è stato dimostrato che a partire dall'individuazione delle isoforme AMEL-X e AMEL-Y dell'amelogenina, proteina dello smalto dentale secreta dagli ameloblasti durante il processo di formazione dello smalto dentario (amelogenesi) e codificata dai cromosomi sessuali è possibile determinare il sesso degli individui. L'isoforma Y (AMEL-Y), infatti, è presente solo nello smalto di individui di sesso maschile (Stewart *et al.* 2017; Lugli *et al.* 2019; Gowland *et al.* 2020).

Infine, da sempre i denti rappresentano per l'uomo una "terza mano", uno strumento utilizzato per la fabbricazione di oggetti, per il trattamento di pellame e fibre vegetali, per la preparazione di cibo. Sulla superficie dei denti resta traccia indelebile di queste attività sotto forma di solchi identificabili attraverso esami micro e macroscopici e forte usura. Lo studio di questi pattern d'usura prodotti da un uso extra/para-masticatorio, sotto forma di solchi, striature o *chipping* (scheggiature) dello smalto permette di ricostruire alcune attività praticate nel passato (Puech, Cianfarini 1988; Brown, Molnar 1990; Lukacs e Pastor 1988; Lalueza, Frayer 1997; Lalueza 1992; Lalueza *et al.* 1996; Milner, Larsen 1991; Molnar 1971; Molleson, Jones 1991; Scott, Winn 2010).

2.3 L'IMPORTANZA DELL'APPLICAZIONE DELLE METODOLOGIE 3D NELLO STUDIO DEI REPERTI DENTARI

Le metodologie di analisi del materiale scheletrico umano si sviluppano lungo tutta la storia delle scienze antropologiche moderne, procedendo dai primi del 1700 fino ad oggi, con l'utilizzo di approcci tradizionali che, nel tempo, hanno ridotto il margine di soggettività nell'interpretazione del reperto. I laboratori di Antropologia fisica di tutto il mondo continuano, dunque, a servirsi di questi metodi, forti di una validazione delle procedure e di una riproducibilità nei risultati.

Negli ultimi anni, infatti, i ricercatori si sono interessati alle metodiche di analisi dei reperti umani tramite l'adozione di tecnologie digitali. Gli studi in questo campo sono stati sviluppati per mezzo di *software* creati espressamente per l'indagine affrontata, o provenienti da ambiti come l'ingegneria meccanica ed industriale, o ricorrendo a strumentazioni spesso di utilizzo bio--medico (*Computed Tomography, Radiography e Digital Image Processing*) ed ingegneristico (*Laser Scanning, Structured Light, Rapid Prototyping*).

La ricerca sui modelli tridimensionali nel variegato settore dei Beni Culturali ha, come obiettivo principale, lo sviluppo e la sperimentazione di strumenti che mettano a disposizione degli operatori un nuovo mezzo di conoscenza che utilizza il dato: non si tratta più di utilizzare una o più immagini bidimensionali dell'oggetto in esame, ma si ricorre ad un modello 3D fedele, misurabile e fotorealistico, inserito in uno spazio virtuale a tre dimensioni, che costituisce la rappresentazione virtuale ottenuta mediante il rilievo delle caratteristiche di forma e colore dell'oggetto reale.

I vantaggi che la metodologia 3D può offrire sono molteplici:

- Accessibilità e disamina di materiale fragile e altrimenti inaccessibili;
- Studio volumetrico con l'utilizzo della CT utilizzata ad esempio per esaminare i crani fossili in cui gli elementi restano intrappolati nelle matrici del suolo o nello studio di mummie;
- Creazione di record archeologici per la creazione di mostre virtuali, sia all'interno dei musei che online, che aumenteranno il coinvolgimento del pubblico e l'accessibilità dell'antropologia e l'archeologia in un'era sempre più digitale;
- Confronto e controllo nel tempo delle possibili alterazioni che un manufatto può subire;
- Produzione di repliche 3D utili per il restauro, la valorizzazione e la fruizione.

Nello specifico, l'obiettivo di questo lavoro di scansione è quello di creare un database completo e accurato dal punto di vista morfometrico, per documentare lo stato dei resti di mandibole e mascelle degli inumati della necropoli del CUS-Piovego, così da prevenire, soprattutto, eventuali distruzioni che potrebbero presentarsi con il trascorrere del tempo e con il continuo rimaneggiamento dei resti.

In seguito all'acquisizione, sarà possibile effettuare analisi e studi di questi ultimi, senza dover necessariamente recarsi in laboratorio o prelevare i campioni, che potrebbero frammentarsi e portare, quindi, ad una perdita di dettagli preziosi utili per risalire alle informazioni principali su diete, abitudini quotidiane degli inumati, anche a livello di utilizzo della dentizione come 'terza mano'.

La scansione 3D della superficie del dente può raccogliere dati da varie direzioni/angolazioni senza manipolare fisicamente il campione. Con il progresso della tecnologia si possono ottenere dei risultati con un alto grado di accuratezza e precisione.

I denti sono una buona fonte di materiale genetico per l'identificazione; il DNA può essere estratto da smalto, dentina e polpa. Tuttavia, nel processo di estrazione del DNA per l'analisi genetica, le parti del dente possono essere distrutte in modo irreversibile. Quindi, se i denti vengono ricostruiti digitalmente, i pezzi frammentari possono essere utilizzati per l'estrazione del DNA, mentre il dente ricostruito in 3D

può essere utilizzato per ulteriori analisi, per la presentazione di casi studio in aula, per esposizioni o in altre situazioni svariate. I modelli di denti possono essere anche stampati e fungere da strumento per l'analisi metrica, aiutando nella determinazione del sesso e nella stima dell'età alla morte. Inoltre, i tratti non metrici possono essere valutati e aiutare a determinare la differenziazione della popolazione.

Oltre all'identificazione comparativa, questi procedimenti possono anche aiutare nell'identificazione ricostruttiva, determinando la forma, lo spessore e la posizione delle varie parti che compongono il volto, così da aiutare nei casi di ricostruzione cranio-facciale senza danneggiare ulteriormente i resti.

I limiti di questi approcci includono la necessità di un intervento esperto, di costi molto elevati, di selezione del materiale per la stampa, la necessità di un dispositivo di scansione accurato/preciso e l'impossibilità di valutare i denti non restaurati rispetto a quelli restaurati (Johnson *et al.* 2022).

CAPITOLO 3

MATERIALI E METODI

3.1 IL CAMPIONE DENTARIO DELLA NECROPOLI DEL CUS-PIOVEGO DI PADOVA

Per questo studio sono stati acquisiti elementi dentari di 16 individui, che si presentavano come elementi sparsi o preservati *in situ* nell'osso mascellare o mandibolare:

| ID TOMBA | SESSO | CLASSE D'ETÀ | ELEMENTI DENTARI SCANSIONATI |
|-----------------|--------------|---------------------|---|
| TOMBA I | F | 40-50 | Porzione di mandibola con 1 dente |
| TOMBA II | F | 20-30 | Porzioni di mascella 1 con 2 denti; porzione di mascella 2 con 2 denti; porzione di mandibola con 8 denti |
| TOMBA III | F | 30-35 | Porzione di mascella con 8 denti; porzione di mandibola con 9 denti |
| TOMBA IV | F | 40-50 | Porzione di mandibola con 4 denti |
| TOMBA V | M | 40-50 | Porzione di mascella con 5 denti; mandibola con 10 denti e mascella non scansionata |
| TOMBA VI | F | 30-40 | Porzione di mandibola 1 con 4 denti; porzione di mandibola 2 con 4 denti |
| TOMBA VII | F | 20-30 | Porzione di mascella 1 con 3 denti; porzione di mascella 2 con 4 denti; porzione di mandibola con 2 denti |
| TOMBA VIII | F | 20-30 | Porzione di mascella con 5 denti; porzione di mandibola 1 con 1 dente; porzione di mandibola 2 con 1 dente |
| TOMBA XIII | M | 30-40 | Porzioni di mascella 1 con 7 denti; porzione di mascella 2 con 7 denti; porzione di mandibola con 1 dente |
| TOMBA XIV | F | 20-30 | Porzione di mascella 1 con 5 denti; porzione di mascella 2 con 4 denti; porzioni di mascella 3 con 2 denti; porzione di mandibola con 5 denti |
| TOMBA XVI | M | 30-40 | Porzione di mascella 1 con 3 denti; porzione di mascella 2 con 2 denti; porzione di |

| | | | |
|------------|---|-------|--|
| | | | mascella 3 con 1 dente |
| TOMBA XIX | F | 40-50 | Porzione di mandibola 1 con 2 denti; porzione di mandibola 2 con 5 denti |
| TOMBA XX | F | 20-30 | Porzione di mascella con 3 denti; porzione di mandibola con 3 denti |
| TOMBA XXI | M | 50+ | Porzione di mandibola 1 con 3 denti; porzione di mandibola 2 con 1 dente; porzione di mascella 1 con 1 dente; porzione di mascella 2 con 3 denti |
| TOMBA XXII | M | 30-40 | Porzione di mascella con 3 denti; porzione di mandibola con 3 denti |
| TOMBA UFC1 | M | 30-40 | Porzione di mandibola con 5 denti; porzione di mascella 1 con 6 denti; porzione di mascella 2 con 7 denti; porzione di mascella 3 con 1 dente |

Tab. 1: tabella contenente l'ID delle tombe complessive analizzate, la determinazione del sesso e della classe d'età alla morte di ogni individuo, e infine i particolari sugli elementi dentari che sono stati scansionati.

3.2 RILIEVO 3D CON SCANNER A LUCE STRUTTURATA

3.2.1 INTRODUZIONE

Con l'avvento dell'*Information Technologies* la separazione tra sapere umanistico e scientifico si è fatta più labile, favorendo approcci più collaborativi e multidisciplinari. Il grande impatto comunicativo e sperimentale dell'archeologia è accresciuto dalle interfacce digitali che vengono a integrarsi pienamente nelle ricerche scientifiche.

Attualmente le tecnologie digitali sono diffuse in maniera capillare nei progetti di ricerca, sia come strumenti per la gestione e analisi dei dati nelle fasi di studio che come supporto in quelle di comunicazione e diffusione dei risultati. Le soluzioni di *computer graphic* sono utilizzate come supporto alla ricerca, rappresentazione, gestione dei dati, salvaguardia, valorizzazione, comunicazione, divulgazione, didattica e fruizione del bene culturale. L'informatica diventa un alleato per sperimentare, elaborare e simulare il dato archeologico, nonché gestire tutte le informazioni in possesso.

Un archivio digitale, realizzato con modelli 3D, può contribuire a circoscrivere i rischi di un più rapido deterioramento fisico, evitando la consultazione dell'originale nella maggioranza dei casi e permettendo

di superare le difficoltà del contesto in cui si trova per avvicinarsi sempre più ai fruitori. Pertanto, la documentazione esauriente, integrale e non invasiva del patrimonio è un requisito indispensabile sia per lo studio sia per monitorare i processi di degradazione e alterazione e per garantire la conservazione e l'autenticità del patrimonio.

L'esplorazione del modello apre la strada a nuove interpretazioni e prospettive: l'incremento informativo costituisce il perno intorno a cui costruire il percorso di ricerca, la validazione della ricostruzione e di tutto il processo interpretativo, verificando l'attendibilità del lavoro e comprendendone lo sviluppo. La modellazione 3D è un cantiere della ricerca scientifica, uno spazio attivo e commensurabile di simulazione dove misurare e confrontare i dati, i modelli, le ipotesi, dove costruire, comunicare e validare processi interpretativi ponendo nuove domande e auspicabilmente trovando nuove risposte.

I reperti in studio sono stati acquisiti con strumentazione a luce strutturata – tecnologia non invasiva e non a contatto - allo scopo di elaborarne un modello 3D ad altissima risoluzione che può essere manipolato, misurato e visualizzato in modo statico e dinamico. Lo strumento di rilievo impiegato rientra nella categoria dei cosiddetti sensori attivi, nei quali il fascio di particelle è generato dallo strumento. Una classe di sensori attivi è rappresentata dai sistemi che si basano sul metodo della triangolazione: secondo tale sistema il laser o il fascio di particelle prodotto, il centro di proiezione sulla superficie dell'oggetto e il punto luminoso riflesso sul sensore formano un triangolo (Guidi *et al.* 2010).

Il principio della metodologia a luce strutturata è di estrarre le caratteristiche morfo-metriche della superficie 3D basandosi sulle informazioni di distorsione del pattern luminoso proiettato. Se l'immagine prodotta dal proiettore è una sequenza di strisce verticali alternate bianche e nere (pattern): l'immagine, vista dalla fotocamera sarà ancora una sequenza di strisce se la proiezione avviene su una zona piana, se, invece, l'andamento non è piano i pattern tenderanno a distorcersi a seconda della morfologia superficiale.

Per l'acquisizione delle mandibole del CUS-Piovego è stato utilizzato il CRONOS Dual, sviluppato da Open Technologies (ora Faro) composto da una testa ottica montata su treppiede professionale Manfrotto 475B e comunicante attraverso al software di gestione ad un piatto rotante dotato di motore passo passo programmabile per ruotare ad angoli fissi (l'angolo minimo di rotazione è pari ad 1°) (Fig. 17). La testa dello strumento è dotata di un proiettore luminoso LED/DPL con quattro fotocamere ai lati, due più interne e due più esterne per comprendere un'area più ampia possibile, mostrandosi così adatto all'acquisizione di oggetti sia di piccole (con accuratezza massima di acquisizione pari a 40 µm) che di

grandi dimensioni (con accuratezza massima di acquisizione pari a 10 μm). Le fotocamere hanno una risoluzione compresa tra 1,3 e 3,1 MegaPixel.

Optical RevEng è il software sviluppato da Open Technologies a corredo dello scanner CRONOS Dual. Il sistema permette di eseguire tutte le fasi di digitalizzazione di oggetti fisici, dall'acquisizione delle immagini di profondità dell'oggetto di interesse fino all'ottenimento e successivo editing del suo modello 3D (www.scanner3d.it).



Fig. 17: scanner a luce strutturata Cronos Dual by Open Technologies

3.2.2 ACQUISIZIONE DEL DATO

La digitalizzazione di un oggetto è un processo gerarchico e modulare. In fase iniziale si pianifica il progetto di presa, stabilendo come approcciarsi all'acquisizione in relazione al risultato che si intende ottenere e stimando l'insieme minimo dei punti di vista necessari per catturare l'intera superficie dell'oggetto.

Ogni campione è stato rilevato con 3 set di acquisizioni da 11 scansioni ciascuno (quindi, 1 scansione ogni 32° circa, per un totale di 33 scansioni a progetto). Dove necessario, al fine di evitare movimenti involontari dei pezzi meno stabili, è stato utilizzato un supporto (Fig. 18).

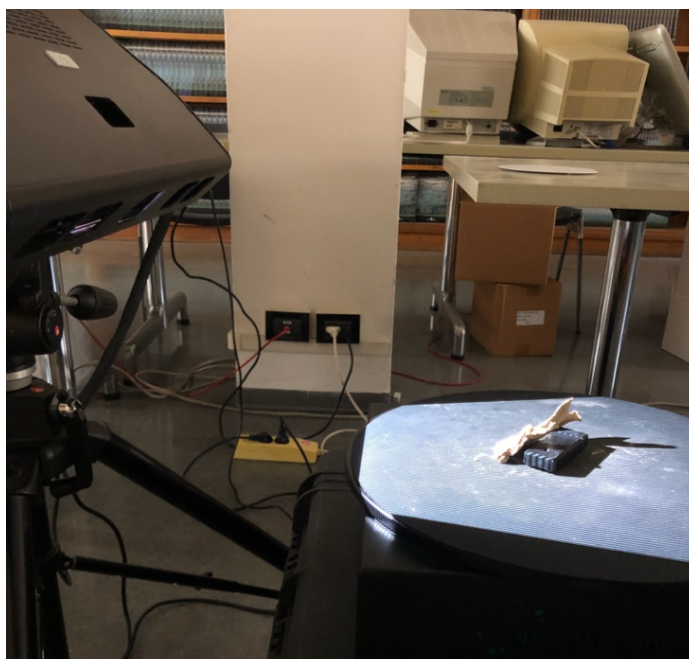


Fig. 18: supporto per mantenere statici i reperti osteologici.

Le informazioni che si ottengono dall'acquisizione sono triplette di coordinate x , y , z di ogni singolo punto rilevato. Per ogni punto di vista viene registrata sia l'informazione spaziale che quella cromatica (RGB) della superficie dell'oggetto; tale informazione risulta particolarmente utile in fase di allineamento perché aumenta la capacità di riconoscere le *features* della superficie (Fig. 19).



Fig. 19: mandibola proveniente dall'inumato V. Raw data con diversi colori e con texture.

3.2.3 PROCESSAMENTO DEI DATI

L'acquisizione 3D rappresenta il primo anello di una catena di operazioni atte a ricostruire un bene nella sua integrità. In fase di *post-processing* occorre, inizialmente, controllare le acquisizioni a livello geometrico e formale per verificare la bontà del dato e progettare le successive operazioni.

Il primo step prevede il filtraggio dei dati: durante la fase di acquisizione è abbastanza comune acquisire punti che non si trovano sulla superficie dell'oggetto, ma sull'ambiente che lo circonda, questi punti possono perturbare le seguenti elaborazioni e comunque non sono di interesse. Per questi motivi si procede eliminando definitivamente il dato estraneo alla geometria controllando e verificando di non perdere dettaglio e accuratezza nella realizzazione del modello (Fig. 20).

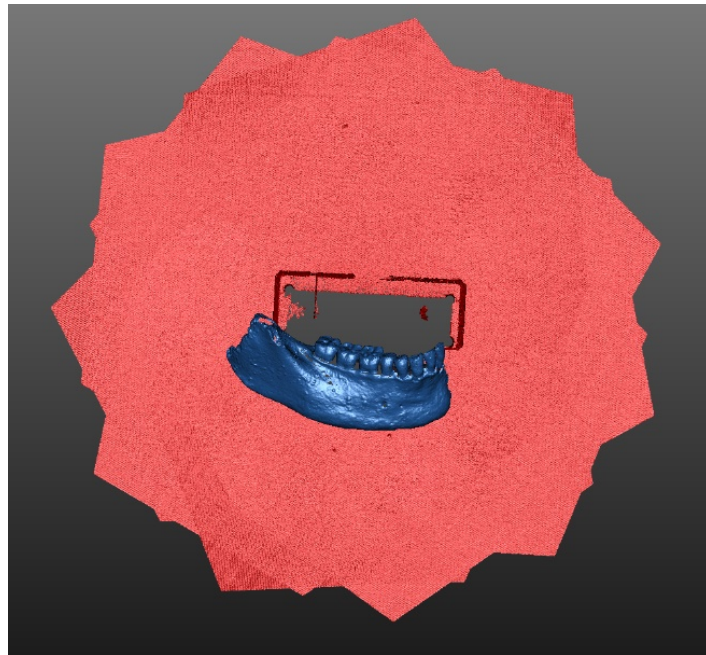


Fig. 20: mandibola proveniente dall'inumato V. Sono stati selezionati manualmente i punti (in rosso) estranei alla morfologia del reperto osteologico. Si è preferito non utilizzare algoritmi automatici o semi-automatici in modo tale da verificare costantemente la bontà del risultato e la non perdita dei dettagli.

Segue al filtraggio, l'allineamento dei singoli set in un unico e comune sistema di riferimento in modo ricomporre completamente l'intero oggetto. Il processo prevede l'utilizzo di algoritmi semiautomatici caratterizzati da due principali passaggi: 1. Individuazione manuale di coppie di punti omologhi sulle aree di sovrapposizione tra due scansioni contigue; in genere questi punti possono essere piccole imperfezioni della superficie o forme particolarmente riconoscibili dal software di allineamento. 2. Allineamento automatico per minimizzare la distanza media e far coincidere perfettamente le due acquisizioni.

L'allineamento globale permette di minimizzare simultaneamente l'errore su tutte le nuvole di punti, ottenendo in questo modo risultati migliori rispetto al semplice allineamento in coppia (Fig. 21).

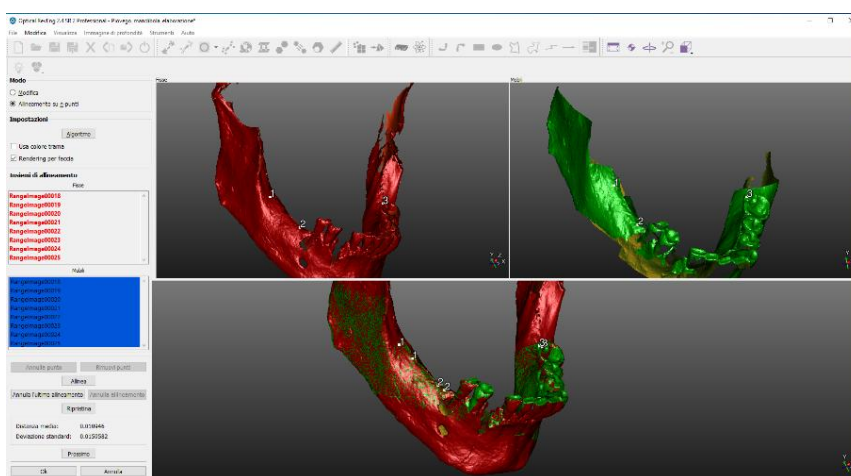


Fig. 21: mandibola proveniente dall'inumato V. L'allineamento delle due scansioni in un unico sistema di riferimento avviene individuando almeno tre coppie di punti omologhi su scansioni adiacenti. In rosso è evidenziata la nuvola fissa, in verde quella mobile. Le prime due scansioni allineate sono considerate come un blocco unico e, procedendo in questo modo, si arriva fino all'allineamento di tutte le riprese effettuate. Nell'immagine in basso, i differenti colori evidenziano il contributo che ciascuna scansione ha dato alla realizzazione dell'intero modello 3D. Completata la fase di allineamento, si procede con un affinamento in modo tale da far perfettamente combaciare tutte le scansioni.

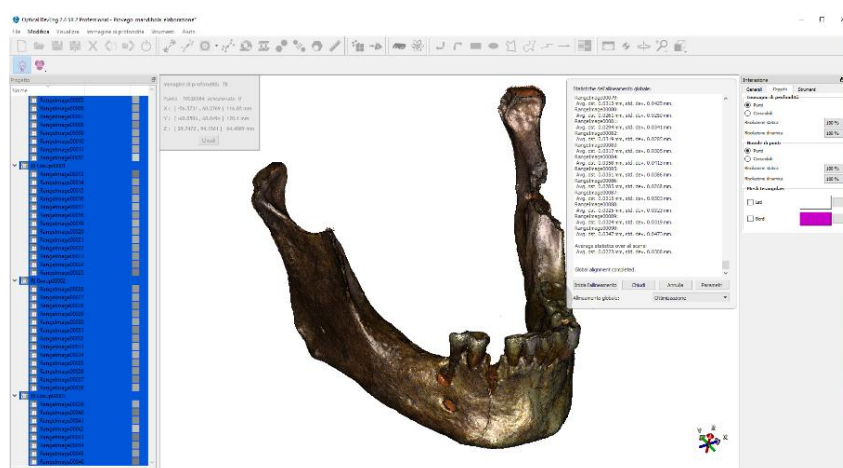


Fig. 22: mandibola proveniente dall'inumato V. Generazione mesh.

La fase di meshing indica il passaggio dalla nube di punti strutturata, rilevata dal sensore 3D a luce strutturata, ad un reticolo di poligoni connessi tra loro i cui vertici coincidono con i punti misurati. La nuvola di punti strutturata si compone di una serie di coordinate 3D collocate su una griglia in modo

logico e sistematico, ad ogni lama di luce corrisponde una fila di punti 3D equispaziati dalla quale si può ricavare una matrice rettangolare che contiene in corrispondenza di ogni cella una tripletta di valori (x, y, z) (Figg. 22-23).

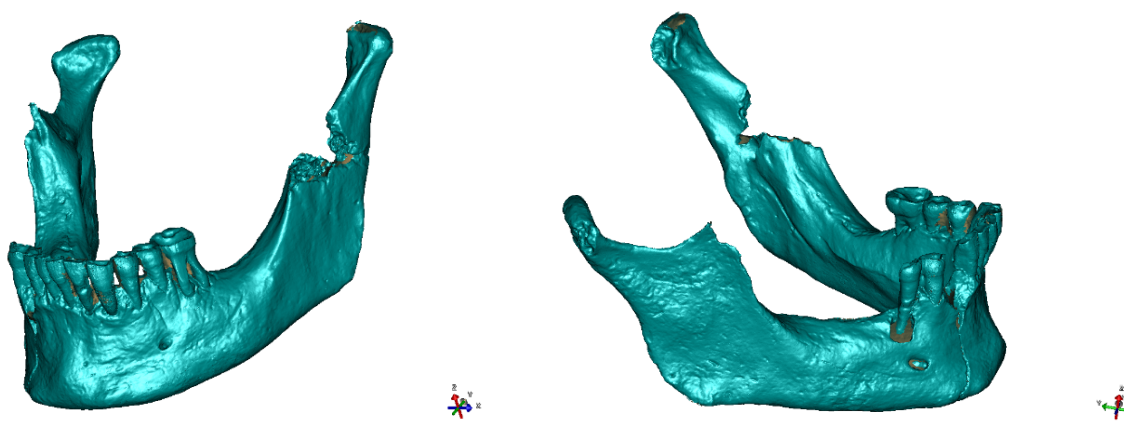


Fig. 23: mandibola proveniente dall'inumato V. Risultato mesh.

Una volta completata la fase di meshing è necessario un controllo del modello: possono infatti crearsi lacune o zone rumorose o connessioni anomale tra poligoni, facilmente individuabili come errori topologici. Alcune di queste caratteristiche possono essere legate allo strumento di acquisizione, alla non perfetta eliminazione delle incoerenze in fase di allineamento o alla generazione di errori topologici e alla non corretta triangolazione di alcune aree in fase di fusione. Questi problemi possono essere naturalmente minimizzati da un'accurata fase di acquisizione, ma è inevitabile per alcuni tipi di forme che non sono raggiungibili da nessun percorso ottico. Risulta quindi indispensabile sistemare la superficie in modo da ottenere un modello finale privo di zone non campionate (Fig. 24). Il software Optical RevEng 2.4 prevede l'individuazione di piccole componenti, piccoli buchi, vertici appuntiti ed elementi degenerati. Tutte le anomalie individuate possono essere eliminate in modo automatico. Nella mesh possono anche essere presenti delle lacune generate da problemi di acquisizione legati a zone d'ombra o riflessione del materiale dell'oggetto. Per le lacune di piccole dimensioni, nell'ordine dei millimetri o inferiori, l'operazione è automatica. Per lacune più complesse l'operazione di *Fill Holes* permette di chiudere le lacune costruendo una struttura poligonale che segue l'andamento della superficie circostante al fine di ottenere un layout organizzato e continuo (Fig. 25).

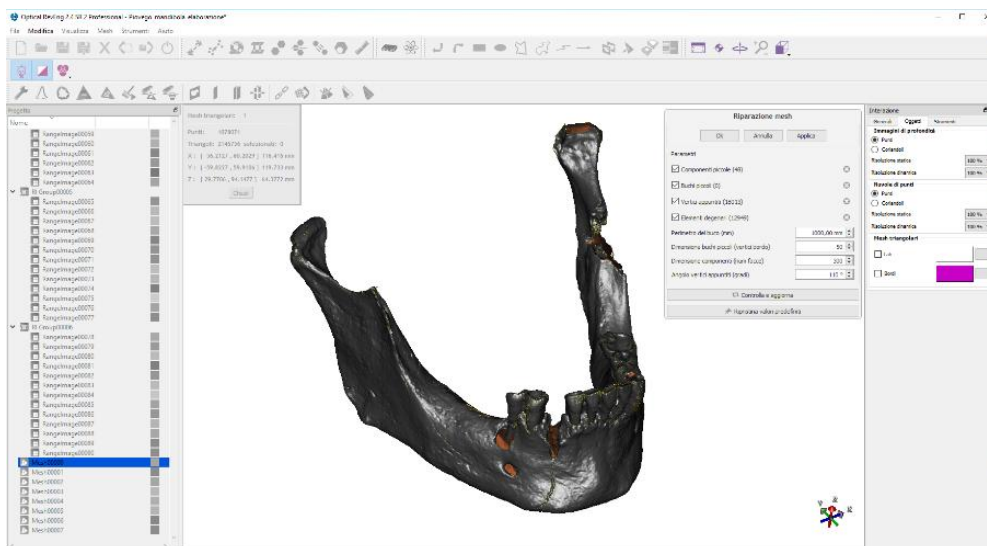


Fig. 24: mandibola proveniente dall'inumato V. Riparazione mesh.

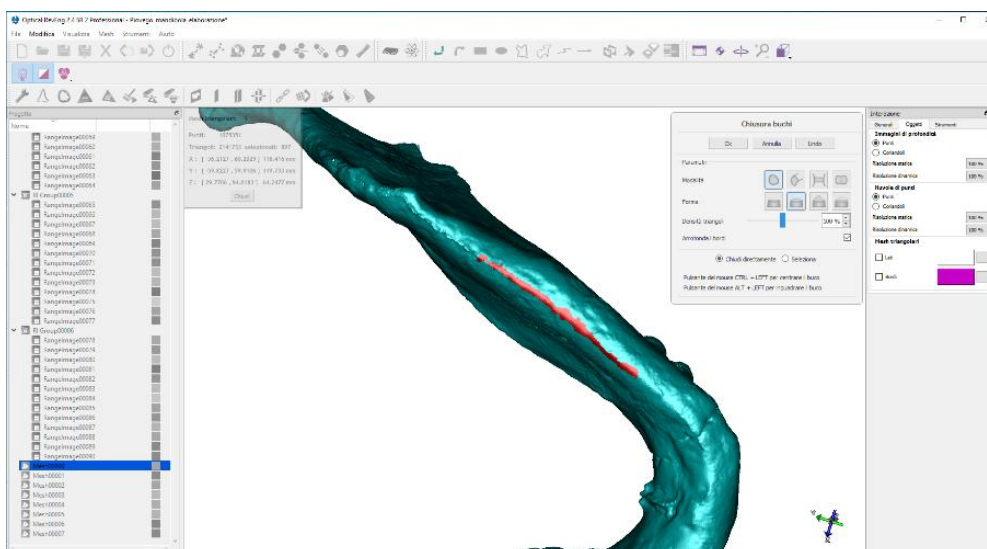


Fig. 25: mandibola proveniente dall'inumato V. Sulla superficie triangolata spesso possono essere presenti buchi o lacune; l'operazione di *Fill Holes* consente di chiudere le lacune, evidenziate nel modello in rosso, costruendo una struttura poligonale che segue l'andamento della superficie al fine di ottenere un layout organizzato e continuo.

L'ultima fase del *post-processing* è l'esportazione dei dati nel formato richiesto per specifiche applicazioni; i più comuni per i modelli tridimensionali sono: STL, VRML, OBJ e PDF.

STL, acronimo di *STereo Lithography*, è un formato di file binario o ASCII nato per i *software* di stereolitografia CAD. Questo formato conserva solamente le informazioni relative alla geometria del modello ed ha il vantaggio di poter essere importato nella maggior parte dei *software* di controllo, gestione dei dati 3D e *Rapid Prototyping*.

OBJ, abbreviazione di *Object*, è un formato di file sviluppato dalla *Wavefront Technologies*, società di computer grafica fondata nel 1984 a Santa Barbara in California, che consente l'esportazione dei dati geometrici ed eventualmente quelli *texture* (Faresin 2014).

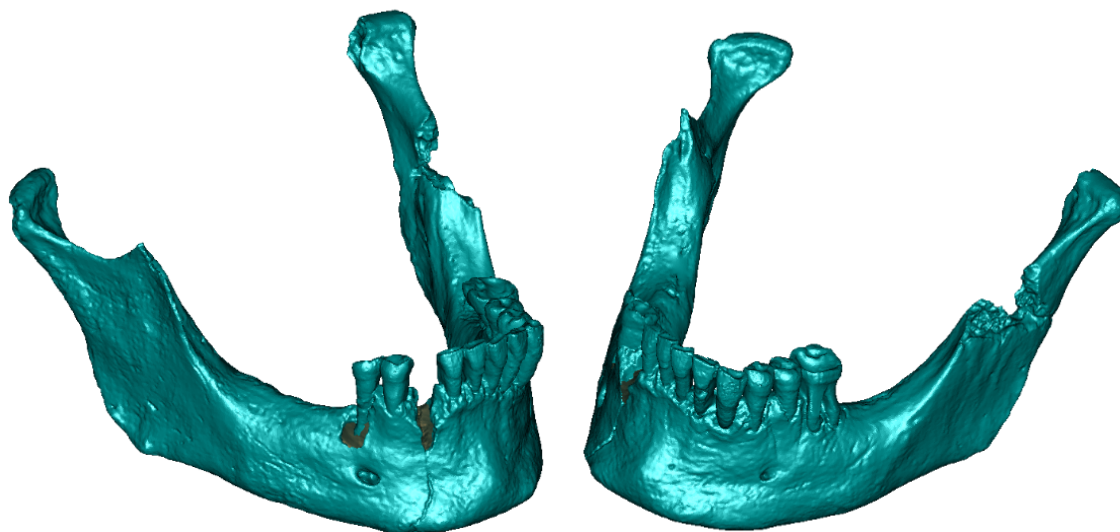
In tabella sono riportate le specifiche di acquisizione per ogni dataset (Tab. 2).

| ID INUMATO | N. RESTI (scansionati) | N. SCANSIONI | N. TOTALE | PESO MODELLO STL (MB) | PESO MODELLO OBJ (MB) |
|--------------|---------------------------|-----------------|--------------|-----------------------------|-----------------------------|
| INUMATO I | 1 pz | 11 x 3 | 33 | 28,7 | 26,6 |
| INUMATO II | 3 pz | (11 x 3) x 3 | 99 | 54,3 | 51,2 |
| | | | | 33,2 | 30,9 |
| | | | | 33,2 | 30,9 |
| INUMATO III | 2 pz | (11 x 3) x 2 | 66 | 53,2 | 49,6 |
| | | | | 66 | 61,6 |
| INUMATO IV | 1 pz | 11 x 3 | 33 | 48 | 44,8 |
| INUMATO V | 2 pz | (11 x 3) x 2 | 66 | ... | ... |
| | | | | 22,9 | 44,8 |
| INUMATO VI | 2 pz | (11 x 3) x 2 | 66 | 54,4 | 50,6 |
| | | | | 53,9 | 50,2 |
| INUMATO VII | 3 pz | (11 x 3) x 3 | 99 | 44,8 | 41,5 |
| | | | | 46,8 | 43,6 |
| | | | | 16,6 | 15,1 |
| INUMATO VIII | 3 pz | (11 x 3) x 3 | 99 | 53,3 | 49,5 |
| | | | | 42,3 | 39,5 |
| | | | | 27,9 | 25,5 |
| INUMATO XIII | 3 pz | (11 x 3) x 3 | 99 | 45,4 | 44,8 |
| | | | | 51,5 | 44,8 |
| | | | | 24,3 | 44,8 |
| INUMATO XIV | 4 pz | (11 x 3) x 4 | 132 | 46,9 | 44,8 |
| | | | | 38,5 | 44,8 |
| | | | | 39,6 | 44,8 |
| | | | | 30,2 | 44,8 |
| INUMATO XVI | 3 pz | (11 x 3) x 3 | 99 | 35 | 44,8 |
| | | | | 30,1 | 44,8 |
| | | | | ... | |
| INUMATO XIX | 2 pz | (11 x 3) x 2 | 66 | 49,2 | 46,4 |
| | | | | 58,6 | 55,3 |
| INUMATO XX | 2 pz | (11 x 3) x 2 | 66 | 37,4 | 34,9 |
| | | | | 25,7 | 23,7 |
| INUMATO XXI | 4 pz | (11 x 3) x 3 | 99 | 49,6 | 46,5 |
| | | | | 58,3 | 54,9 |
| | | | | 42,4 | 39,3 |
| | | | | | |
| INUMATO XXII | 2 pz | (11 x 3) x 2 | 66 | 52,4 | 49,5 |
| | | | | 36,7 | 34,2 |

| | | | | | |
|--------------|------|--------------|------|------|------|
| INUMATO UFC1 | 4 pz | (11 x 3) x 4 | 132 | 47,1 | 44,3 |
| | | | | 46,9 | 43,8 |
| | | | | 52,2 | 49 |
| | | | | 18,4 | 16,8 |
| | | | 1320 | | |

Tab. 2: tabella contenente il numero dei resti scansionati con il successivo calcolo totale delle scansioni eseguite. Infine i pesi dei due diversi formati in cui sono stati salvati i vari modelli (N= 16).

I modelli digitali ottenuti rappresentano, non solo l'*output* dei singoli processi di acquisizione ed elaborazione dei dati, ma un nuovo punto di partenza per sviluppi applicativi volti alla conoscenza, alla conservazione, al restauro ed alla valorizzazione dei reperti osteologici della necropoli del CUS-Piovego (Fig. 26). La diversa capacità di acquisire il dato tridimensionale e di estrarre informazioni, evidenzia la complementarità tra gli strumenti e la possibilità di sfruttare al meglio le potenzialità dei singoli: integrare dati provenienti da differenti strumenti a differente risoluzione, consente di ottenere risultati migliori in termini di precisione ed accuratezza globale.



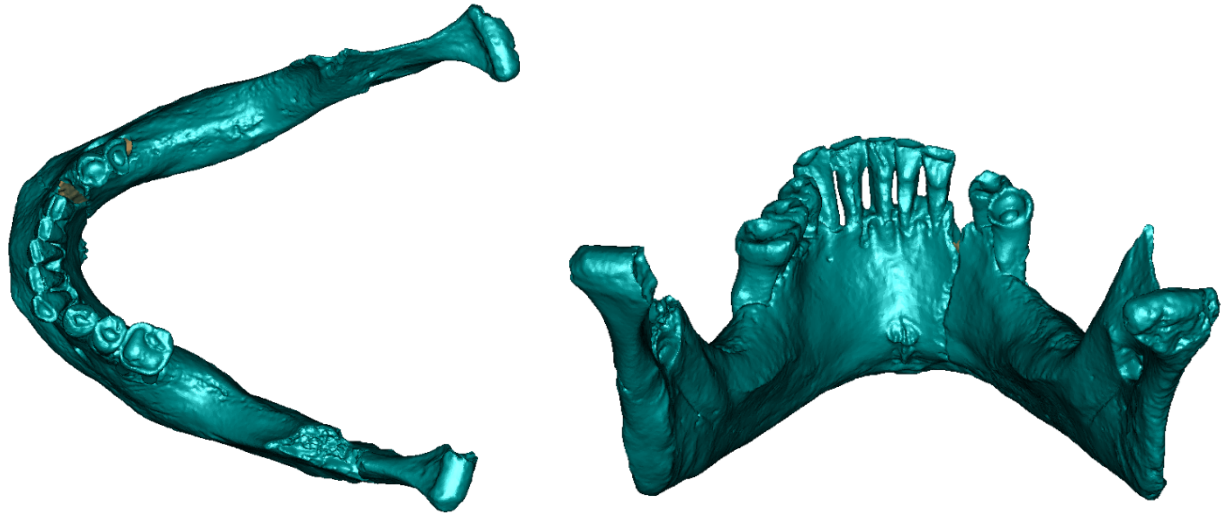


Fig. 26: risultato finale del modello digitale ottenuto della mandibola proveniente dall'inumato V della necropoli del CUS-Piovego.

I modelli così ottenuti possono essere sfruttati per applicazioni di ricerca e divulgazione: la progressiva introduzione dei modelli 3D, in luogo delle tradizionali immagini 2D accompagnate da descrizioni testuali, consente una più completa descrizione dei reperti, mettendo virtualmente a disposizione degli studiosi anche i reperti che, per esigenze di conservazione, non sono tangibili. I rilievi 3D, quindi, sono una “forma” che facilita in modo rapido ed accurato, l’analisi e la comunicazione dei reperti osteologici della necropoli del CUS-Piovego con riferimento a tre particolari ambiti di ricerca: *Virtual Anthropology* (sviluppo di sistemi di realtà immersiva e semi-immersiva), morfo-metria (uso di metodi non distruttivi per l’analisi morfo-metrica di caratteristiche biometriche di interesse), *Rapid Prototyping* (sviluppo di metodologie per la realizzazione di copie fisiche in scala 1:1 come strumento di supporto per la conoscenza e la divulgazione). Ma si ricavano modelli utili anche per le analisi della presenza di eventuali anomalie/usure correlabili ad attività extra/para-masticatorie. Quindi, in conclusione, si ottiene una sorta di database/dataset, con all’interno innumerevoli informazioni utili per studi ed analisi future.

Questo studio fornisce gli strumenti per l’organizzazione di un codice condiviso, quale primo passo verso un sistema di informazione e trasmissione di una realtà non immediatamente leggibile (morfo-metrie), ma che concorre alla strutturazione di relazioni, culture e teorie sottese allo sviluppo e alle cause della morte dei soggetti indagati.

3.3 L'INDIVIDUO V

Tra tutti gli elementi dentari che sono stati acquisiti, quelli dell'individuo V presentano usure correlabili ad attività extra/para-masticatorie. A questo proposito, si è pensato di effettuare analisi più approfondite sull'osso mandibolare conservato.

Per una singola fotografia può essere difficile registrare e rappresentare adeguatamente tutti i dettagli importanti di un oggetto, o materiale osteologico nel nostro caso. Per migliorare la topografia, la trama e il colore del campione, si possono utilizzare tecniche fotografiche specifiche, dalle quali si ottiene la *Reflectance Transformation Imaging* (RTI). A differenza di una singola fotografia, un sistema fotografico RTI può utilizzare numerosi angoli di illuminazione per produrre immagini sequenziali dello stesso oggetto, che possono rivelare dettagli oscurati o nascosti.

L'RTI fornisce un prezioso strumento per studiosi e conservatori, per la ricerca e la conservazione di importanti collezioni storiche di Belle Arti, ma anche per l'analisi più approfondita di dettagli altrimenti invisibili ad occhio nudo. I sistemi RTI sono utilizzati anche nell'area della scienza forense, per registrare e analizzare fotograficamente le striature di proiettili o altri segni quasi impercettibili naturalmente. Inoltre, l'RTI può essere uno strumento estremamente utile per l'*imaging* e l'analisi di frammenti di ceramica, piccoli strumenti archeologici e manufatti in pietra. Le applicazioni RTI sono illimitate e possono fornire informazioni visive chiave per i ricercatori in molte aree investigative.

È un metodo fotografico computazionale che raccoglie tra 40 e 100 immagini con sorgenti luminose in diverse posizioni fisse. Una volta che il software è in grado di dedurre la posizione delle sorgenti luminose, le immagini risultanti possono essere utilizzate per creare una mappa matematica 3D della superficie. Il software può calcolare i vettori normali alla superficie dalle immagini. Successivamente, le caratteristiche della superficie possono mostrare dettagli importanti (Fiorini 2018; Kinsman 2016).

L'RTI dipende dall'acquisizione di un numero di immagini con sorgenti luminose in posizioni fisse. Il processo descritto in questo lavoro delinea l'acquisizione manuale di 30 fotografie scattate da una macchina fotografica Canon IXUS 285 HS (Fig. 27).



Fig. 27: acquisizione delle fotografie utilizzando una semplice lampada da scrivania (spostata manualmente), una sfera riflettente, un sostegno per la macchina fotografica Canon IXUS 285 HS.

La costruzione e la visualizzazione delle immagini RTI sono state eseguite con il software RTI *builder* sviluppato da *Cultural Heritage Imaging*, e il file RTI risultante è stato visualizzato con il software RTI *viewer* (<http://culturalheritageimaging.org/Technologies/RTI/>).

Il rilievo fotografico è, almeno in termini di completezza dell'informazione visiva e velocità di restituzione grafica, il sistema di documentazione più rapido ed efficace.

Alla mandibola è stata affiancata una sfera riflettente per calcolare la diversa posizione del punto luce (Fig. 28).



Fig. 28: mandibola inumato V affiancata da una sfera riflettente.

Mantenendo fisse le posizioni di macchina fotografica, sfera e mandibola, si procede muovendo il punto luce (lampada) attorno all'oggetto in posizioni approssimative all'interno di uno schema definito: ad ogni 30° sul piano orizzontale si eseguono 3 scatti, con angolatura della luce a 30°, 45° e 60° circa, per un totale di circa 30 scatti (Fig. 29).

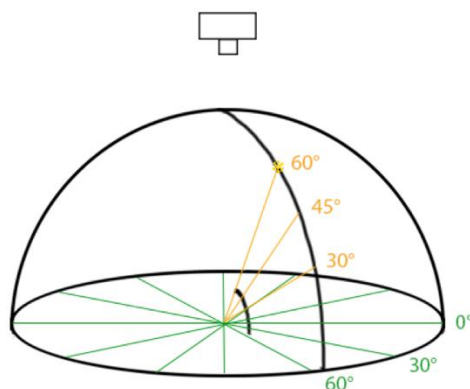


Fig. 29: schema del posizionamento del punto luce attorno all'oggetto per l'acquisizione delle immagini. Ad ogni 30° sul piano orizzontale si eseguono 3 scatti con angolatura della luce di 30°, 45° e 60°.

Il primo *step* in fase di elaborazione è la creazione della cartella principale del progetto (che bisogna nominare senza spazi) e di una sottocartella denominata *jpeg-exports* nella quale inserire le foto, rigorosamente in formato .jpg (Fig. 30).

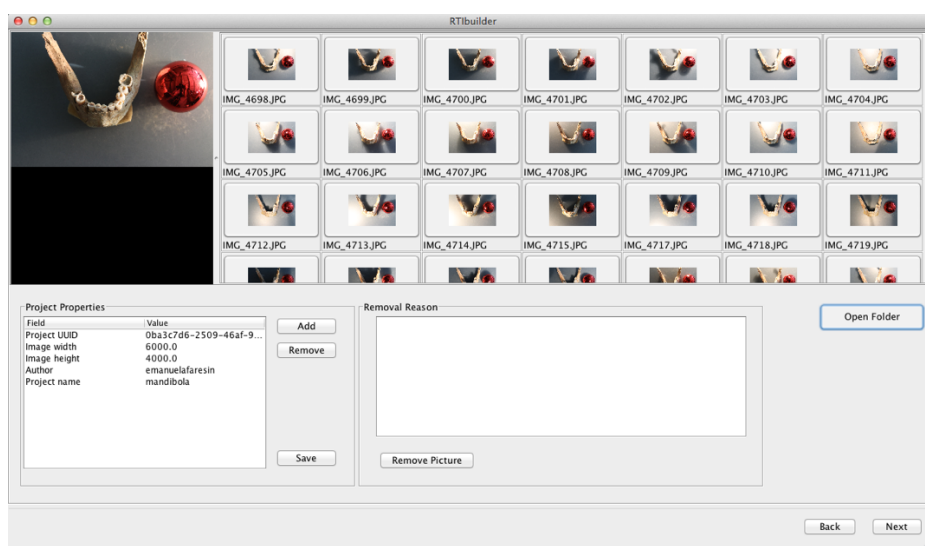


Fig. 30: interfaccia grafica di *RTIbuilder* con tutte le immagini acquisite.

A seconda della risoluzione che si vuole ottenere può essere utile, in fase preliminare, ridurre la risoluzione di tutte le immagini o eliminare i piccoli disallineamenti usando *tool di stack alignment* quali

ImageJ, Photoshop e Hugin. Da una delle immagini caricate, si seleziona l'area che racchiude la sfera riflettente, necessaria per la localizzazione dei punti luce (Fig. 31).

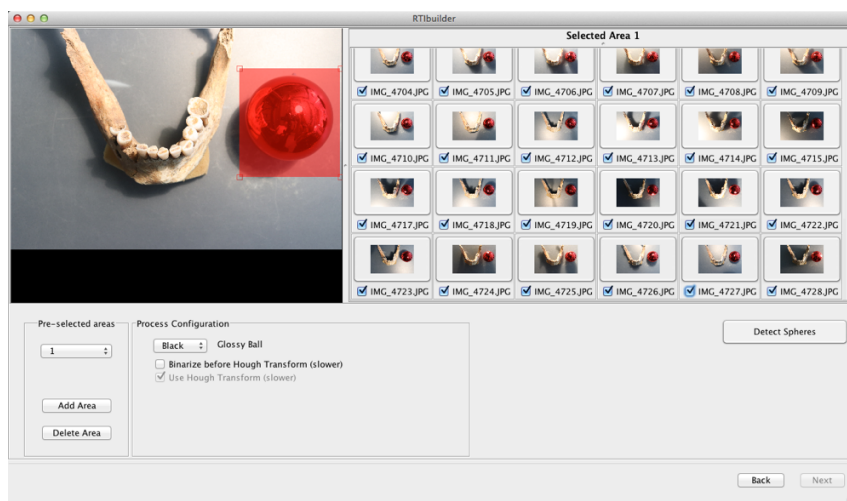


Fig. 31: a sinistra (quadrato rosso) è indicata l'area che racchiude la sfera riflettente necessaria per localizzare tutti i singoli punti luce.

Il *software* identifica, in ciascuna immagine, la sfera selezionata e le combina con l'algoritmo *light position* creando il file RTI o PTM. Si sono resi necessari, per il corretto calcolo del punto luce, alcuni aggiustamenti di diametro e centro della sfera.

A conclusione del processamento, vengono evidenziati tutti i punti di riflessione individuati sulle immagini (Fig. 32); è possibile un ulteriore singolo controllo correggendo, eventualmente, la posizione del punto luce e indicandone una nuova con il comando *Redefine Highlight* (Fig. 33).

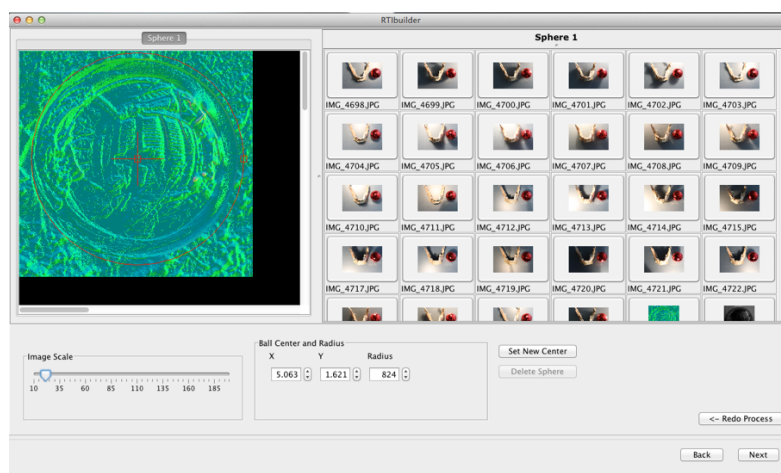


Fig. 32: immagine della sfera individuata con il centro ed il diametro correttamente centrati manualmente.

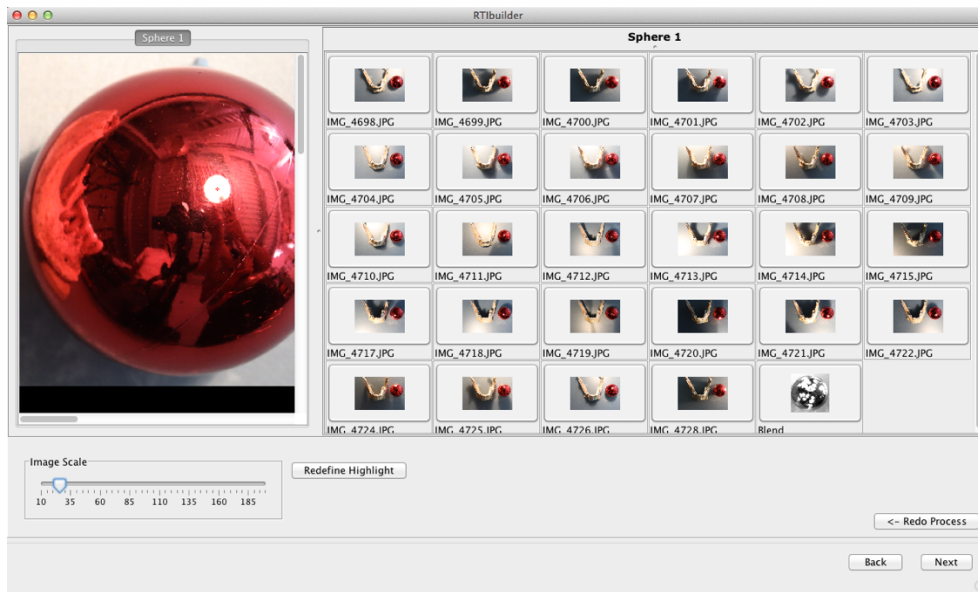


Fig. 33: correzione, facoltativa, della posizione del punto luce, indicandone una nuova con il comando *Redefine Highlight*.

RTIbuilder permette inoltre, nell'ultima fase, di ritagliare solamente l'area di interesse o ridimensionare il PTM, salvando il risultato finale in *finished-files*, i file .lp in *assembly-files* e le eventuali immagini ritagliate in *cropped-files* (Fig. 34).

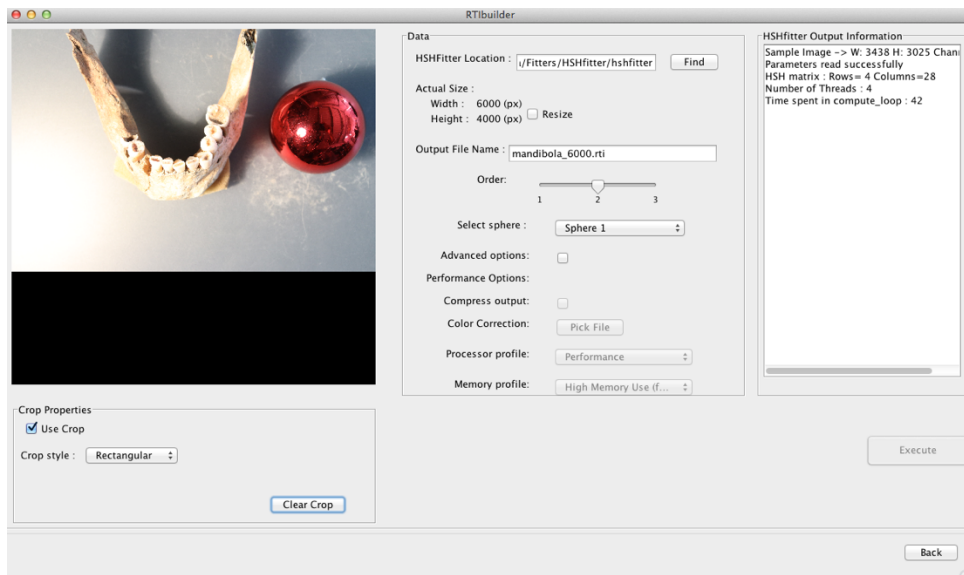


Fig. 34: possibilità di ritagliare l'area di interesse attraverso "Crop Properties" in *RTIbuilder*.

Infine, con *RTIviewer* si ottiene la restituzione foto realistica che l'utente può graduare in modo continuo in termini di illuminazione e di posizionamento della sorgente luminosa (Figg. 35-36-37-38).

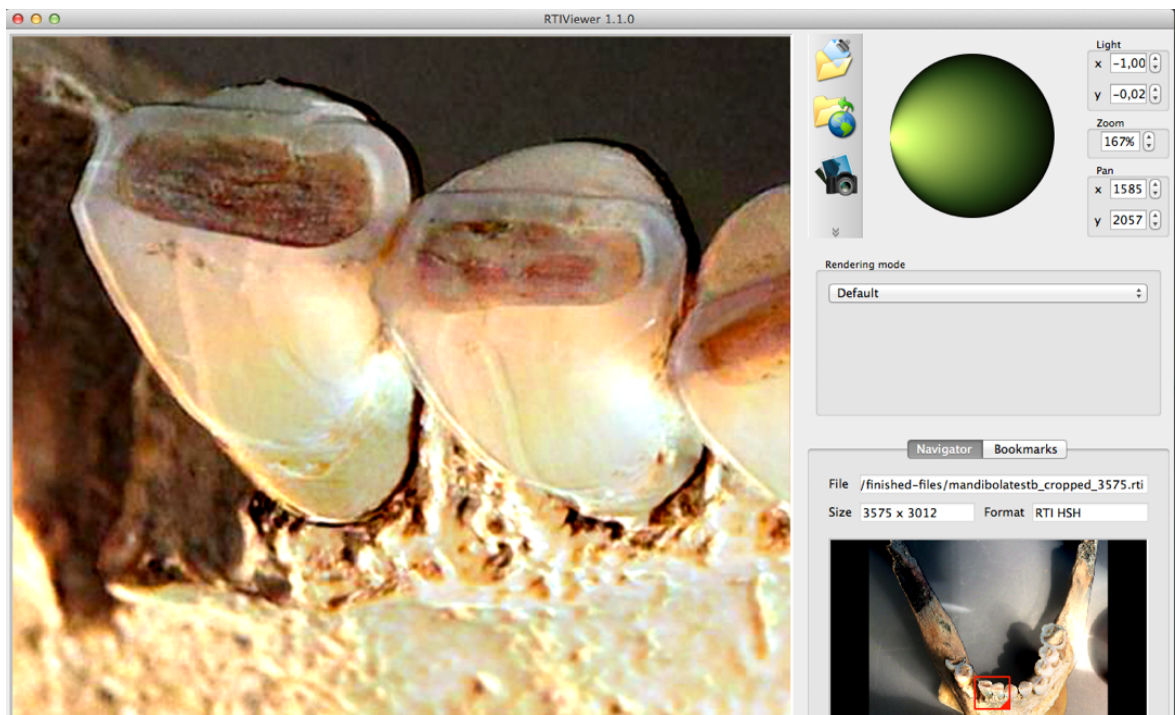


Fig. 35: risultato finale in modalità default: incisivi.

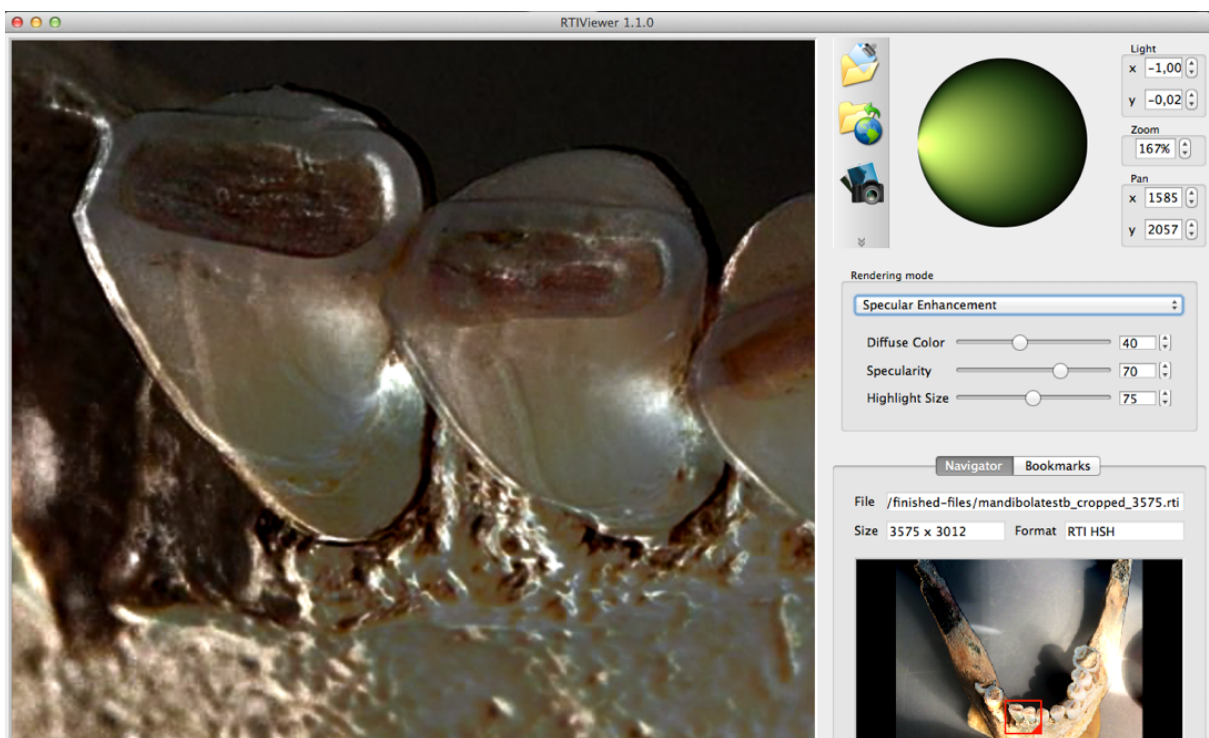


Fig. 36: risultato finale in modalità specular enhancement: incisivi.

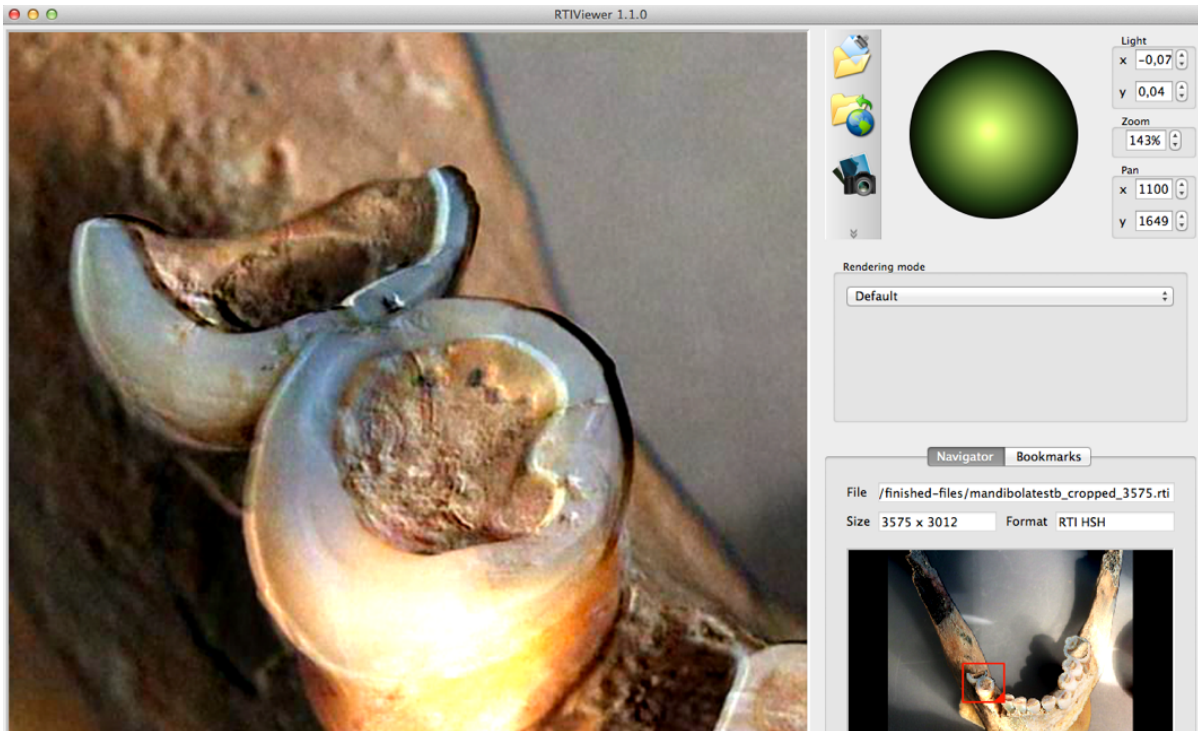


Fig. 37: risultato finale in modalità default: premorali.

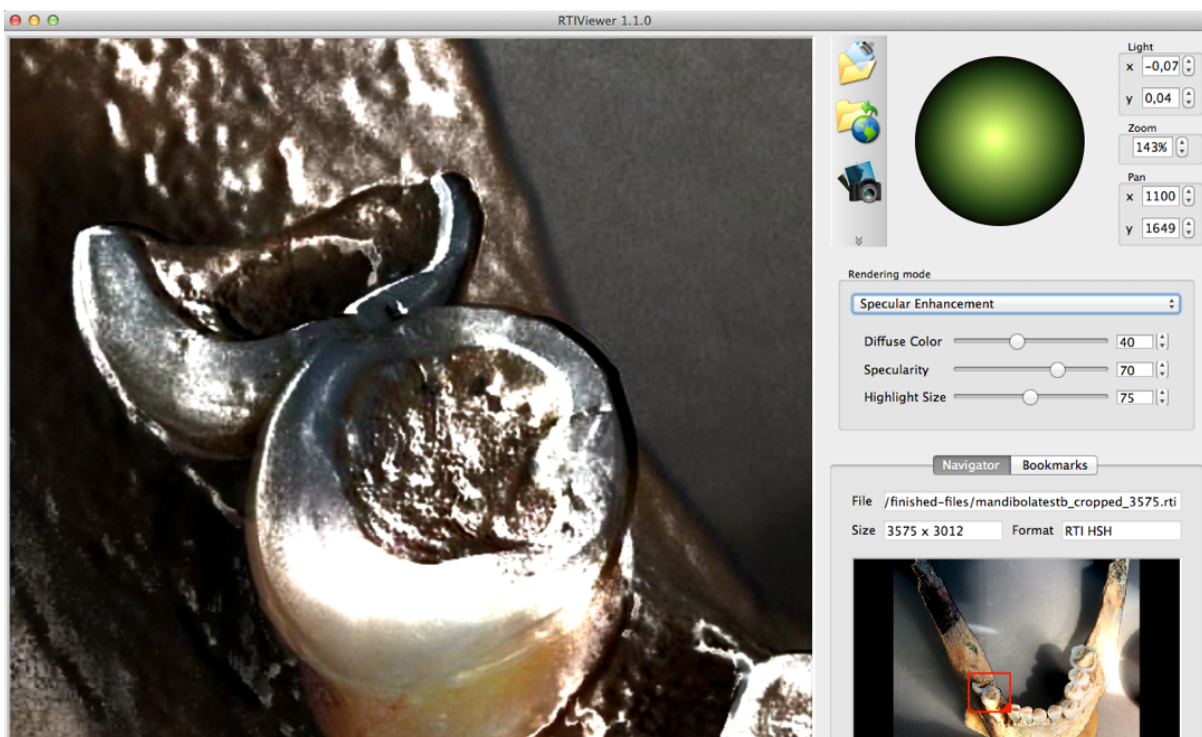


Fig. 38: risultato finale in modalità specular enhancement: premolari.

CONCLUSIONI

L'obiettivo di questa tesi è stato quello di dimostrare l'importanza della creazione di un database digitale per la conservazione di resti scheletrici particolarmente fragili, ripetutamente esposti a gravi rischi, come la frammentazione e la dispersione dei campioni, che, con il passare del tempo, peggiorano sempre di più il loro stato di conservazione.

Le stime del sesso e delle classi d'età alla morte proposte su base morfo-metrica del campione ad inumazione sono state integrate con dati provenienti da altre analisi, che hanno permesso di determinare il sesso e l'età di tutti gli individui presi in esame. Il rapporto maschio/femmina è particolarmente sbilanciato, con una maggioranza di queste ultime (Capasso *et al.* 2022).

Con l'analisi antropologica dentaria degli inumati del CUS-Piovego sono state individuate anomalie che hanno spinto ad un maggiore approfondimento degli studi sui resti di ossa mascellari e mandibolari di questi ultimi. Per far ciò in totale sicurezza, una scelta saggia è stata quella di campionare digitalmente tutto il materiale attraverso l'aiuto delle tecnologie avanzate.

Si è parlato molto dell'innovazione dei sistemi tridimensionali, di come favoriscano la tutela e la collezione di reperti archeologici e osteologici.

Il ripetuto rimaneggiamento di materiali facilmente degradabili è un rischio molto elevato, che si è tentato di risolvere con la tecnologia avanzata, e in particolar modo con la digitalizzazione 3D. La capacità dei metodi di digitalizzazione 3D di raccogliere rapidamente dati di alta qualità da reperti antropologici e archeologici ha ampia portata, dalla conservazione e dal restauro, all'impegno pubblico per mostre ed esposizioni, alla produzione di repliche e a una maggiore accessibilità dei dati digitali. È un beneficio sfruttato in diversi ambiti, come in ingegneria, in medicina e in tanti altri settori, non soltanto in archeologia e antropologia.

I recenti sviluppi hanno fatto sì che un maggior numero di ricercatori possa accedere e sfruttare le svariate metodologie 3D, contando sull'accuratezza, sull'efficienza e sulla validità dei risultati.

Da questo tipo di studio è emerso un maggior numero di informazioni provenienti dai modelli dei reperti presi in esame, impedendo qualsiasi tipo di invasività legata al processo di indagine manuale, che comporta, in molti casi, un alto rischio di frattura dei reperti osteologici. Questo è molto utile nel caso di visualizzazioni di strutture particolari, quali lesioni o anomalie.

La digitalizzazione dei reperti osteologici è un'operazione complessa, che deve prendere in considerazione le condizioni in cui il rilievo è effettuato, e può essere descritta come una successione di

operazioni standard che caratterizzano la *pipeline* di scansione 3D. Il rilievo è effettuato con lo scopo di “collezionare” un insieme di dati che costituiscono le caratteristiche morfologiche e morfo-metriche dei reperti osteologici, producendone una descrizione unica, accurata e ripetibile.

Sono stati realizzati modelli 3D che potranno servire da supporto alla conoscenza e alla fruizione delle informazioni sia da parte degli utenti esperti, che da quelli non appartenenti al settore. Partendo da qui, sarà successivamente possibile avviare ulteriori analisi, come l’osservazione più da vicino delle anomalie presenti sui denti, dovute ad attività extra/para-masticatorie, che hanno fatto ipotizzare all’utilizzo della dentizione come strumento, più specificatamente come ‘terza mano’.

C’è indubbiamente ancora del lavoro da fare e tanto da approfondire per arrivare a sfruttare al massimo il potenziale di conoscenza offerto dalla necropoli del CUS-Piovego di Padova, ma di sicuro i nuovi risultati apporteranno un notevole arricchimento agli studi sulle tecniche e metodologie di acquisizione che rendono possibile questo trasferimento di informazioni dal mondo “reale” al mondo “virtuale” e, in particolare, agli studi sulle anomalie che possono essere rese visibili attraverso analisi microscopiche e attraverso l’aiuto di strumentazione avanzata apposita.

BIBLIOGRAFIA

- ALQAHTANI SJ., HECTOR MP., LIVERSIDGE HM. (2010) – Brief communication: the London atlas of human tooth development and eruption. *American Journal of Physical Anthropology* 142: 481.
- BECK DE LOTTO M. (2021) – Analisi dei resti scheletrici di un campione di tombe a inumazione e a incinerazione dalla necropoli preromana del CUS-Piovego a Padova (VI-IV sec. a.C.): dallo scavo in laboratorio allo studio bio-archeologico. Tesi di Specializzazione in Beni Archeologici, Università degli Studi di Padova (inedito).
- BENTLEY RA. (2006). Strontium isotopes from the earth to the archaeological skeleton: a review. *Journal of Archaeological Method and Theory* 13: 135-187.
- BLATT SH., REDMOND BG., CASSMAN V., SCIULLI PW. (2011) – Dirty teeth and ancient trade: evidence of cotton fibers in human dental calculus from Late Woodland, Ohio. *International Journal of Osteoarcheology* 21: 669-678.
- BROWN T., MOLNAR S. (1990), ‘Interproximal Grooving, and Task Activity in Australia’. In: *American Journal of Physical Anthropology* 81: 545-554.
- BUCKLEY S., USAI D., JAKOB T., RADINI A., HARDY K. (2014) – Dental Calculus Reveals Unique Insights into Food Items, Cooking and Plant Processing in Prehistoric Central Sudan. *PLoS ONE* 9(7): e100808.
- CALZAVARA CAPUIS L., LEONARDI G. (1979) – Padova, località S. Gregorio: necropoli paleoveneta del Piovego. *Rivista di Archeologia* 3: 137-141.
- CAPASSO G. (2020) – Analisi dei resti scheletrici dei nuclei C-D-E della necropoli preromana del CUS-Piovego di Padova (VI-IV sec. a.C.): dato antropologico e archeologico a confronto. Tesi di Specializzazione in Beni Archeologici, Università degli Studi di Padova (inedito).
- CAPASSO G., BECK DE LOTTO M., LUGLI F., SPERDUTI A., BONDIOLI L., CUPITÒ M., VIDALE M. (2022) – *Unburnt bodies amongst cremated people. First elements to define the identity of the inhumed individuals from the necropolis CUS-Piovego, Padua*. 28th EAA Annual Meeting (Budapest, Hungary, 31 agosto - 3 settembre 2022).
- COHEN M., ARMELAGOS G. (1984) – Paleopathology at the origins of agriculture: editor’s summation. In M. COHEN & G. ARMELAGOS (a cura di). *Paleopathology at the origins of agriculture*. Academic Press, Orlando: 581-601.
- CUCARZI M. (1981) – Prospezione geofisica sulla necropoli paleoveneta del Piovego (Padova). *Archeologia Veneta* IV: 171-186.
- CZERMAK A., FERNÁNDEZ-CRESPO T., DITCHFIELD PW., LEE-THORP JA. (2020) – A guide for an anatomically sensitive dentine microsampling and age-alignment approach for human teeth isotopic sequences. *American Journal of Physical Anthropology* DOI: 10.1002/ajpa.24126.

DEPELLEGRIN V., CUPITÒ M., LEONARDI G., TECCHIATI U. (2015) – I cavalli della necropoli del Piovego (VI-IV sec. a.C.), Padova. *Riassunti/Abstracts dell'8° Convegno Nazionale di Archeozoologia*, 11-14 novembre 2015, Università del Salento. Lecce: 26.

EDINBOROUGH M., RANDO C. (2020) – Stressed Out: Reconsidering stress in the study of archaeological human remains. *J. Archaeol. Sci.* 121: 105197.

FARESIN E., TURCHETTO M., SALEMI G., CONCHERI G., MENEGHELLO R., SAVIO G., CANCI A., SALZANI L., CUPITÒ M. (2012) – Tecniche ottiche e laser per l'acquisizione di fratture ossee in ambito bioarcheologico. *Atti 16a Conferenza Nazionale ASITA*. Fiera di Vicenza: 659-666.

FARESIN E. (2014) – Multisensor data fusion in ambito bioarcheologico. estrazione ed analisi di features su reperti ossei provenienti dalla necropoli di Olmo di Nogara. Scuola di Dottorato di Ricerca in: Studio e Conservazione dei Beni Archeologici e Architettonici CICLO: XXVII. Direttore della Scuola G. Salemi, Università degli Studi di Padova.

FARESIN E., VICENZUTTO D., CUPITÒ M., LEONARDI G., SALEMI G. (2014) – Modelli digitali da scanner CT. Case study: il micro contesto archeologico di un'urna cineraria (necropoli del Piovego, Padova). AA. VV., *Atti della conferenza nazionale ASITA 2014*. Firenze: 1263-1268.

FAUSTI V. (2001) – Antropologia dentaria degli inumati della necropoli del Piovego. Tesi di Specializzazione in Beni Archeologici, Università degli Studi di Padova (inedito).

FIORINZA L., YONG R., RANJITKAR S., HUGHES T., QUAYLE M., MCMENAMIN PG., KAIDONIS J., TOWNSEND GC., ADAMS JW. (2018) – Technical note: The use of 3D printing in dental anthropology collections. *American Journal of Physical Anthropology*: 1-7.

FIORINI A. (2018) – Il metodo fotografico RTI (Reflectance Transformation Imaging) per la documentazione delle superfici archeologiche. L'applicazione ai materiali di età protostorica. *Archeologia e Calcolatori* 29: 241-258.

FLOCKHART DT., KYSER K., CHIPLEY D., MILLER NG., NORRIS DR. (2015) – Experimental Evidence Shows No Fractionation of Strontium Isotopes ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) among Soil, Plants, and Herbivores: Implications for Tracking Wildlife and Forensic Science. *Isotopes in Environmental and Health Studies* 51(3): 372-381.

GALLO P. (1965) – Una necropoli paleoveneta alla periferia di Padova, *Atti dell'Istituto Veneto di Scienze, Lettere e Arti, CXXIII, 1964-1965, Classe di Scienze matematiche e naturali*: 41-59.

GOODMAN AH., ARMELAGOS GJ., ROSE JC. (1980) – Enamel hypoplasias as indicators of stress in three prehistoric populations from Illinois. *Human Biology* 52 (3): 515-28.

GOWLAND R., STEWART NA., CROWDERD KD., HODSON C., SHAW H., GRON KJ., MONTGOMERY J. (2020) – Sex estimation of teeth at different developmental stages using dimorphic enamel peptide analysis. *Am. J. Phys. Anthropol.* 2021: 1-11.

GUATELLI-STEINBERG D. (2016) – Dental stress indicators from micro- to macroscopic. In J.D. IRISH & J.R. SCOTT (a cura di) – *A Companion to Dental Anthropology*. Wiley Blackwell Companions to Anthropology. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons: 450-464.

- GUIDI G., RUSSO M., BERARDIN JA. (2010) – Acquisizione 3D e modellazione poligonale. Milano, *McGraw-Hill*: 12-14; 78-79; 88.
- HENRY A.G. (2020) – Starch Granules as Markers of Diet and Behavior. In A. HENRY (a cura di) – *Handbook for the Analysis of Micro-Particles in Archaeological Samples. Interdisciplinary Contributions to Archaeology*. Springer, Cham: 97-116.
- HILLSON S.R. (2008) – *The Current State of Dental Decay*. In JD. IRISH, GC. NELSON (a cura di) – *Technique and Application in Dental Anthropology*. Cambridge, Cambridge University Press: 111- 135.
- JANI G., JOHNSON A., PAREKH U., THOMPSON T., PANDEY A. (2020) – Effective approaches to three-dimensional digital reconstruction of fragmented human skeletal remains using laser surface scanning. *Forensic Science International: Synergy* 2:215-223.
- JOHNSON A., JANI G., GARRIGA J.A., PANDEY A. (2022) – Digital reconstruction of fragmented tooth remains in a forensic context. *Forensic Sciences Research* 7(1): 88-93.
- LALUEZA FC. (1992) – Information obtained from the microscopic examination of cultural striations’. In: *International Journal of Osteoarchaeology* 7: 155-169.
- LALUEZA FC., PÉREZ-PÉREZ A., TURBÓN D. (1996) – Dietary inferences through buccal microwear analysis of Middle and Late Pleistocene human fossils. *American Journal of Physical Anthropology* 100(3): 367-87.
- LALUEZA FC., FRAYER DW. (1997) – Non-dietary marks in the anterior dentition of the Krapina Neanderthals. *International Journal of Osteoarchaeology* 7: 133-149.
- LEONARDI G. (1986) – Procedure di stratigrafia processuale. La necropoli paleoveneta del Piovego a Padova. *Aquileia Nostra* LVII: 209-236.
- LEONARDI G. (1989) – Tracce di frequentazione perfluviale con evidenze di attività di caccia-pesca: il dato e l’interpretazione. *Origines* XIV: 271-288.
- LEONARDI G. (1990) – L’area archeologica del C.U.S.-Piovego, Padova: relazione preliminare della campagna di scavo 1989, con note metodologiche. *Quaderni di Archeologia del Veneto* VI: 11-53.
- LEONARDI G. (1991) – Loc. Piovego. *Studi Etruschi* LVII: 412-414.
- LEONARDI G. (a cura di) (1992) – *Processi formativi della stratificazione archeologica. Atti del seminario internazionale* (Padova 15-27 luglio) Padova.
- LEONARDI G. (1992) – Procedure di stratigrafia processuale; la necropoli paleoveneta del Piovego (ristampa). In G. LEONARDI (a cura di) – *Processi formativi della stratificazione archeologica, Atti del seminario internazionale* (Padova 15-27 luglio): 199-212.
- LEONARDI G. (2004a) – Testimonianza greca dalla necropoli del Piovego (Padova). *Hesperia* 18: 279-289.

- LEONARDI G. (2004b) – *La tomba bisoma di uomo e di cavallo nella necropoli del Piovego-Padova*. Marsilio, Venezia.
- LEONARDI G., BALISTA C., LEVI ST., ROCCO R. (1992) – Scavi 1989 nell'area archeologica C.U.S.-Piovego (Padova), problemi e prospettive di metodologia analitico-processuale. AA.VV., *Tipologia di insediamento e distribuzione antropica nell'area veneto-istriana dalla protostoria all'alto medioevo, Seminario di studio (Asolo- 3/5 novembre 1989)*. Monfalcone: 81-97.
- LETO S. (2020) – Analisi dei resti scheletrici dei nuclei A-B e F-J della necropoli preromana del C.U.S.-Piovego a Padova: dato antropologico e archeologico a confronto. Tesi di Specializzazione in Beni Archeologici, Università di Padova. Inedito.
- LIEVERSE AR. (1999) – Diet and the aetiology of dental calculus. *International Journal of Osteoarchaeology* 9: 219-232.
- LORENTZ O., LAMMERS AM., CHRYSOSTOMOU C., DIRKS W. (2019) – Use of dental microstructure to investigate the role of prenatal and early life physiological stress in age at death. *J. Archaeol. Sci.* 104: 85-96.
- LUKACS JR., PASTOR RF. (1988) – Activity-induced patterns of dental abrasion in prehistoric Pakistan: evidence from Mehrgarh and Harappa. *American Journal of Physical Anthropology* 76(3): 377-398.
- LUKACS JR. (1989) – Dental paleopathology: Methods for reconstructing dietary patterns. In M.I. ISCAN & KENNEDY K.A.R. (a cura di) – *Reconstruction of Life from the Skeleton*. New York, Alan R Liss, Inc.: 261-286.
- LUGLI F, DI ROCCO G., VAZZANA A., GENOVESE F., PINETTI D., CILLI E., CARILE MC., SILVESTRINI S., GABANINI G., ARRIGHI S., BUTI L., BORTOLINI E., CIPRIANI A., FIGUS C., MARCIANI G., OXILIA G., ROMANDINI M., SORRENTINO R., SOLA M., BENAZZI S. (2019) – Enamel peptides reveal the sex of the Late Antique 'Lovers of Modena'. *Scientific Reports* 9, 13130.
- MACKIE M., RADINI A., SPELLER CF. (2017) – The Sustainability of Dental Calculus for Archaeological Research. In J. FAVREAU & R. PATALANO (a cura di) – *Shallow Pasts, Endless Horizons: Sustainability & Archaeology: Proceedings of the 48th Annual Chacmool Archaeology Conference*: 74-81.
- MARINETTI A. (1991) – Iscrizione venetica dall'area archeologica del CUS-Piovego (Padova) in *TERRA D'ESTE* VII: 175-178 (ISSN 1127-2910).
- MILNER GR., LARSEN CS. (1991) – *Teeth as Artifacts of Human Behavior: Intentional Mutilation, and Accidental Modification*. In MA KELLEY, LARSEN CS. LARSEN (a cura di.) *Advances in Dental Anthropology*: 357-378. New York: Wiley-Liss.
- MOLLESON T., JONES T. (1991) – Dental evidence for dietary change at Abu Hureyra. *Journal of Archaeological Science* 19: 525-539.
- MOLNAR S. (1971) – Human tooth wear. Tooth, function and cultural variability. *American Journal of Physical Anthropology* 33:175-190.

NAVA A., FRAYER DW., BONDIOLI L. (2019) – Longitudinal analysis of the microscopic dental enamel defects of children in the Imperial Roman community of Portus Romae (necropolis of Isola Sacra, II to IV cent. CE, Italy). *J. Archaeol. Sci. Rep.*23: 406-415.

OLMEDA G., PROSDOCIMI B., ANGELINI I., CUPITÒ M., MOLIN G., LEONARDI G. (2015) – Archeologia e archeometria delle perle in vetro della necropoli patavina del CUS-Piovego (VI-IV secolo a.C.). Osservazioni sulla tecnologia del vetro in Veneto nella piena Età del ferro. In G. LEONARDI & TINÈ V. (2015) (a cura di) – *Preistoria e protostoria del Veneto, Studi di preistoria e protostoria 2*. Firenze: 495-424.

PALADIN A., MOGHADDAM N., STAWINOĞA AE., SIEBKE I., DEPELLEGRIN V., TECCHIATI U., LOSCH S., ZINK A. (2020) – Early medieval Italian Alps: reconstructing diet and mobility in the valleys. *Archaeological and Anthropological Sciences* 12: 82.

PUECH PF., CIANFARINI F. (1988) – Interproximal grooving of teeth. *Current Anthropology* 29: 665-668.

PUTZOLU C., VICENZUTTO D. (2013) – Il rilievo delle superfici tramite fotogrammetria 3D: dal microscavo dei complessi tombali agli scavi in open area. In A. CURCI, A. FIORINI (a cura di) – *Documentare l'Archeologia 3.0: fotogrammetria e laser scanner di nuova generazione. Dal rilievo archeologico alle soluzioni di realtà aumentata. Atti del Workshop (Bologna, Alma Mater Studiorum Università di Bologna, 23 aprile 2013)*, *Archeologia e Calcolatori* 24: 355-370.

RADINI A., NIKITA E., BUCKLEY S., COPELAND L., HARDY K. (2017) – Beyond food: The multiple pathways for inclusion of materials into ancient dental calculus. *American Journal of Physical Anthropology* 162(S63): 71-83.

RUTA SERAFINI A. (1990) – La necropoli di via Tiepolo. In A. RUTA SERAFINI (a cura di) – *La necropoli paleoveneta di via Tiepolo a Padova. Un intervento archeologico nella città. Catalogo della mostra*. Padova: 18-20.

SALEMI G., CUPITÒ M., VICENZUTTO D., LEONARDI G., FARESIN E. (2014) – Modelli digitali da scanner CT. Case study: il micro contesto archeologico di un'urna cineraria (necropoli del Piovego, Padova). *Atti della conferenza nazionale ASITA 2014*.

SARTOR F. 2000. *Gli inumati della necropoli del Piovego* (inedito). Tesi di Laurea in Archeologia, UniPD.

SEHRAWAT J.S. & KAUR J. (2017) – Role of stable isotope analyses in reconstructing past life-histories and the provenancing human skeletal remains: a review. *Anthropological Review* 80(3): 243–258.

SPERDUTI A., GIULIANI MR., GUIDA G., PETRONE PP., ROSSI PF., VACCARO S., FRAYER DW., BONDIOLI L. (2018) – Tooth grooves, occlusal striations, dental calculus, and evidence for fiber processing in an Italian eneolithic/bronze age cemetery. *American Journal of Physical Anthropology* 167(2): 1-10.

STANTIS C., Buckley HR., Commendador A., Dudgeon JV. (2021) – Expanding on incremental dentin methodology to investigate childhood and infant feeding practices on Taumako (southeast Solomon Islands). *J. Archaeol. Sci.*126: 105294.

STEWART NA., GERLACH RF., GOWLAND RL., MONTGOMERY J. (2017) – Sex determination of human remains from peptides in tooth enamel. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(52): 13649-13654.

SZOTEK, K. MAĐRZYK K., STEPAŃCZAK B. (2015) – Strontium isotopes as an indicator of human migration – easy questions, difficult answers. *Anthropological Review* 78(2): 133-156.

TOWLE I., IRISH JD. (2020) – Recording and interpreting enamel hypoplasia in samples from archaeological and palaeoanthropological contexts. *Journal of Archaeological Science* 114: 105077.

TSUTAYA S. (2020) – Blurred time resolution of tooth dentin serial sections. *Am. J. Phys. Anthropol.* 173: 1-12.

VICENZUTTO D. (2013) – Necropoli del Piovego (V-V sec. a.C.). Tomba 112: scavo, processi formativi, documentazione 2D e 3D e inquadramento cronologico. Tesi di Specializzazione, Relatore G. Leonardi, Università degli Studi di Padova.

VICENZUTTO D., FARESin E., SALEMI G. (2016) – Necropoli del Piovego (VI-IV sec. a.C.). L'utilizzo della tomografia assiale computerizzata e della fotogrammetria nel microscavo dei complessi tombali: il caso della tomba 112. In T. CIVIDINI & G. TASCA (a cura di) – *Il funerario in Friuli e nelle regioni contermini tra l'età del ferro e l'età tardoantica. Atti del Convegno Internazionale*. BAR, International Series.

VICENZUTTO D., MAZZETTI B. (2017) – Approcci quantitativi semiautomatizzati nel riconoscimento della composizione e della conformazione della terra di rogo nei complessi tombali. Il caso studio della tomba 117 della necropoli del Piovego. In M. CUPITÒ, M. VIDALE & I. ANGELINI (a cura di) – *Beyond Limits. Studi in onore di Giovanni Leonardi*. Padova: 83-90.

VICENZUTTO D., NICOSIA C. (2016) – Necropoli del Piovego (VI-IV sec. a.C.). Lo studio delle sezioni sottili nel microscavo dei complessi tombali: il caso della tomba 112. In T. CIVIDINI & G. TASCA (a cura di) – *Il funerario in Friuli e nelle regioni contermini tra l'età del ferro e l'età tardoantica. Atti del Convegno Internazionale*. BAR, International Series.

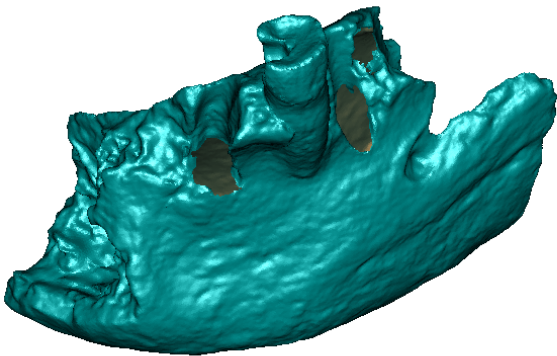
WHITE S., HIRST C., SMITH SE. (2018) – The Suitability of 3D Data: 3D Digitization of Human Remains. *Archaeologies: Journal of the World Archaeological Congress*. Institute of Archaeology, University College London. Volume 14, 2: 1-22.

WHITE TD., FOLKENS PA. (2005) – *The human bone manual*. Elsevier Academy Press, Boston.

APPENDICE

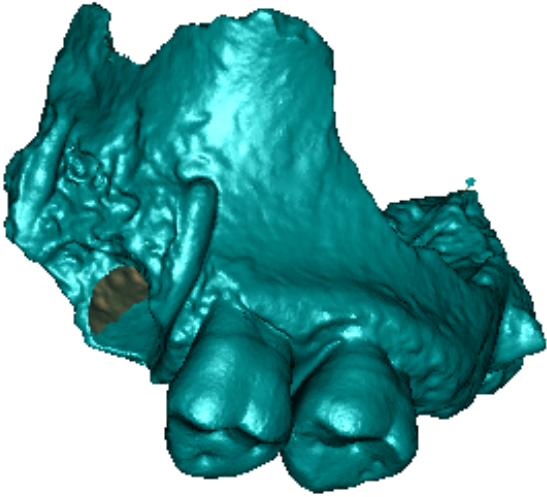
INUMATO I

Pz. 1

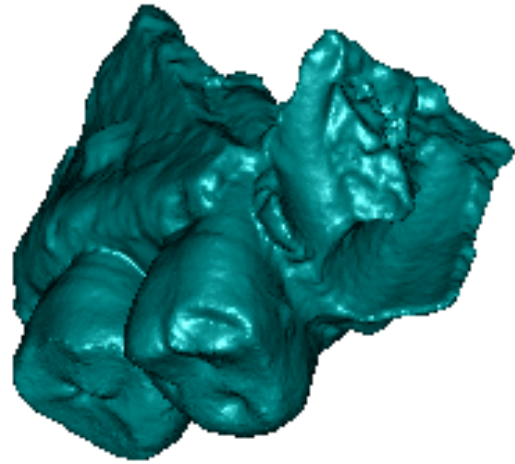


INUMATO II

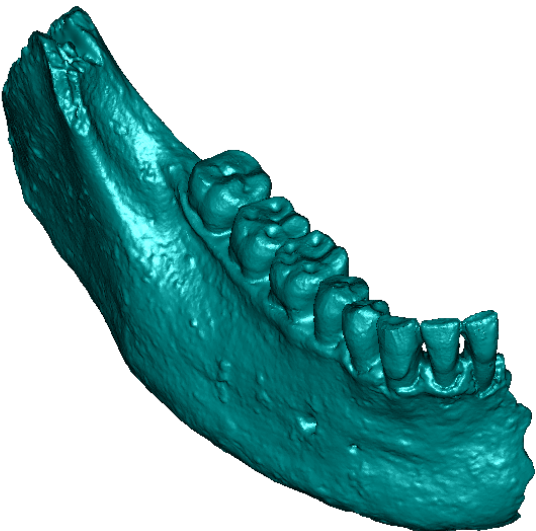
Pz. 1



Pz. 2

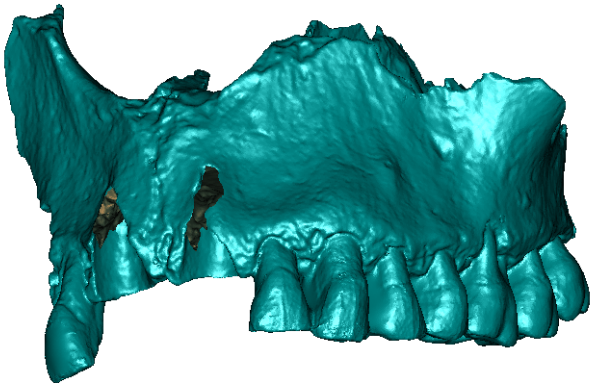


Pz. 3

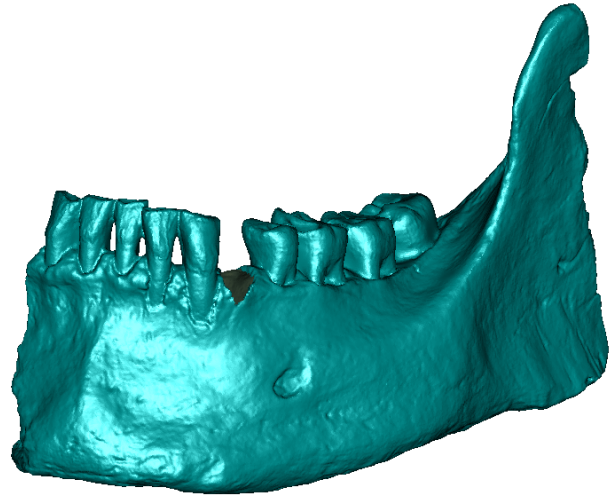


INUMATO III

Pz. 1

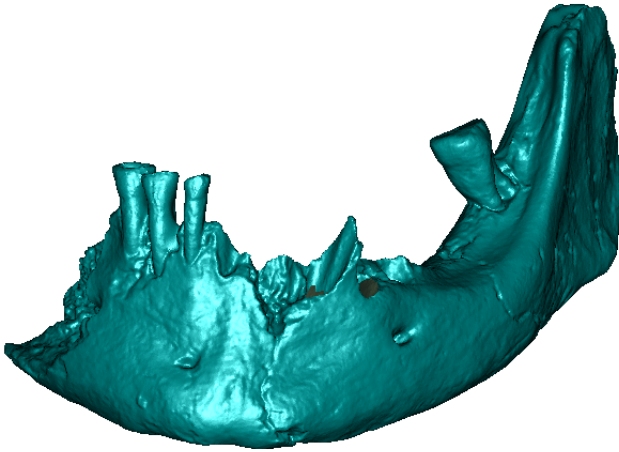


Pz. 2



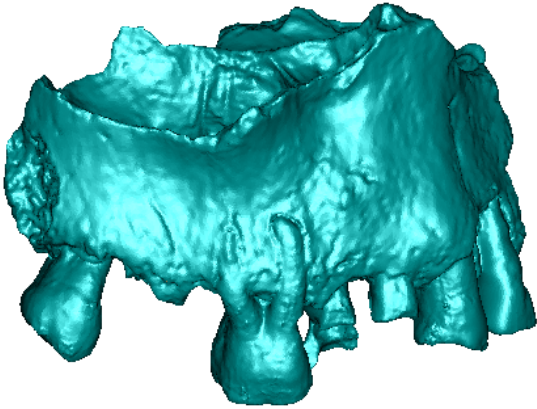
INUMATO IV

Pz. 1

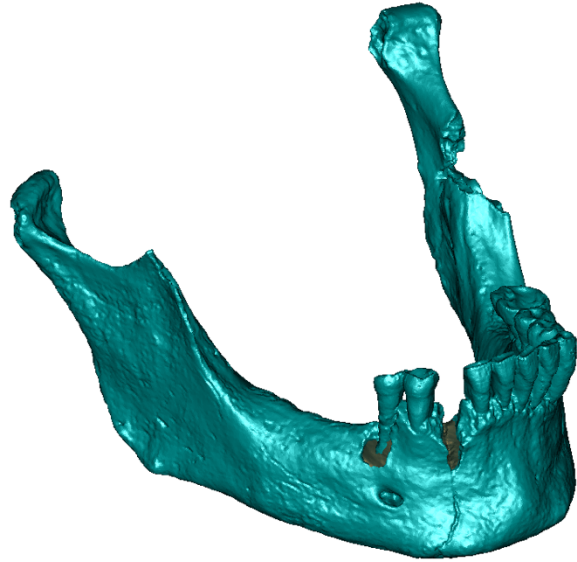


INUMATO V

Pz. 1

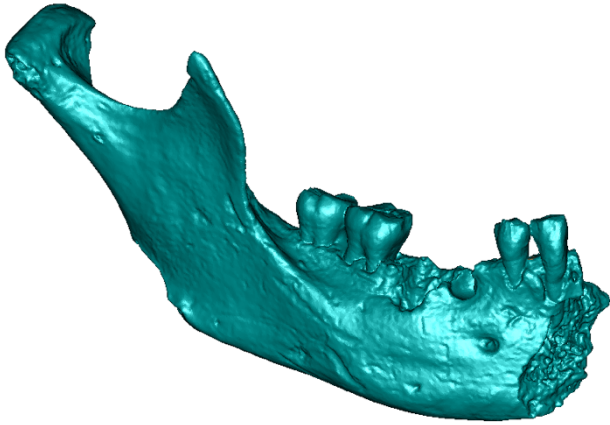


Pz. 2

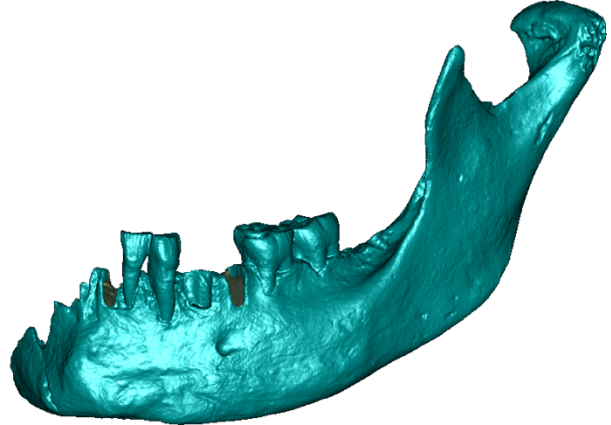


INUMATO VI

Pz. 1

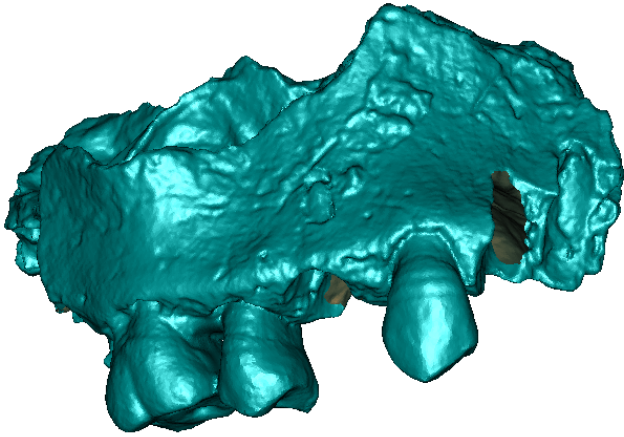


Pz. 2

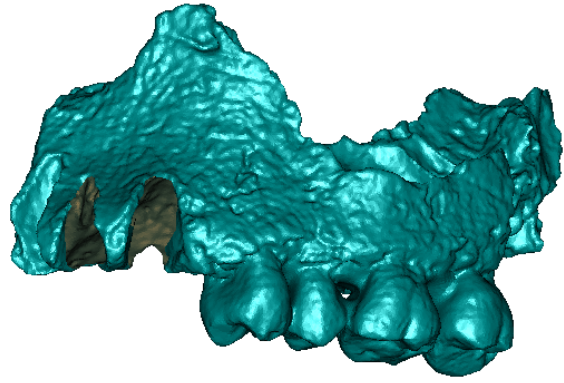


INUMATO VII

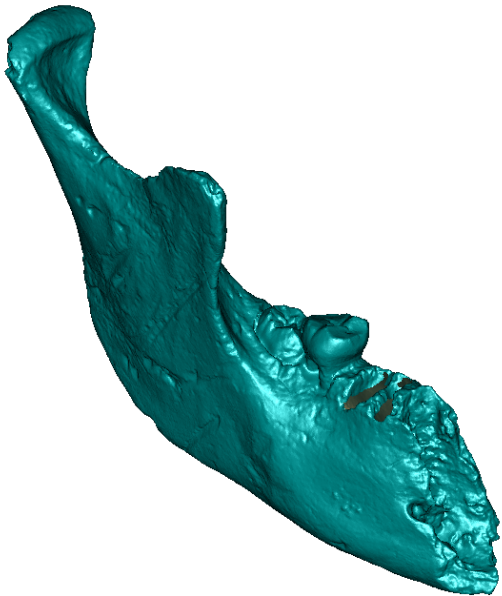
Pz. 1



Pz. 2

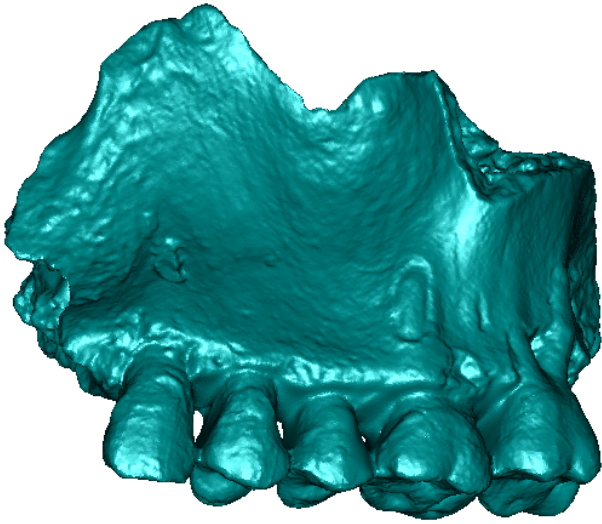


Pz. 3

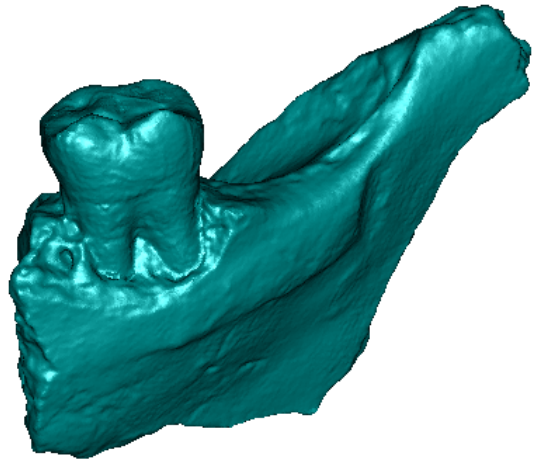


INUMATO VIII

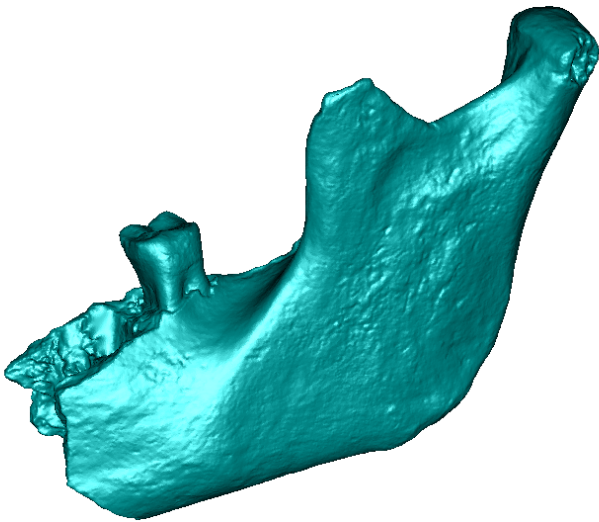
Pz. 1



Pz. 2

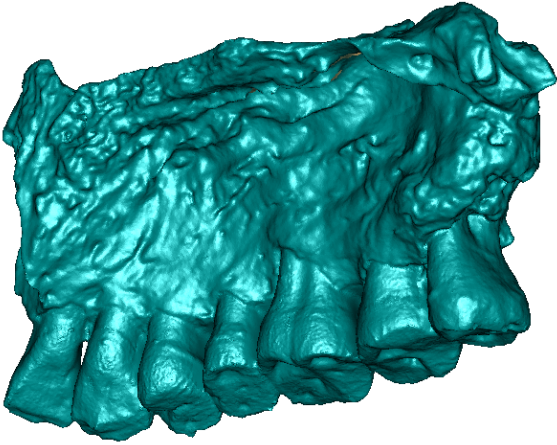


Pz. 3

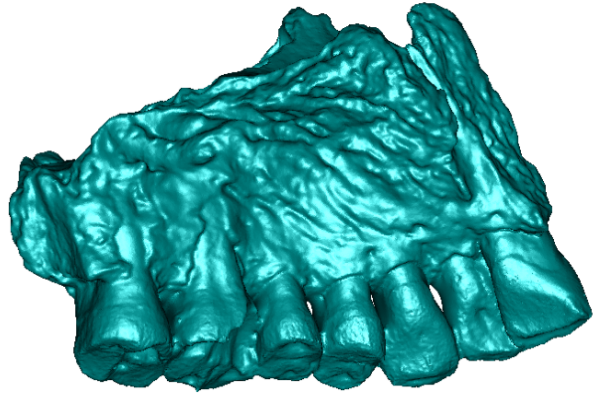


INUMATO XIII

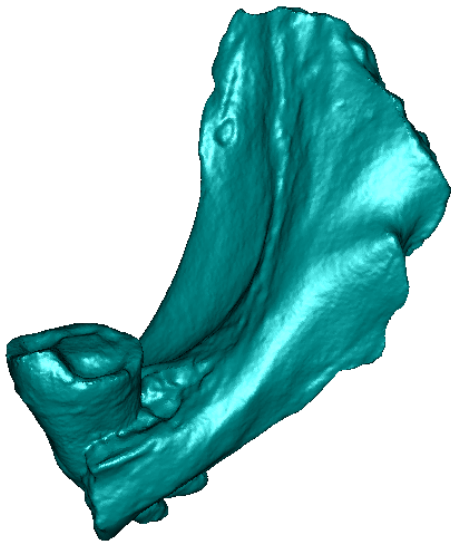
Pz. 1



Pz. 2

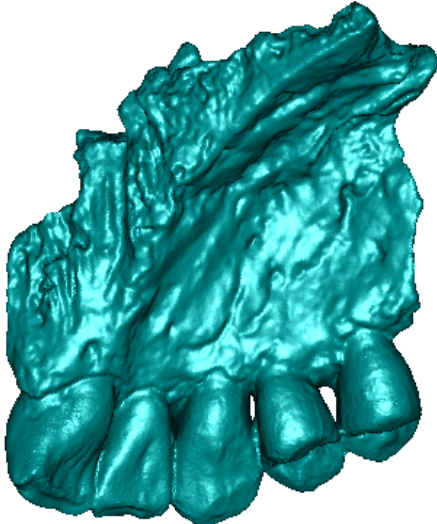


Pz. 3

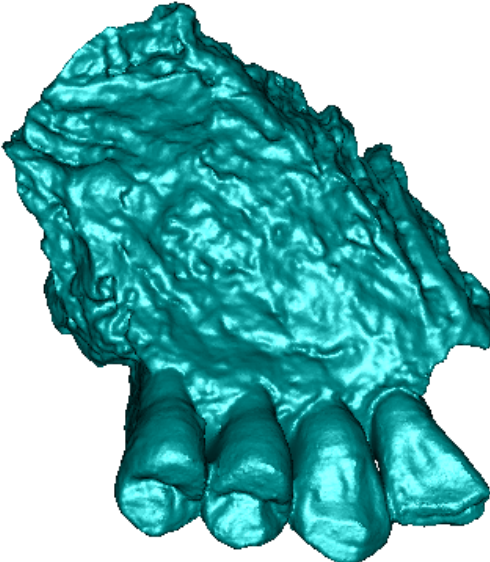


INUMATO XIV

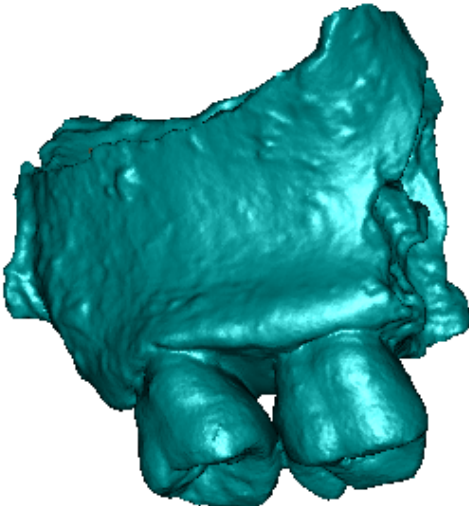
Pz. 1



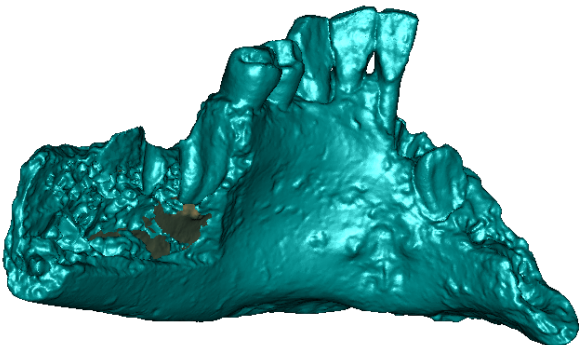
Pz. 2



Pz. 3

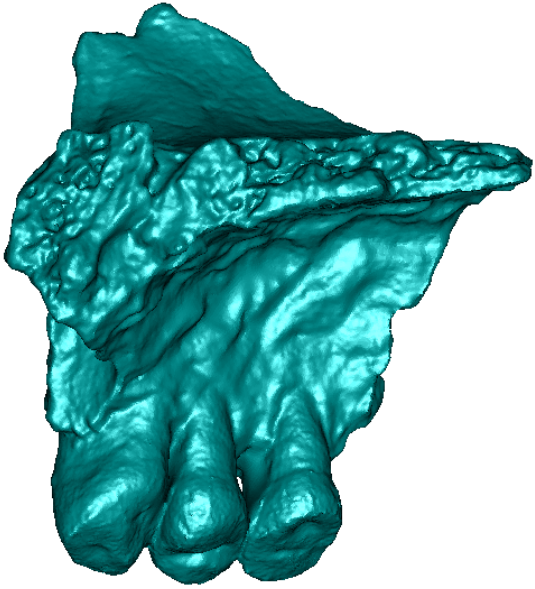


Pz. 4

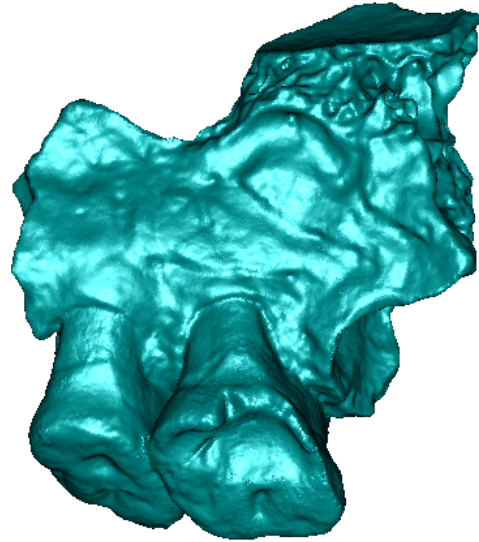


INUMATO XVI

Pz. 1



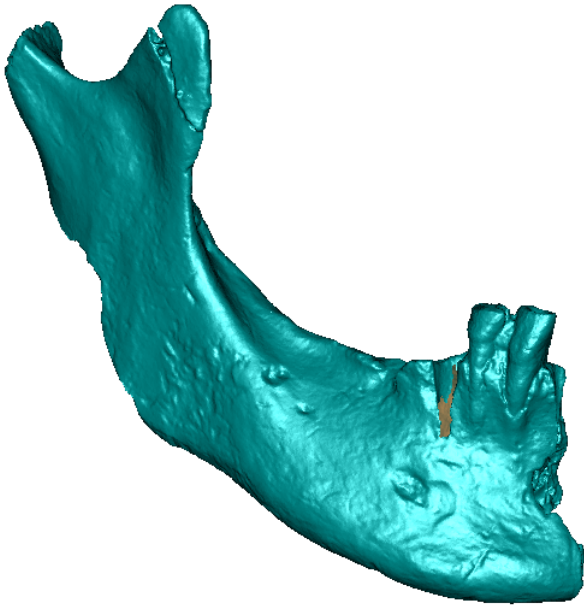
Pz. 2



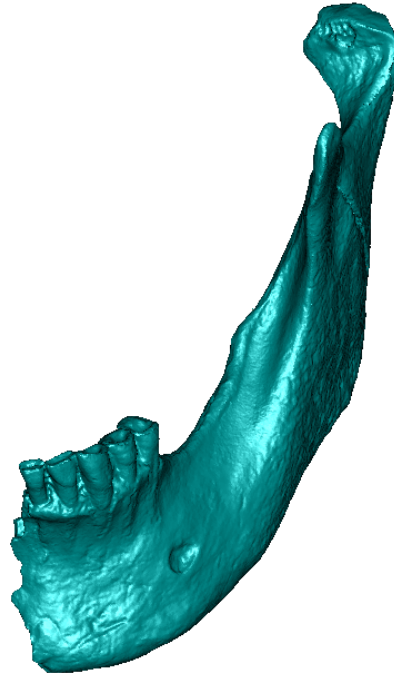
Pz. 3

INUMATO XIX

Pz. 1

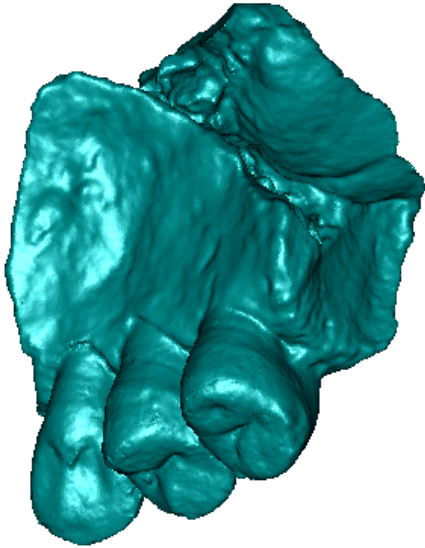


Pz. 2

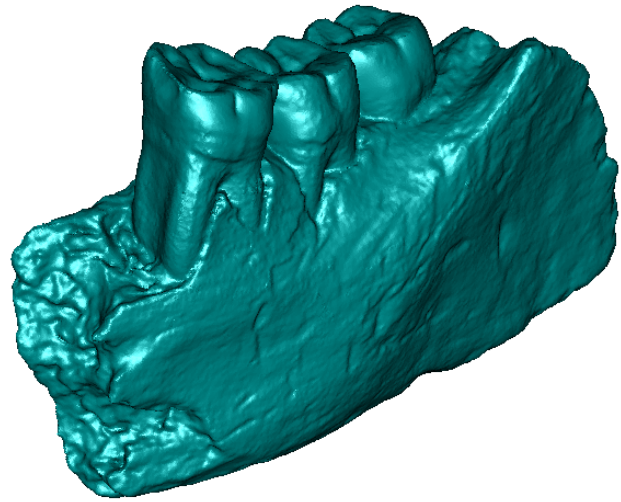


INUMATO XX

Pz. 1

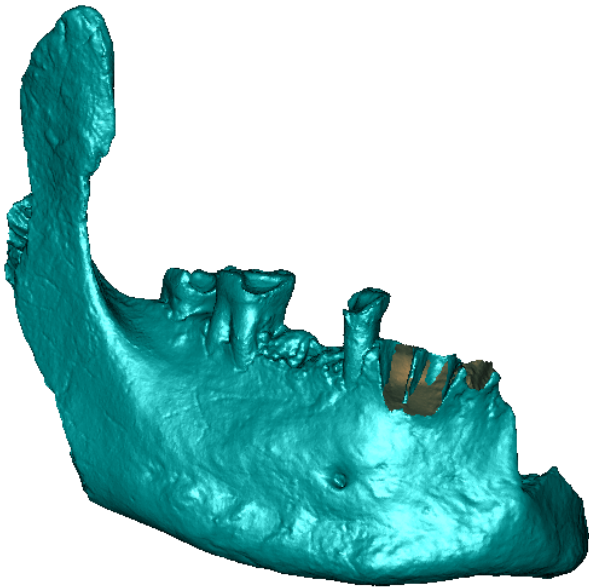


Pz. 2

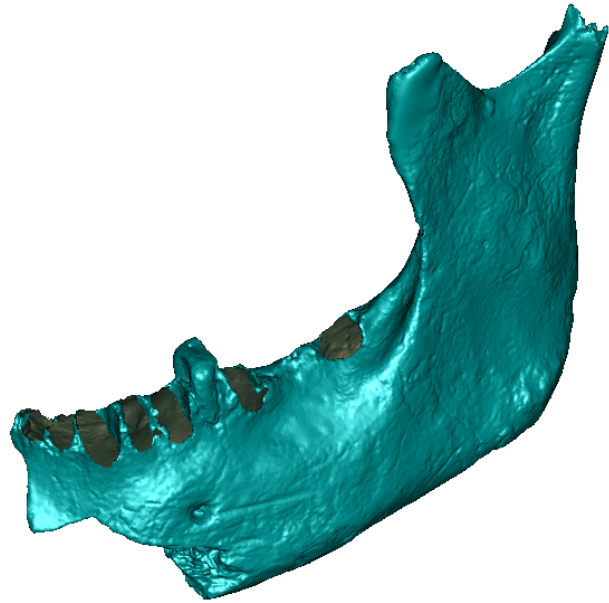


INUMATO XXI

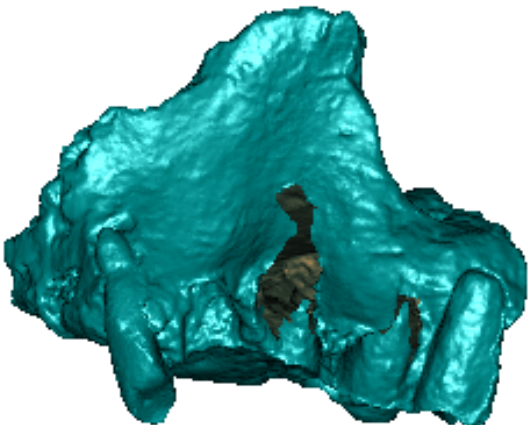
Pz. 1



Pz. 2



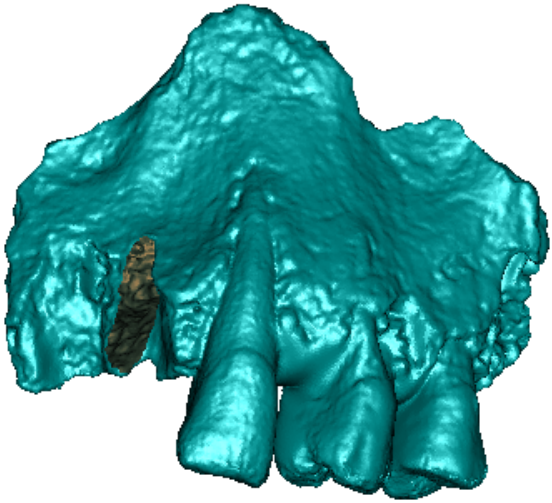
Pz. 3



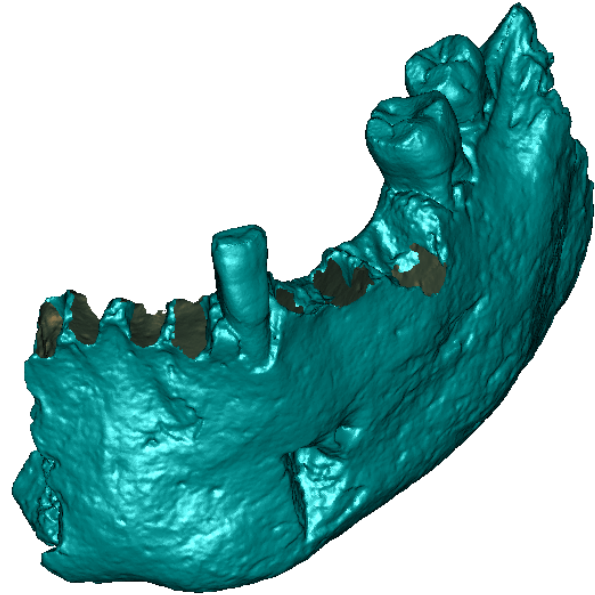
Pz. 4

INUMATO XXII

Pz. 1

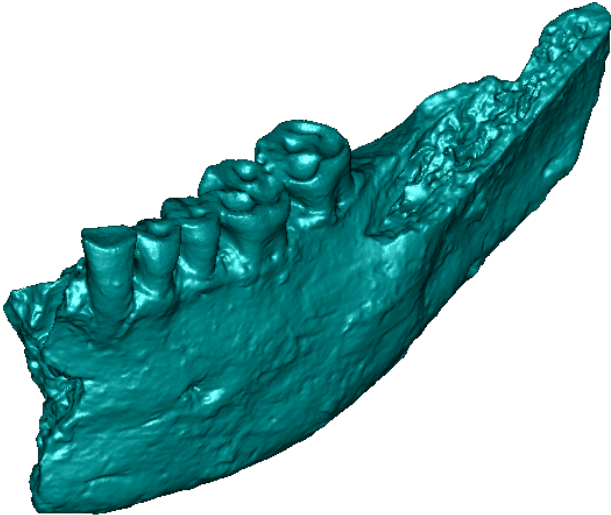


Pz. 2

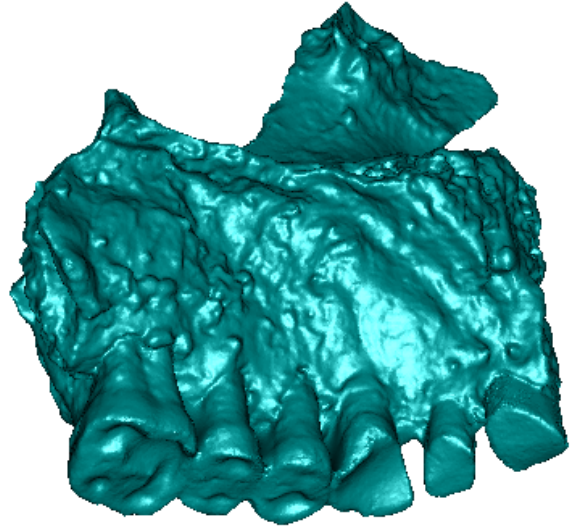


INUMATO UFC1

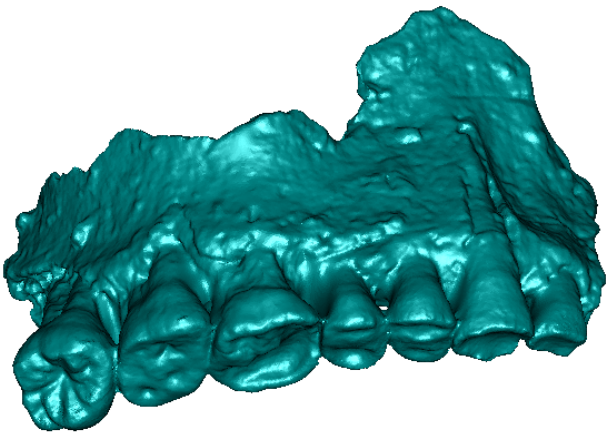
Pz. 1



Pz. 2



Pz. 3



Pz. 4

